

UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS

**POTENCIAL DE LINHAGENS PARCIALMENTE
ENDOGÂMICAS PARA A OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE
MILHO EFICIENTES NO USO DE NITROGÊNIO**

RAFAEL HEINZ

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2013**

**POTENCIAL DE LINHAGENS PARCIALMENTE
ENDOGÂMICAS PARA A OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE
MILHO EFICIENTES NO USO DE NITROGÊNIO**

RAFAEL HEINZ

Orientador PROF. DR. MANOEL CARLOS GONÇALVES
Co-orientadora PROF^a. DR^a. LIVIA MARIA CHAMMA DAVIDE

Dissertação apresentada à Universidade Federal da Grande Dourados, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia – Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Dourados
Mato Grosso do Sul
2013

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Biblioteca Central da UFGD, Dourados, MS, Brasil

H472p Heinz, Rafael.
Potencial de linhagens parcialmente endogâmicas para a obtenção de híbridos de milho eficientes no uso de nitrogênio / Rafael Heinz – Dourados-MS : UFGD, 2013. 63 f.

Orientador: Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves.
Dissertação (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal da Grande Dourados.

1. Milho – Produção. 2. Fertilizantes nitrogenados. I. Gonçalves, Manoel Carlos. II. Título.

CDD: 633.15



**POTENCIAL DE LINHAGENS PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS PARA
OBTENÇÃO DE HÍBRIDOS DE MILHO EFICIENTES NO USO DE
NITROGÊNIO**

Por

RAFAEL HEINZ

Dissertação apresentada como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título
de MESTRE EM AGRONOMIA.

Aprovado em: 22 de Agosto de 2013

Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves
Orientador – UFGD/FCA

Prof^a. Dr^a. Livia Maria Chamma Davide
Co-orientadora – UFGD/FCA

Prof. Dr. Gessi Ceccon
Membro da Banca – EMBRAPA

Dr. Carlos Lásaro Pereira de Melo
Membro da Banca - EMBRAPA

AGRADECIMENTOS

Ao nosso bom Deus, por iluminar meu caminho.

A toda minha família, bem mais precioso que possuo, pelo amor e incentivo em todos os momentos de minha vida.

À Universidade Federal da Grande Dourados e em especial a Faculdade de Ciências Agrárias pela oportunidade de realização do curso de Agronomia e pela realização do curso de Mestrado em Agronomia.

Ao Prof. Dr. Manoel Carlos Gonçalves pela orientação, valiosos ensinamentos, amizade e pela sua imensa contribuição para minha formação acadêmica e profissional, ao longo desses seis anos.

À Prof^ª. Dr^ª. Livia Maria Chamma Davide pela co-orientação, pelos valiosos ensinamentos transmitidos ao longo do Mestrado, pela amizade e participação na realização deste trabalho.

Aos membros da banca Dr. Carlos Lásaro Pereira de Melo e Dr. Gessi Ceccon pelas correções e valiosas sugestões.

Aos professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia que contribuíram para minha formação acadêmica e aperfeiçoamento profissional.

Aos amigos de Graduação e Pós-graduação Allan Correia, Antonio Viegas, Leandro Mota e Marcos Garbiate pela enorme contribuição na execução do experimento, e acima de tudo pela amizade.

Aos colegas do Grupo de Melhoramento de Plantas, em especial André Carlesso, Arthur Maeda, Felipe Ceccon, Francesco Caneppele, Lucas Shirota, Rodrigo Suzuke, Wésley Prado e William Estevão, pela enorme contribuição na execução do experimento.

Aos funcionários da Universidade Federal da Grande Dourados, em especial ao Sr. Jesus, Sasá e Milton pela colaboração e amizade.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal do Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado.

Enfim, a todos que de uma forma ou de outra contribuíram para a execução deste trabalho, o meu reconhecimento e gratidão.

SUMÁRIO

PÁGINA

Resumo Geral	ix
General Abstract	x
Introdução Geral	11
Referências Bibliográficas	17

CAPITULO 1: POTENCIAL DE POPULAÇÕES DE MILHO PARA EXTRAÇÃO DE LINHAGENS PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS EFICIENTES NO USO DE NITROGÊNIO

Resumo	21
Abstract	22
Introdução	23
Material e Métodos	26
Resultados e Discussão	32
Conclusões	40
Referências Bibliográficas	41

CAPITULO 2: SELEÇÃO DE GENITORES QUANTO A EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO VIA CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS

Resumo	45
Abstract	46
Introdução	47
Material e Métodos	49
Resultados e Discussão	54
Conclusões	62
Referências Bibliográficas	63

LISTA DE QUADROS

	PÁGINA
CAPITULO 1	
QUADRO 1. Ciclo, textura e cor do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das populações bases utilizadas para a extração das progênes endogâmicas	26
QUADRO 2. Ciclo, textura e cor do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das testemunhas utilizadas nos ensaios de avaliação	27
QUADRO 3. Valores referentes à análise química e granulométrica do solo das áreas experimentais da camada de 0-20 cm de profundidade	28
QUADRO 4. Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos de 110 híbridos <i>top crosses</i> e 11 testemunhas avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto N e baixo N	32
QUADRO 5. Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos de 110 híbridos <i>top crosses</i> e 11 testemunhas avaliadas em ambientes com alto e baixo N, considerando duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó)	33
QUADRO 6. Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos de 110 híbridos <i>top crosses</i> e 11 testemunhas avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto e baixo N, em função dos testadores estudados	34
QUADRO 7. Média de produtividade de grãos de híbridos <i>top crosses</i> avaliados em dois locais (Dourados e Caarapó) e em ambiente com alto e baixo N....	35
QUADRO 8. Média de produtividade de grãos de híbridos <i>top crosses</i> agrupados de acordo com as populações bases e 11 testemunhas avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto e baixo N	36

QUADRO 9. Média de produtividade de grãos de híbridos <i>top crosses</i> oriundos da população base BP (07) avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto e baixo N.....	38
--	----

CAPITULO 2

QUADRO 1. Ciclo, textura e cor do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das populações bases utilizadas para a extração das progênies endogâmicas	49
---	----

QUADRO 2. Análise de variância conjunta para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)	55
--	----

QUADRO 3. Resumo da análise de variância dialélica conjunta dos caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)	57
--	----

QUADRO 4. Resumo individual da análise de variância dialélica para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)	58
---	----

QUADRO 5. Resumo individual da análise de variância dialélica para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)	59
---	----

QUADRO 6. Estimativas de capacidade geral de combinação (g_i) dos genitores do grupo I (CGC Test.) e das 15 melhores progênies do grupo II (CGC Prog.) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD), médias dos dois ambientes (N).....	60
---	----

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 1

PÁGINA

FIGURA 1. Comportamento quanto à eficiência de uso de N e resposta à adubação nitrogenada das populações bases e testemunhas, em relação à produtividade de grãos (kg ha^{-1}), na média dos ambientes. Dourados, UFGD, 2012. 37

FIGURA 2. Comportamento quanto à eficiência de uso de N e resposta à adubação nitrogenada das populações bases e testemunhas, em relação à produtividade de grãos (kg ha^{-1}), na média dos ambientes. Dourados, UFGD, 2012. 39

HEINZ, R. **Potencial de linhagens parcialmente endogâmicas para obtenção de híbridos de milho eficientes no uso de nitrogênio**. 2013. 64 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO GERAL

O presente trabalho teve como objetivo avaliar o potencial de extração de linhagens de populações de milho, selecionar linhagens parcialmente endogâmicas e suas combinações híbridas eficientes no uso de nitrogênio. De cinco populações bases foram extraídas 55 linhagens S₁. Para a avaliação das linhagens foi utilizado o método *top cross*. As combinações híbridas foram avaliadas em ensaios durante a safra de 2012, nos municípios de Dourados e Caarapó, estado de Mato Grosso do Sul. Foram instalados dois experimentos em cada local, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada e outro em condição de estresse. O delineamento experimental utilizado foi em látice 11x11, com duas repetições. Com o intuito de verificar se os híbridos *top crosses* mais produtivos foram aqueles cujas linhagens foram provenientes da mesma população, elas foram agrupadas e foi realizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Para a estimativa da capacidade geral e específica de combinação foi realizada análise dialélica. A análise foi realizada de acordo com o método 4 do modelo I de Griffing (1956). Observou-se efeito significativo para produtividade de grãos nos dois locais estudados e nos ambientes com alto e baixo N. Não houve efeito significativo para as interações dos fatores. A média da produtividade obtida pelos híbridos *top crosses* no ambiente de alto N foi de 5032,04 kg ha⁻¹, já para baixo N foi de 4479,28 kg ha⁻¹. A população base BP (07), originada do híbrido DKB 789, apresentou o maior potencial para extração de linhagens parcialmente endogâmicas visando a seleção para eficiência no uso de nitrogênio. Observou-se que os testadores não se diferiram na produção de grãos. Os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) foram significativos para todos os caracteres avaliados. Quanto às capacidades específicas de combinação (CEC), houve efeito significativo para altura de espiga e produtividade de grãos. As linhagens BP (07) 14, BP (07) 17 e BP (07) 13 apresentam potencial para serem utilizadas no programa de melhoramento visando a obtenção de híbridos eficientes no uso de nitrogênio.

Palavras-chave: *Zea mays* L., melhoramento de milho, estresse nitrogenado

HEINZ, R. **Potential partially inbred lines to produce hybrids of maize efficient nitrogen use.** 2013. f. Dissertation (MSc in Agronomy) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

GENERAL ABSTRACT

This study aimed to evaluate the potential extraction of inbred lines of maize in populations, selecting partially inbred line and their hybrids efficient nitrogen use. Five populations bases were extracted 55 inbred S_1 . For the evaluation of the strains we used the *top cross* method. The hybrids were evaluated in trials during the second season of 2012 in the cities of Dourados and Caarapó, state of Mato Grosso do Sul. Two experiments were established at each site, differentiated by nitrogen fertilization, one with proper fertilization and another in condition stress. The experimental design used was a 11x11 lattice with two replications. In order to verify whether the most productive *top crosses* were those whose lines were from the same population, they have been grouped and we performed the Scott-Knott test at 5% probability. To estimate the general ability and specific combining was done diallel analysis. The analysis was realized according to the method 4 of model I of Griffing (1956). There was a significant effect for grain yield in both study locations and environments with high and low N. There were no significant effects for the interactions of the factors. The average yield obtained by the *top crosses* in the environment high was 5032.04 kg N ha⁻¹ N was already down to 4479.28 kg ha⁻¹. The population base BP (07), originated the hybrid DKB 789, had the highest potential for extraction of inbred in order to select for efficient nitrogen use. It was observed that the tester did not differ in yield. The effects of general combining ability (GCA) were significant for all traits. As for specific combining ability (SCA), a significant effect for ear height and grain yield. Inbreed BP (07) 14, BP (07) 17 and BP (07) 13 have potential to be used in breeding program aimed at obtaining hybrid efficient nitrogen use.

Key words: *Zea mays* L., corn breeding, nitrogen stress

INTRODUÇÃO GERAL

O milho (*Zea mays* L.), em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, representa um dos mais importantes cereais cultivados no mundo, com grande utilização na alimentação animal e humana, nas indústrias e nos últimos anos, frente à limitação dos combustíveis fósseis, ganhou importância no cenário mundial para produção de biocombustível. Com o aumento da população mundial, surge a necessidade de uma maior produção de energia e alimentos, mas como as áreas de expansão da agricultura já estão praticamente esgotadas, verifica-se a necessidade do aumento de produtividade de grãos nas áreas já exploradas, mas que seja de uma forma economicamente viável.

A baixa produtividade encontrada no Brasil se deve a vários fatores, dentre eles, assumem uma importância relevante o fato do desenvolvimento de linhagens endogâmicas para a síntese de híbridos de milho ser realizada em condições sem restrições de nitrogênio (ANDREA et al., 2006). Desta forma, ao final do processo de melhoramento genético a cultivar obtida necessitará de altas doses deste nutriente para a expressão do seu máximo potencial genético. Como a maioria dos materiais disponíveis no cenário nacional foram selecionados sob estas condições e aliado a baixa fertilidade natural dos solos brasileiros resulta em uma baixa produtividade de grãos de milho (SOUZA, 2007). Outro fator limitante que fortalece a necessidade de seleção de cultivares de milho sob condições de baixo nitrogênio, é a limitação do uso da adubação nitrogenada, que é ocasionada pela alta relação existente entre o preço do fertilizante e o preço da venda de grãos.

O nitrogênio é importante para elevação da produção, sendo o nutriente mais utilizado pela planta de milho, relacionado diretamente com a produtividade final de grãos (SOARES et al., 2009). No entanto, o uso de fertilizantes nitrogenados em excesso pode provocar prejuízos ambientais, como a contaminação do lençol freático com nitrato, devido à eficiência da adubação nitrogenada ser por volta de apenas 50% (DEUNER et al., 2008; HODGEN et al., 2009; ROBERTS et al., 2009). Assim, o aumento da eficiência na utilização do nitrogênio pelas plantas de milho pode aumentar a produção sem aumentar o impacto ambiental.

Além do impacto ambiental, os altos preços dos fertilizantes nitrogenados e o baixo poder de compra dos agricultores nos países em desenvolvimento resultam em grande parte das lavouras de milho conduzida sobre condições de deficiência de nitrogênio. O que justifica estudos que visam ao desenvolvimento de cultivares de milho com maior capacidade de utilização do nitrogênio aplicado na adubação, e no desenvolvimento de cultivares que apresentam alta eficiência de absorção e utilização deste nutriente (SOARES et al., 2011).

Uma alternativa para aumento da produtividade, sem elevar o custo de produção e minimizando a dependência dos insumos agrícolas, seria o desenvolvimento de genótipos de milho que apresentem alta eficiência de uso do nitrogênio em condições de baixo nível deste nutriente, possibilitando assim maior sustentabilidade de produção. Cultivares de milho desenvolvidas com maior eficiência no uso de nitrogênio é relatado por Presterl et al. (2003), como grande contribuição do melhoramento vegetal para agricultura sustentável.

Cultivares de milho mais eficientes no uso de N podem ser obtidos pela seleção de genótipos superiores, uma vez que há variabilidade genética para a eficiência no uso de nitrogênio em milho (SILVA et al., 2008; SOARES et al., 2009; SOUZA et al., 2008; SOUZA et al., 2009).

A avaliação de genótipos de milho em condições de baixa disponibilidade de nitrogênio tem mostrado variabilidade genética no germoplasma (MIRANDA et al., 2005; FIDELIS et al., 2007; SOUZA et al., 2008). O germoplasma selecionado em condições edafoclimáticas favoráveis não se mostra adequado para uso em condições de estresse mineral (CECCARELLI, 1996). Isso é devido aos alelos que controlam a produção em condições de estresses abióticos, que são diferentes daqueles para condições ótimas (FIDELIS et al., 2007). Através de avaliações e seleções de linhagens superiores eficientes no uso de nitrogênio podem ser obtidos híbridos que apresentem maior eficiência no uso deste elemento.

Em um programa de desenvolvimento de híbridos, a etapa mais onerosa e demorada é a obtenção e avaliação das linhagens endogâmicas (MIRANDA FILHO e VIÉGAS, 1987). Uma das alternativas para se acelerar o processo é a obtenção de híbridos a partir de linhagens parcialmente endogâmicas. Na literatura há relatos de utilização de linhagens parcialmente endogâmicas para obtenção de híbridos (SOUZA JÚNIOR, 1998).

Na produção de sementes híbridas, são envolvidos dois fenômenos, endogamia e heterose. A consequência inevitável da endogamia é o aumento do nível de homozigose que conduz a um efeito depressivo na expressão dos caracteres, conhecido como depressão endogâmica. A heterose refere-se ao aumento na expressão dos caracteres no cruzamento entre linhagens divergentes. Devido à elevada depressão por endogamia no milho, as linhagens endogâmicas apresentam baixa produtividade, encarecendo o custo das sementes de híbridos simples e tornando-os inacessíveis para grande parte dos agricultores de baixa renda. Uma alternativa para contornar o problema seria utilizar linhagens parcialmente endogâmicas, selecionadas para capacidade de combinação e uniformidade (CABREIRA, 2001).

O método de utilização de linhagens parcialmente endogâmicas tem como objetivo reduzir os problemas relacionados com a depressão por endogamia, que ocorre devido às sucessivas gerações de autofecundação, conduzindo à redução no vigor e à queda na produtividade (SOUZA JUNIOR, 2001). AMORIN e SOUZA (2005) observaram que o uso de populações obtidas de híbridos comerciais são uma excelente alternativa para a extração de linhagens, e que é viável a obtenção de híbridos superiores em gerações iniciais de endogamia.

Os híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas são uma alternativa aos híbridos tradicionais, uma vez que, por não ser necessária a condução das linhagens até a homozigose completa, o tempo dispensado para a obtenção de sementes é sensivelmente reduzido, possibilitando com isso o fornecimento de sementes de qualidade a um custo mais acessível para pequenos produtores rurais que hoje não têm acesso a híbridos de qualidade, em função do seu alto custo (AMORIN e SOUZA, 2005).

Em estudo de Medina (1990) o autor concluiu que a produção de híbridos a partir de linhagens parcialmente endogâmicas S2 foi uma alternativa barata e lucrativa para programas em desenvolvimento, após ter avaliado híbridos S1 x S1 a S4 x S4, e não ter encontrado diferenças significativas. Welhausen (1954) verificou que os primeiros híbridos duplos e triplos utilizados no México eram provenientes de linhagens parcialmente endogâmicas S1.

Na avaliação de 90 progênies S2, Araújo (2000) verificou que a maior média de um híbrido S2 foi 15,6% superior à média da testemunha e 35,1% superior à média das populações parentais. O autor destacou ainda que o grande potencial das populações avaliadas para a exploração de híbridos com endogamia parcial. Carvalho et

al. (2003), avaliando 135 híbridos obtidos de progênies S2, derivadas de três híbridos simples comerciais, constataram que 17% dos híbridos apresentaram performance superior à da testemunha e 46% superaram a média do híbrido C-435, híbrido duplo amplamente utilizado pelos agricultores.

Os programas de melhoramento de milho geram milhares de linhagens por ano e devido à depressão por endogamia, existem algumas dificuldades na avaliação e na caracterização fenotípica desses materiais para a eficiência no uso de N. Além disso, o efeito ambiental pode promover alterações na classificação dos genótipos pela interação genótipos (G) x ambientes (A). Dessa forma, a avaliação de caracteres agrônômicos deve ser feita em híbridos sintetizados em dialelos ou *top crosses*, que possibilitam a expressão de heterose e permitem avaliar o mérito das linhagens genitoras com menores influências de erros experimentais (GUEDES, 2009). Com o intuito de facilitar a avaliação de linhagens em programas de híbridos, foi proposto por Davis (1927) o método de *top cross*, que representa os cruzamentos de linhagens com um testador comum, a serem avaliados em experimentos com repetições.

Segundo Nurmberg et al. (2000), o *top cross* tem por objetivo avaliar o mérito relativo das linhagens em cruzamentos com testadores, eliminando as de desempenho agrônômico inferior, tornando mais racional e eficiente o programa de híbridos. As análises dos *top crosses* são semelhantes às análises de um dialelo parcial (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992), o que torna possível a determinação dos efeitos aditivos e não aditivos no controle das características em questão.

As análises dialélicas permitem a definição das capacidades gerais de combinação (CGC) e capacidades específicas de combinação (CEC), que foram descritas por Sprague e Tatum (1942). Segundo os autores, a CGC é definida como sendo o desempenho médio de um genitor em combinações híbridas. Já a CEC é quanto o comportamento de combinações híbridas mostra-se superior ou inferior ao que seria esperado, com base no comportamento médio dos genitores envolvidos.

Por meio da interpretação da capacidade geral de combinação (CGC), é possível inferir sobre a estrutura genética dos genótipos em avaliação. Genótipos com valores superiores de capacidade geral de combinação (CGC) apresentam frequência elevada de alelos favoráveis. A CEC indica quais as combinações híbridas são relativamente melhores e quais são as piores (CRUZ et al., 2004). A ausência de significância do componente quadrático da CEC implica que os parentais não apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica em relação às

frequências dos alelos nos locos que apresentam dominância (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). Sendo assim a combinação híbrida mais favorável deve ser, portanto, aquela que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos parentais apresente elevada capacidade geral de combinação (CRUZ et al., 2004).

Em estudo realizado por Carvalho et al. (2003), avaliando 135 híbridos *top crosses* obtidos de linhagens parcialmente endogâmicas S2, observaram o alto potencial produtivo destes híbridos, que apresentaram comportamentos superiores as testemunhas. A grande variabilidade genética observada nos híbridos *top crosses* possibilitou a seleção de linhagens superiores com potencial para cruzamentos futuros.

O mérito do método *top cross* é o de avaliar linhagens, no entanto neste método a seleção do testador ideal continua sendo um problema para os melhoristas de milho. Um bom testador, para qualquer programa de desenvolvimento de híbridos, deve oferecer simplicidade no uso, gerar informações que classifiquem corretamente o potencial relativo das linhagens em cruzamento e maximizar o ganho genético (HALLAUER e MIRANDA FILHO, 1995). As avaliações teóricas e experimentais têm sido apresentadas com relação à frequência de alelos favoráveis, base genética, capacidade geral ou específica de combinação, rendimento *per se*, número de testadores e grau de parentesco com os materiais avaliados (FERREIRA NETO, 2002; SEIFERT et al., 2006). Estes estudos têm servido como auxílio na escolha dos testadores, mas não têm fornecido respostas satisfatórias a todas as questões, pois, normalmente apresentam resultados contraditórios.

A seleção do testador ideal irá depender dos objetivos de cada programa, podendo estar fundamentada na alta ou baixa frequência de alelos favoráveis, base genética ampla ou estreita, capacidade geral ou específica de combinação, rendimento *per se*, número de testadores utilizados e grau de parentesco com os materiais avaliados (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1995; CASTELLANOS et al., 1998; SANTOS et al., 2001). Como os programas de melhoramento vêm direcionando seus objetivos para a obtenção de híbridos de alto desempenho, enquadrando-se nesta categoria híbridos simples, simples modificados e triplos, a grande maioria dos testadores utilizados têm sido constituída por linhagens elites ou híbridos simples, fornecendo a possibilidade de obter materiais com potencial de mercado.

O método de avaliação de linhagens por meio de *top cross*, com o testador adequado, pode ser utilizado para a seleção de materiais eficientes no uso de nitrogênio.

Em trabalho realizado por Guedes (2009), o autor observou que foi possível identificar *top crosses* classificados como adequados para condição de estresse, ou seja, híbridos que apresentam elevada produtividade de grãos no ambiente com estresse, mas que também são responsivas à melhoria do ambiente. Segundo o autor as progênes parentais desses híbridos devem ser aproveitadas nos programas de melhoramento, visando à obtenção de cultivares para agricultores menos tecnificados.

Neste contexto, estudos que procuram obter cultivares de milho, mais viáveis financeiramente, e mais eficientes no uso de nitrogênio disponível no solo, são importantes para redução de custos e aumento da produção, tendo também maior acesso à pequenos produtores.

Os objetivos do presente trabalho foram de avaliar e selecionar linhagens parcialmente endogâmicas e suas combinações híbridas para eficiência no uso de nitrogênio, e determinar o potencial de extração de linhagens parcialmente endogâmicas, de populações de milho.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREA, A. K. E.; OTEGUI, M. E.; CIRILO, A. G.; EYHÉRABIDE, G. Genotypic variability in morphological and physiological traits among maize inbred lines nitrogen responses. **Crop Science**, v. 46 , p. 1266–1276, 2006.
- AMORIM, E.P.; SOUZA, J.C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S0 de híbridos simples comerciais. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.3, p.561-567, 2005.
- ARAÚJO. P. M. **Dialelo parcial circulante interpopulacional e cruzamento “Top-cross” na avaliação de linhagens parcialmente endogâmicas de milho (*Zea mays* L.)** 2000. 170 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP.
- CABREIRA, A.C. **Uso de linhagens parcialmente endogâmicas S3 para a produção de híbridos simples de milho.** 2001. 123 p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- CARVALHO, A. D. F. de; SOUZA, J. C. de; RIBEIRO, P. H. E. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos estados de Roraima e Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 985-990, 2003.
- CASTELLANOS, J. S.; HALLAUER, A. R.; CORDOVA, H. S. Relative performance of testers to identify elite lines of corn (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, v. 43, n. 3, p. 217-226, 1998.
- CECCARELLI, S. Adaptation to low/high input cultivation. **Euphytica**, n.92, p.203-214. 1996.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. de S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, MG: UFV, 2004. 480 p.
- DAVIS, R. L. Report of the plant breeder. **Annual Report Agricultural Experiment Station** University of Porto Rico, Rio Piedras, p.14-15, 1927.
- DEUNER, S.; NASCIMENTO, R.; FERREIRA, L. S.; BADINELLI, P. G.; KERBER, R. S. A. Adubação foliar e via solo nitrogênio em plantas de milho em fase inicial de desenvolvimento. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 5, p. 1359-1365, 2008.
- FERREIRA NETO, A. **Comparação de testadores na avaliação de famílias S₂ de milho pipoca (*Zea mays* L.).** 2002. 63 f. Dissertação (Mestrado em Melhoramento Genético Vegetal) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C.; GALVÃO, J. C. C.; PELUZIO, J. M.; LIMA, S. O. Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio. **Pesquisa agropecuária tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p.147-153, 2007.

GUEDES, F. L. **Avaliação de topcrosses de milho em duas doses de nitrogênio**. 2009. 66p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2nd. ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468 p.

HODGEN, P. J.; FERGUSON, R. B.; SHANAHAN, J. F.; SCHEPERS, J. S. Uptake of Point Source Depleted ¹⁵N Fertilizer by Neighboring Corn Plants. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 99-105, 2009.

MEDINA, S. A. V. **Avaliação de híbridos simples de milho (*Zea mayz* L.) obtidos de linhagens com diferentes graus de endogamia**. 1990. 210 f. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo – SP.

MIRANDA, G. V.; GODOY, C. L.; GALVÃO, J. C. C.; SANTOS, I. C.; ECKERT, F. R.; SOUZA, L. V. Selection of discrepant maize genotypes for nitrogen use efficiency by a chlorophyll meter. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 5, p. 451-459, 2005.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PARTENIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 275-340.

NURMBERG, P. L.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P.; RIBEIRO, P. H. E. Desempenho de híbridos simples como testadores de linhagens de milho em top crosses. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLATAS, 1. 2000, Goiânia. **Resumo ...** Goiânia: Embrapa, 2000.

PRESTERL, T.; SEITZ, G.; LANDBECK, M.; THIEMT, E.M.; SCHMIDT, W; GEIGER, H. H. Improving nitrogen use efficiency in European maize: estimation of quantitative parameters. **Crop Science**, v.43, 1259–1265. 2003.

ROBERTS, D. F., ADAMCHUK, V. I.; SHANAHAN, J. F.; FERGUSON, R. B.; SCHEPERS, J. S. Optimization of Crop Canopy Sensor Placement for Measuring Nitrogen Status in Corn. **Agronomy Journal**, Madison, v. 101, p. 140-149, 2009.

SANTOS, M. X.; POLLAK, L. M.; CARVALHO, H. W. L.; PACHECO, C. A. P.; GAMA, E. E. G.; GUIMARÃES, P. E. de O.; ANDRADE, R. V. Heterotic responses of tropical elite maize accessions from Latin America with Brazilian testers. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 767-775, 2001.

SEIFERT, A. L.; CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; FERREIRA, J. M.; GERAGE, A. C. Análise combinatória de populações de milho pipoca em *topcrosses*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 41, n. 5, p. 771-778, 2006.

SILVA, R.G.; CRUZ, C.D.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; SILVA, D.G. Adaptabilidade de famílias de meio-irmãos de milho submetidas ao déficit hídrico e baixa disponibilidade de nitrogênio. *Revista Ceres*, v. 55, n.04, p. 344-351, 2008.

SOARES, M.O.; MIRANDA, G.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; MARRIEL, I.E.; GUIMARÃES, C.T. Parâmetros genéticos de uma população de milho em níveis contrastantes de nitrogênio. *Ciência Agrônômica*, v. 42, n. 1, p. 168-174, 2011.

SOARES, M.O.; MARRIEL, I.E.; MAGALHÃES, P.C.; GUIMARÃES, L.J.M.; CANTÃO, F.R.O.; ROCHA, M.C.; CARVALHO JÚNIOR, G.A.; MIRANDA, G.V. Discriminação de linhagens de milho quanto à utilização de nitrogênio, por meio da avaliação de características do sistema radicular. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.8, n.1, p. 93-103, 2009.

SOUZA, A.R.R., MIRANDA, G.V.; PEREIRA, M.G.; LEANDRO, V.S.; FERREIRA, P.L. Agronomic performance of white maize landrace in different environmental conditions. *Revista Ceres*, v. 55, p. 497-503, 2008.

SOUZA, L. V. **Melhoramento de milho para eficiência no uso de nitrogênio**. 2007. 53 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa - MG.

SOUZA, L.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; GUIMARÃES, L.J.; SANTOS, I.C. Combining ability of maize grain yield under different levels of environmental stress. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 44, n. 10, p. 1297-1303, 2009.

SOUZA, L.V.; MIRANDA, G.V.; GALVÃO, J.C.C.; ECKERT, F.R.; MANTOVANI, E.E.; LIMA, R.O.; GUIMARÃES, L. J. M. Genetic control of grain yield and nitrogen use efficiency in tropical maize. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 43, p.1517-1523, 2008.

SOUZA JÚNIOR, C.L. Melhoramento de espécies alógamas. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARESINGLIS, M.C. Recursos genéticos e melhoramento de plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.159-199.

SOUZA JÚNIOR, C. L. **Variâncias genéticas interpopulacionais e suas relações com a obtenção e seleção de híbridos**. 1998. 140 p. Tese (Livre docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – SP.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs. Specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of the American Society of Agronomy*. Madison, v. 34, n. 10, p. 923-932, 1942.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 486 p.

WELHAUSEN, E. J. Modern corn breeding and production in Mexico. *Phytopatology*, Saint Paul, v. 44, n. 8, p. 391-395, 1954.

CAPÍTULO 1

POTENCIAL DE POPULAÇÕES DE MILHO PARA EXTRAÇÃO DE LINHAGENS PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS EFICIENTES NO USO DE NITROGÊNIO

RESUMO

O uso de híbridos comerciais são opções viáveis para a extração de linhagens. O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de populações de milho para a extração de linhagens, assim como selecionar linhagens parcialmente endogâmicas eficientes no uso de nitrogênio. Foram avaliadas 5 populações quanto o potencial para extração de linhagens. Destas populações foram extraídas 55 linhagens parcialmente endogâmicas S₁. Para a avaliação das linhagens foi utilizado o método *top cross*, onde as linhagens foram cruzadas com dois testadores. Nos ensaios de avaliação dos híbridos foram utilizados os 110 híbridos *top crosses*, as cinco populações bases e seis testemunhas. Os ensaios de avaliação dos híbridos *top crosses* foram instalados na safrinha de 2012, nos Municípios de Dourados e Caarapó, Estado de Mato Grosso do Sul. Foram instalados dois experimentos em cada local, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada (Alto N) e outro em condição de estresse (Baixo N). O delineamento experimental utilizado foi em látice 11x11, com duas repetições. Foi estimada a produtividade de grãos. Com o intuito de verificar se os híbridos *top crosses* mais produtivos foram aqueles cujas linhagens foram provenientes da mesma população, foi realizado o agrupamento e realizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Observou-se efeito significativo para produtividade de grãos nos dois locais estudados e nos ambientes com alto e baixo N. Não houve efeito significativo para as interações dos fatores estudados. A média da produtividade obtida pelos híbridos *top crosses* no ambiente de alto N foi de 5032,04 kg ha⁻¹, já para baixo N foi de 4479,28 kg ha⁻¹. A população base BP (07) apresentou o maior potencial para extração de linhagens. As linhagens BP (07) 14, 17 e 13 foram classificadas como eficientes e responsivas ao acréscimo de nitrogênio ao solo. O híbrido DKB 789 apresenta potencial para extração de linhagens parcialmente endogâmicas visando a seleção para eficiência no uso de nitrogênio.

Palavras-chave: *Zea mays*, população base, seleção de híbridos

ABSTRACT

The use of commercial hybrids are viable options for developing inbreds lines. The aim of this study was to evaluate the potential of maize populations for the extraction of lines, as well as select partially inbred lines efficient nitrogen use. 5 populations were evaluated as the potential for extracting lines. These populations were extracted 55 partially inbred lines S_1 . For the evaluation of the strains we used the method top cross where the lines were crossed with two testers. In tests assessing the hybrids were used the 110 top crosses the five populations bases and six standards. Evaluation trials of top crosses were installed in the second season of 2012 in the cities of Dourados and Caarapó, state of Mato Grosso do Sul. Two experiments were established at each site, differentiated by nitrogen fertilization, one with proper fertilization (N High) and another in stress condition (Low N). The experimental design used was a 11x11 lattice with two replications. Was estimated yield. In order to verify whether the most productive top crosses were those whose lines were from the same population, was conducted by the group and held the Scott-Knott test at 5% probability. There was a significant effect for grain yield in both study locations and environments with high and low N. There were no significant effects for the interactions of the factors studied. The average yield obtained by the top crosses in the environment high was 5032.04 kg N ha⁻¹ N was already down to 4479.28 kg ha⁻¹. The population base BP (07) showed the most potential for extraction inbred lines. The inbred lines BP (07) 14, 17 and 13 were classified as efficient and responsive to the addition of nitrogen to the soil. The hybrid DKB 789 shows potential for extraction of partially inbred lines in order to select for efficient nitrogen use.

Key words: *Zea mays*, top cross, Selection of hybrids.

INTRODUÇÃO

A disponibilidade de nitrogênio (N) é o principal fator limitante da produtividade em mais de 20 % da área cultivada da terra (LAFITTE e EDMEADES, 1988). Neste contexto, a utilização de fertilizantes nitrogenados pode corrigir essa limitação, no entanto o alto custo dos fertilizantes nitrogenados e a incerteza do retorno econômico constituem-se em fatores de alto risco para os produtores.

Uma alternativa viável para a cultura do milho é selecionar genótipos superiores na eficiência e na resposta ao N, uma vez que há variabilidade genética para tal característica (FIDELIS, 2003), e que a herdabilidade da mesma possui valor adequado para a seleção (BÄNZINGER e LAFITTE, 1997).

O melhoramento genético de milho visa essencialmente a obtenção de uma população melhorada mediante o incremento da frequência dos genes favoráveis desejados (MACHADO e MAGNAVACA, 1991). Os híbridos de milho são obtidos por meio de cruzamentos entre linhagens oriundas de populações diferentes, no intuito de se explorar a heterose (desempenho superior) existente nos cruzamentos entre as populações. O número e a composição genética dessas linhagens podem diferir consideravelmente, possibilitando assim a obtenção de diversos tipos de híbridos (HALLAUER et al., 1988). Avaliações e seleções de linhagens superiores eficientes no uso de nitrogênio permitem a obtenção de híbridos que apresentem eficiência no uso deste elemento.

Uma das maneiras de se obter as linhagens com alto potencial produtivo e que apresentem eficiência no uso de nitrogênio é por meio do uso de populações bases com características favoráveis à seleção. O uso de híbridos comerciais como população base apresenta grande potencial na seleção de linhagens, principalmente por já terem sido testados em vários ambientes e por estarem associados a alta produtividade com grande proporção de locos favoráveis já fixados (AMORIM e SOUZA 2005). Assim, a identificação de populações promissoras, derivadas de híbridos superiores, é uma estratégia interessante para aumentar a eficiência dos programas de melhoramento (BISON et al., 2003). Na literatura, há relatos da utilização de tal prática (LIMA et al., 2000; CARVALHO et al., 2004; SOUZA SOBRINHO et al., 2002).

Em trabalho desenvolvido por Bison et al. (2003), foi verificado o potencial dos híbridos simples comerciais AG9012 e DKB333 como fontes para a extração de linhagens. Os autores avaliaram 169 famílias $S_{0:1}$ obtidas a partir desses dois híbridos comerciais. Em função das estimativas de média, herdabilidade e ganhos esperados com a seleção, observou-se que as duas populações são ótimas alternativas para a extração de linhagens. Segundo Amorim e Souza (2005), os híbridos simples comerciais são germoplasmas prioritários para a extração de linhagens em um programa de melhoramento, já que foram extensivamente melhorados, tendo acumulados vários alelos desejáveis.

A etapa de obtenção e avaliação de linhagens endogâmicas é a mais onerosa e demorada em qualquer programa de desenvolvimento de híbridos de milho (MIRANDA FILHO e VIÉGAS, 1987). Uma das maneiras para se acelerar o processo e reduzir os custos dos programas é através da obtenção de híbridos a partir de linhagens parcialmente endogâmicas. A utilização de linhagens parcialmente endogâmicas já foi descrita como alternativa viável em programas de melhoramento de milho (SOUZA JÚNIOR, 1998).

Outro ponto importante é a redução de custos em programas de melhoramento de milho, com a utilização de híbridos intermediários, obtidos a partir de linhagens com níveis intermediários de endogamia. Assim, os híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas e de gerações F₂ são opções para se reduzir o tempo e o custo de obtenção destes híbridos, pois o sistema de produção necessita de menor número de autofecundações sucessivas e menor área para obtenção e multiplicação das linhagens, chegando mais rápido ao mercado e mantendo maior produtividade, quando comparado com linhagens endogâmicas. Carvalho et al. (2004) acrescentam, ainda, a maior facilidade no manuseio das linhagens parcialmente endogâmicas.

Carvalho et al. (2003), avaliando 135 híbridos obtidos de progênies S_2 , derivadas de três híbridos simples comerciais, constataram que 17% dos híbridos apresentaram performance superior à da testemunha e 46% superaram a média do híbrido C-435, híbrido duplo amplamente utilizado pelos agricultores.

O uso de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas surge como uma alternativa barata ao alcance dos pequenos produtores, uma vez que, por não ser necessária a condução das famílias até a homozigose completa, o processo de obtenção de sementes é consideravelmente abreviado. Com isso é possível fornecer sementes híbridas de milho por um preço acessível para aqueles produtores que ainda utilizam

sementes de paiol ou para aqueles produtores que estão com dificuldades para adquirir sementes híbridas, desenvolvidas pelas grandes empresas do setor (ARAÚJO, 2000).

O objetivo do trabalho foi avaliar o potencial de populações de milho para extração de linhagens parcialmente endogâmicas eficientes no uso de nitrogênio. Assim como selecionar linhagens com potencial para obtenção de híbridos eficientes no uso de nitrogênio.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 5 populações quanto o potencial para extração de linhagens parcialmente endogâmicas. Destas populações foram extraídas 55 progêneses parcialmente endogâmicas S_1 , sendo 11 progêneses de cada população base estudada. No Quadro 1 são apresentadas as características agronômicas das populações base estudadas.

QUADRO 1. Ciclo, textura e cor do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das populações bases utilizadas para a extração das progêneses endogâmicas

População	Material	Tipo	Ciclo	Cor do Grão	Tipo do Grão	Nível de Tecnologia	Empresa
BP (01)	UFGD 1	V	P	AM/AL	SMDENT	B	-
BP (02)	BRS Sol-da-manhã	V	P	AL	DURO	B/M	Embrapa
BP (05)	BRS 3035	HT	SP	AL	SMDENT	M/A	Embrapa
BP (07)	DKB 789	HD	P	AM/AL	SMDURO	M/A	Dekalb
BP (13)	AG 30A91	HS	P	AL	SMDURO	A	Agromen

Tipo: V – variedade, HS – híbrido simples, HD – híbrido duplo, HT – híbrido triplo; Ciclo: P – precoce, SP – superprecoce; Cor do grão: AL – alaranjado, AM – amarelo; Textura do grãos: SMDENT – semidentado, SMDURO – semiduro; Nível de tecnologia: A – alto, M – médio, B – baixo.

Inicialmente foram obtidas as progêneses S_1 de cada população estudada, pelo método de autofecundação descrito por Borém (2009). Em cada população 100 plantas S_0 foram selecionadas para vigor e tipo de planta e autofecundadas, sendo colhidas apenas as plantas eretas. Após a colheita as espigas com poucas sementes e com presença de doenças foram descartadas, sendo selecionadas as 11 melhores progêneses S_1 de cada população para serem avaliadas no *top cross*. O processo de autofecundação das plantas foi realizado durante a safrinha do ano de 2011.

Para a obtenção dos híbridos *top crosses*, foram semeados dois campos isolados das progêneses, intercaladas com os testadores. Foram utilizados dois testadores (T1 – híbrido simples comercial com bom potencial produtivo e T2 – mistura equitativa das progêneses S_1). A obtenção dos híbridos *top crosses* foi realizada durante a safra 2011/2012. Obtiveram-se 110 progêneses híbridas, denominadas de híbridos *top crosses*.

Nos ensaios de avaliação dos híbridos foram utilizados os 110 híbridos *top crosses*, as cinco populações bases e seis testemunhas. As características agrônômicas das testemunhas avaliadas são apresentadas no Quadro 2.

QUADRO 2. Ciclo, textura e cor do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das testemunhas utilizadas nos ensaios de avaliação

População	Tipo	Ciclo	Cor do Grão	Textura do Grão	Nível de Tecnologia	Empresa
BR 106	V	SMP	AM	SMDENT	B/M	Embrapa
BRS 1010	HS	P	LR/AV	SMDURO	M/A	Embrapa
XB 9003	HS	SP	LR	DURO	A	Semeali
XB 8010	HD	P	LR	DURO	M/A	Semeali
DKB 390	HS	P	AM/AL	SMDURO	A	Dekalb
Omega	HSm	P	AL	DURO	A	Syngenta

Tipo: V – variedade, HS – híbrido simples, HSm – híbrido simples modificado, HD – híbrido duplo; Ciclo: P – precoce, SP – superprecoce, SMP - semiprecoce; Cor do grão: AL – alaranjado, AM – amarelo, LR – laranja, AV - avermelhado; Textura do grãos: SMDENT – semidentado, SMDURO – semiduro; Nível de tecnologia: A – alto, M – médio, B – baixo.

Os ensaios de avaliação dos híbridos *top crosses* foram instalados na safrinha de 2012, nos municípios de Dourados e Caarapó, estado de Mato Grosso do Sul. Em Dourados os ensaios foram instalados na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada na latitude 22° 14' 02" S, longitude de 54° 59' 17" W e 406 metros de altitude. Em Caarapó os ensaios foram instalados na Fazenda Urtigão, localizada na latitude 22° 38' 45" S, longitude de 55° 00' 28" W e 482 metros de altitude. O clima da região é classificado como do tipo Cwa (Köppen), ou seja, clima mesotérmico úmido com verões quentes e invernos secos, com temperatura do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C, apresentando precipitação média acumulada de 1427 mm (FIETZ e FISCH, 2006).

No Quadro 3 são apresentados os valores referentes à análise química e granulométrica da camada de 0-20 cm, do solo das áreas experimentais nos municípios de Dourados e Caarapó.

QUADRO 3. Valores referentes à análise química e granulométrica do solo das áreas experimentais da camada de 0-20 cm de profundidade

Característica Química	Dourados	Caarapó
pH em água	6,00	5,59
P (mg dm ⁻³)	3,20	18,86
K (mmol _c dm ⁻³)	1,52	2,10
Ca trocável (mmol _c dm ⁻³)	8,10	2,20
Mg trocável (mmol _c dm ⁻³)	2,40	0,50
Al trocável (mmol _c dm ⁻³)	0,11	0,00
CTC (mmol _c dm ⁻³)	110,00	50,20
V%	65,00	58,00

Característica Granulométrica	Dourados	Caarapó
Argila (g kg ⁻¹)	762,11	155,00
Silte (g kg ⁻¹)	165,48	110,90
Areia (g kg ⁻¹)	72,410	734,10

Foram instalados dois experimentos em cada local, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada (Alto N) e outro em condição de estresse (Baixo N). O delineamento experimental utilizado foi em látice 11x11, com duas repetições. A unidade experimental foi constituída de uma linha de cinco metros, espaçadas em 0,90m e 0,20m entre plantas, nos experimentos de Dourados. Em Caarapó o espaçamento foi 1,0m entre linhas e 0,18m entre plantas. Nos experimentos foram utilizados 110 híbridos *top crosses*, cinco populações bases e seis testemunhas.

Para caracterizar o ambiente com Alto N, foi utilizada uma dose de 120 kg ha⁻¹ de N, sendo aplicados 20 kg ha⁻¹ na sementeira e 100 kg ha⁻¹ em cobertura. No ambiente com Baixo N foi utilizada uma dose de 20 kg ha⁻¹, onde foi aplicada toda a dose na sementeira. As doses foram definidas de tal maneira que as plantas estivessem em condição de estresse, no entanto este estresse não deveria ser acentuado ao ponto de ofuscar a variabilidade genética das populações (FRITSCHÉ-NETO e BORÉM, 2011).

A área experimental de Dourados foi preparada de maneira convencional e a sementeira dos experimentos foi realizada manualmente no dia 15 de fevereiro de 2012, utilizando duas sementes por cova. A área experimental de Caarapó foi cultivada em sistema de plantio direto e a sementeira do experimento foi realizada em sucessão ao cultivo da soja. A sementeira foi realizada manualmente no dia 09 de março de 2012. Para os dois locais foram utilizadas adubação de sementeira com 20 kg ha⁻¹ de

Nitrogênio, 50 kg ha⁻¹ de Potássio e 50 kg ha⁻¹ de Fósforo, segundo as recomendações de Sousa e Lobato (2004), utilizando o formulado 08-20-20 + 0,4% Zn.

O desbaste da cultura foi realizado 15 dias após a emergência, adequando a densidade para 55.000 plantas por hectare. A primeira adubação nitrogenada de cobertura foi realizada quando as plantas de milho apresentavam de quatro a cinco folhas totalmente expandidas e a segunda quando as plantas apresentavam de oito a dez folhas totalmente expandidas (SOUSA e LOBATO, 2004). Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Para a avaliação da produtividade de grãos, as espigas foram colhidas manualmente e debulhadas, para determinação do peso e da umidade dos grãos, obtida em aparelho determinador eletrônico. A produtividade de grãos (PROD), em kg ha⁻¹, foi corrigida para umidade de 13%.

De posse dos dados foi realizada análise de variância individual para os ambientes com alto e baixo N e análise conjunta dos dois ambientes. As análises de variância foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 2004).

As análises de variâncias individuais para cada ambiente (alto e baixo N) foi realizada com base no modelo estatístico descrito a seguir, onde a média e o efeito de tratamentos foram considerados fixos:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_{j(k)} + r_k + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} é o valor do tratamento i no bloco j dentro da repetição k ;

m é a média geral do experimento;

t_i é o efeito do tratamento i ($i=1,2,3,\dots,t$);

$b_{j(k)}$ é o efeito do bloco j dentro da repetição k ($j=1,2,3,\dots,b$);

r_k é o efeito da repetição k ($k=1,2$);

e_{ijk} é o erro experimental associado à observação Y_{ijk} , com

$$e_{ijk} \cap N(0, \sigma^2).$$

Posteriormente, a análise conjunta, foi realizada considerando um modelo misto, com todos os efeitos aleatórios, excetuando-se a média e o efeito de tratamento:

$$Y_{ijkl} = m + t_i + a_l + b_{j(kl)} + r_{k(l)} + (ta)_{il} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} é o valor do tratamento i no bloco j dentro da repetição k no ambiente l ;

m é a média geral do experimento;

t_i é o efeito do tratamento i ($i=1,2,3,\dots, t$);

a_l é o efeito do ambiente l ($l=1,2$);

$b_{j(kl)}$ é o efeito do bloco j dentro da repetição k no ambiente l ($j=1,2,3,\dots, b$);

$r_{k(l)}$ é o efeito da repetição k dentro do ambiente l ($k=1,2$);

$(ta)_{il}$ é o efeito da interação tratamentos x ambientes;

e_{ijkl} é o erro experimental associado à observação Y_{ijkl} , com $e_{ijkl} \cap N(0, \sigma^2)$.

A fim de verificar se os híbridos *top crosses* mais produtivos foram aqueles cujas linhagens foram provenientes da mesma população, foi realizado o agrupamento de acordo com a origem das linhagens. Após o agrupamento foi utilizado o teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade com intuito de comparar o comportamento dos híbridos.

A avaliação da eficiência nutricional dos híbridos *top crosses* e das populações bases estudadas foi realizada utilizando o método proposto por Fox (1978), o qual se baseia na representação da posição gráfica das cultivares no plano cartesiano a fim de classificá-las quanto à eficiência nutricional e a resposta ao nitrogênio.

Neste método o primeiro quadrante, acima e a direita do ponto de origem, são representados os genótipos eficientes e responsivos. No segundo quadrante, acima e a esquerda do ponto de origem, os cultivares eficientes e não responsivos. No terceiro

quadrante, abaixo e a esquerda do ponto de origem, os cultivares ineficientes e não responsivos. No quarto quadrante, abaixo e a direita do ponto de origem, os cultivares ineficientes e responsivos.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 4, é apresentado o resumo da análise de variância individual dos híbridos *top crosses* e 11 testemunhas avaliadas em dois locais e em ambientes com alto e baixo N. Observou-se efeito significativo para produtividade de grãos nos dois locais estudados e nos ambientes com alto e baixo N. A significância demonstra a variabilidade genética existente nos materiais estudados.

A variabilidade genética é essencial para o sucesso de um programa de melhoramento e, quanto maior a divergência genética entre os genótipos, maior é a heterose (COORS e PANDEY, 1999).

QUADRO 4. Resumo da análise de variância individual para produtividade de grãos de 110 híbridos *top crosses* e 11 testemunhas avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto N e baixo N

F.V.	GL	QM	
		Dourados	
		Alto N	Baixo N
Repetições	1	8.168.373,71	12.535.574,24
Bloco/Repetições	20	5.683.540,97	2.269.780,88
Tratamentos	120	1.810.571,53*	1.434.225,97*
Média		5.293,96	4.877,56
CV%		23,36	22,20
Eficiência		125,30	116,22
F.V.	GL	Caarapó	
		Dourados	
		Alto N	Baixo N
Repetições	1	45.538.593,67	8.021.795,01
Bloco/Repetições	20	3.170.133,64	3.311.805,32
Tratamentos	120	2.061.224,49*	1.407.043,52*
Média		4.776,27	4.044,54
CV%		22,68	24,55
Eficiência		129,73	136,72

*Efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Em relação aos coeficientes de variação dos experimentos, observou-se que independente do ambiente e do local os valores foram semelhantes. Os coeficientes variaram de 22,20% a 24,55%, em ambiente com baixo N em Dourados e Caarapó,

respectivamente. Estes valores estão dentro dos limites reportados por Scapim et al. (1995).

Em estudo realizado por Silva et al. (2008), avaliando a produtividade de populações de milho em ambiente com alto e baixo nitrogênio, encontraram CV% variando de 19,0 a 22,8 para ambiente com alto N, e no ambiente com baixo N o CV% variou de 24,0 a 35,3. Santos et al. (1998), avaliando progênies de meio-irmãos, obtiveram coeficientes de variação de 22,27 e 23,42%, para o caractere produtividade, nos ambientes de alto e baixo N respectivamente.

No Quadro 5, são apresentados os resultados da análise de variância conjunta, realizada no delineamento em látice. Pelo teste F a 5% de probabilidade observou-se que houve significância para produtividade de grãos em função dos híbridos e dos ambientes. Porém, não houve efeito significativo para as interações dos fatores estudados.

QUADRO 5. Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos de 110 híbridos *top crosses* e 11 testemunhas avaliadas em ambientes com alto e baixo N, considerando duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó)

F.V.	GL	QM	
		Locais	
		Dourados	Caarapó
Híbridos (H)	120	2.478.264,34*	3.255.220,14*
Ambientes (A)	1	20.980.388,89*	64.786.885,97*
H x A	120	1.091.626,29	866.515,24
Média		5.085,77	4.410,41
CV%		20,73	20,45

*Efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

No Quadro 6, são apresentados os resultados da análise de variância conjunta, em função dos testadores estudados, realizada com modelo estatístico em blocos casualizados. Pelo teste F a 5% de probabilidade observou-se que houve significância para produtividade de grãos em função dos híbridos, ambientes e locais estudados. Porém não houve efeito significativo para as interações dos fatores estudados. A não significância evidencia o comportamento semelhante dos híbridos quando avaliados em ambientes e locais diferentes.

QUADRO 6. Resumo da análise de variância conjunta para produtividade de grãos de 110 híbridos *top crosses* e 11 testemunhas avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto e baixo N, em função dos testadores estudados

F.V.	GL	Testador	
		T1	T2
		--- QM ---	
Blocos	1	18.411.954,65	6.003.520,03
Locais (L)	1	79.632.327,78*	27.223.697,53*
Ambientes (A)	1	67.062.131,2*	11.598.608,73*
Híbridos (H)	54	2.199.956,96*	3.083.440,58*
LxA	1	3.522.541,27	1.371.787,78
LxH	54	1.014.538,55	1.093.413,60
AxH	54	871.280,72	8.394.150,51
LxAxH	54	742.528,00	756.661,30
Resíduo	219	1.301.717,81	1.346.016,49
Média		4.652,00	4.859,32
CV%		24,53	23,88

*Efeito significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Quanto à interação progênies x ambientes, outros autores verificaram a não existência de interação significativa. Silva Filho et al. (2001), avaliando o comportamento de progênies endogâmicas em dois níveis de nitrogênio não encontraram efeito significativo na interação progênies x níveis de nitrogênio. Corroborando com estes resultados Fidelis et al. (2007), não encontraram efeito significativo para a interação genótipos x nitrogênio, na avaliação de genótipos de milho eficientes na absorção de nitrogênio.

Os coeficientes de variação experimental foram semelhantes em função dos testadores estudados (Quadro 6). De um modo geral em experimentos realizados em ambientes com baixo nitrogênio, valores maiores de coeficientes de variação são normais (BLUM, 1988). Vários trabalhos apresentaram valores de coeficientes de variação alto, para produtividade de grãos, sob ambientes de baixo e alto nitrogênio (FIDELIS et al., 2007; SILVA et al., 2008).

A média da produtividade obtida pelos híbridos *top crosses* no ambiente de alto N foi de 5032,04 kg ha⁻¹, já para baixo N foi de 4479,28 kg ha⁻¹. Desta forma resultando em uma redução de 10,98% na média devido ao estresse (Quadro 7). Esta baixa redução na produção devido ao estresse evidencia a adaptação dos materiais ao

estresse nitrogenado. Souza et al. (2008), ao avaliaram 31 genótipos de milho quanto ao controle genético da produtividade de grãos e da eficiência no uso de nitrogênio e seus componentes primários. Os autores constataram redução de 23,20% na média de produtividade de grãos de milho cultivado em solo com baixo N, em relação ao obtido em alto N. Fidelis et al. (2005), avaliando diferentes métodos de seleção de genótipos em ambiente com alto e baixo N, encontraram redução média de 60% na produtividade de grãos no cultivo de milho em baixo N, em relação ao alto N.

Em relação aos locais de avaliação, em média a produtividade dos híbridos avaliados em Dourados foram superiores a produtividade observada em Caarapó. A produtividade média obtida em Dourados foi de 5085,77 kg ha⁻¹, já em Caarapó foi de 4410,41 kg ha⁻¹. A diferença pode estar relacionada às condições de solo, uma vez que o solo de Caarapó apresentava textura arenosa e com uma fertilidade menor (Quadro 5). A semeadura realizada em Caarapó foi em época de fechamento de semeadura de safrinha no Estado de Mato Grosso do Sul, fato que influenciou na redução da produtividade de grãos. Vários autores relatam que a redução no rendimento de grãos de milho semeado em épocas tardias, tem sido associada a fatores climáticos, especialmente radiação solar e temperatura. Segundo Souza (1989), o fator climático que mais contribui para o efeito prejudicial do atraso do plantio é a redução da precipitação pluvial nos estágios mais críticos da cultura, isto é, no florescimento e no enchimento de grãos.

QUADRO 7. Média de produtividade de grãos de híbridos *top crosses* avaliados em dois locais (Dourados e Caarapó) e em ambiente com alto e baixo N

Locais	Testadores	
	T1	T2
Dourados	5077,42a	5108,06a
Caarapó	4226,58b	4610,58b
Doses		
Alto N	5042,40a	5021,68a
Baixo N	4261,60b	4696,96b
Média	4652,00	4859,32

Médias seguidas pela mesma letra, na linha e na coluna, não diferem entre si pelo teste F a 5% de probabilidade.

No Quadro 8, são apresentadas as médias de produtividade de grãos dos híbridos *top crosses* agrupados de acordo com as populações bases que deram origem as

linhagens. Em ambiente com alto N a população base BP (07), oriunda do híbrido DKB 789, apresentou a maior média de produtividade de grãos diferindo significativamente da média das demais populações bases. Em relação as testemunhas as maiores médias de produtividade de grãos foram obtidas pelos híbridos DKB 390, AG 30A91 e o DKB 789, não diferindo significativamente entre si.

QUADRO 8. Média de produtividade de grãos de híbridos *top crosses* agrupados de acordo com as populações bases e 11 testemunhas avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto e baixo N

Híbridos	Ambientes	
	Alto N	Baixo N
BP(01)	5.019,75c	4.549,50b
BP(02)	5.016,50c	4.258,50b
BP(05)	4.485,50c	4.204,75c
BP(07)	5.600,25b	4.760,00b
BP(13)	5.038,50c	4.700,00b
UFGD 1	2.822,75d	3.293,25c
BRS SOL	3.212,50d	3.465,25c
BRS 3035	3.190,50d	3.183,50c
BR 106	2.976,00d	3.261,25c
BRS 1010	4.837,50c	3.164,00c
XB 9003	5.871,50b	4.676,00b
XB 8010	4.770,50c	4.115,25c
OMEGA	5.795,75b	4.856,25b
DKB 390	7.565,50a	6.088,75a
AG 30A91	8.279,25a	6.554,75a
DKB 789	6.902,25a	5.218,25b
Média	5.086,53	4.396,82

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Em ambiente com baixa disponibilidade de N, a média dos híbridos *top crosses*, agrupados de acordo com as populações bases, foram semelhantes, diferindo apenas a população BP (05), que apresentou a menor média de produtividade (4204,75 kg ha⁻¹). As maiores médias de produtividade de grãos foram obtidas pelas testemunhas DKB 390 e AG 30A91, em ambiente com baixa disponibilidade de nitrogênio, com produtividade de 6088,75 e 6554,75 kg ha⁻¹, respectivamente (Quadro 8).

Observou-se que as testemunhas BRS Sol-da-manhã, UFGD01 e BR106 apresentaram maiores médias de produtividade de grãos quando avaliadas em ambiente com baixa disponibilidade de N (Quadro 8). Este comportamento está relacionado com a adaptação em ambiente com baixo N, porém são materiais que não respondem ao acréscimo de nitrogênio ao solo.

Na figura 1 é apresentada a classificação das populações bases (médias dos híbridos *top crosses*) e das testemunhas quanto à disponibilidade de nitrogênio, para a produtividade de grãos. As testemunhas AG30A91, DKB390, DKB789, Omega e XB9003 e as progênes oriundas da população base BP (07) foram classificadas como eficientes no uso de nitrogênio e responsivas a aplicação de nitrogênio ao solo. As progênes oriundas das populações base BP (13) e BP (01) foram classificadas como eficientes ao uso de nitrogênio, porém não responsivas a aplicação de nitrogênio ao solo. As progênes oriundas das populações BP (05) e BP (02) e as testemunhas XB8010, BRS Sol da Manhã, BRS 3035, BRS1010 e UFGD01 foram classificadas como ineficientes no uso de nitrogênio e não responsivas a aplicação deste elemento no solo.

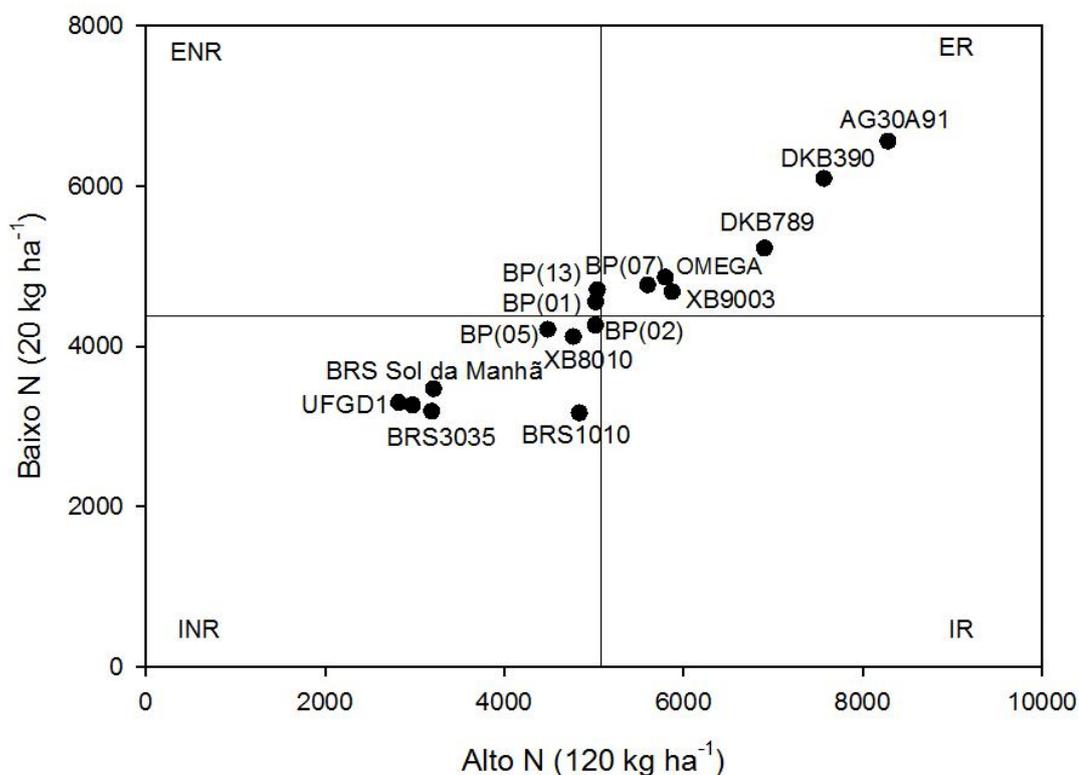


FIGURA 1. Comportamento quanto à eficiência de uso de N e resposta à adubação nitrogenada das populações bases e testemunhas, em relação à

produtividade de grãos (kg ha^{-1}), na média dos ambientes. Dourados, UFGD, 2012.

Uma vez que foi identificado que os híbridos oriundos da população base BP (07), originados do híbrido DKB 789, são eficientes ao uso de nitrogênio e respondem ao acréscimo de nitrogênio ao solo, realizou-se o teste de média das linhagens oriundas desta população, com o intuito de selecionar as melhores linhagens.

No quadro 9 são apresentadas as médias de produtividade de grãos dos híbridos *top crosses* oriundos da população BP (07) (DKB 789), que foi classificada como eficiente e responsiva ao nitrogênio. Os híbridos oriundos das linhagens BP (07) 13, BP (07) 14, BP (07) 15 e BP (07) 17 apresentaram as maiores produtividades tanto em ambiente com alta disponibilidade de nitrogênio quanto em ambiente com baixa disponibilidade. A maior média de produtividade foi observada nos híbridos oriundos da linhagem BP (07) 14, com médias de 6772,87 e 5689,44 kg ha^{-1} , em ambientes com alta e baixa disponibilidade de nitrogênio, respectivamente. No entanto estas médias de produtividade não diferiram significativamente dos híbridos oriundos das linhagens 13, 15 e 17.

QUADRO 9. Média de produtividade de grãos de híbridos *top crosses* oriundos da população base BP (07) avaliadas em duas localidades do Estado de Mato Grosso do Sul (Dourados e Caarapó), em ambientes com alto e baixo N

Híbridos	Ambientes	
	Alto N	Baixo N
BP(07) 7	5.542,25b	4.533,43b
BP(07) 8	5.730,75a	4.585,76b
BP(07) 10	5.377,87b	4.756,41b
BP(07) 11	5.538,75b	4.811,28b
BP(07) 13	5.624,1 2a	5.225,66a
BP(07) 14	6.772,87a	5.689,44a
BP(07) 15	5.926,25a	4.750,03b
BP(07) 17	5.717,50a	5.395,74a
BP(07) 19	5.177,50b	3.721,45b
BP(07) 20	5.276,25b	4.149,68b
BP(07) 21	4.918,12b	4.740,41b
Média	5.600,20	4.759,94

Médias seguidas pela mesma letra, na linha e na coluna, não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade

Na figura 2 é apresentada a classificação de eficiência no uso de nitrogênio das linhagens da população base BP (07), com base no comportamento dos híbridos *top crosses*, para a produtividade de grãos. As linhagens BP (07) 14, 17 e 13 foram classificadas como eficientes e responsivas ao acréscimo de nitrogênio ao solo. A linhagem BP (07) 11 foi classificada como eficiente ao uso de nitrogênio, porém não responsiva a este elemento. As linhagens BP (07) 7, 10, 19, 20 e 21 foram classificadas como ineficientes ao uso de nitrogênio e não responsivas a este elemento. As linhagens BP (07) 15 e 8 foram classificadas como ineficientes, no entanto responsivas ao N.

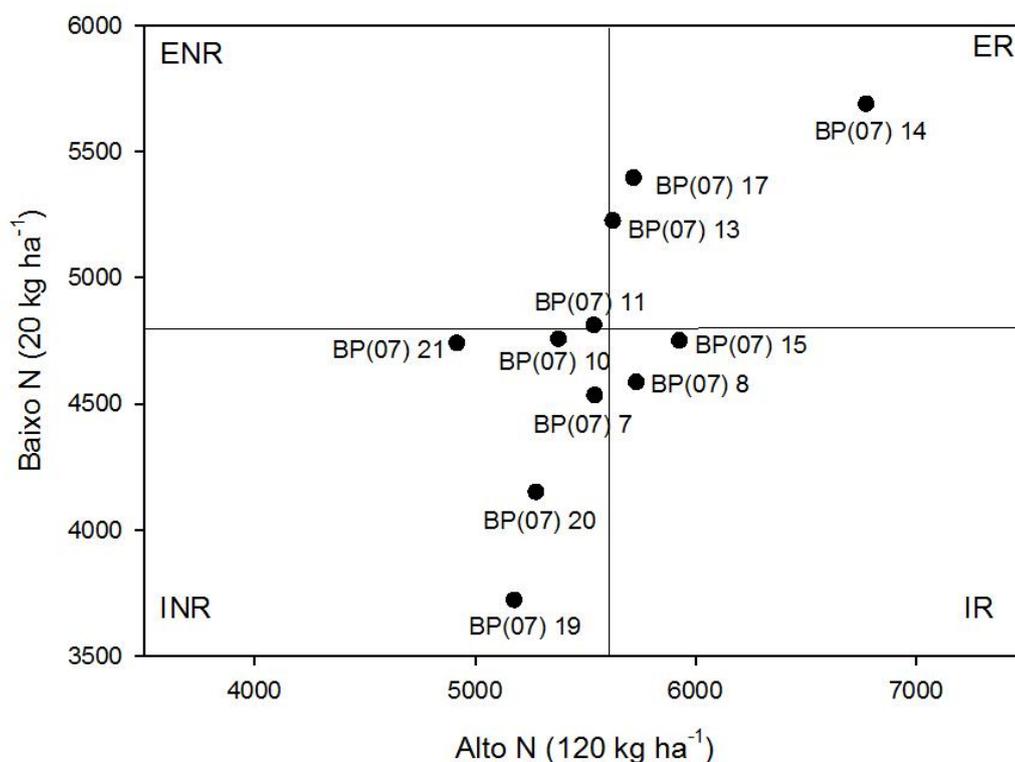


FIGURA 2. Comportamento quanto à eficiência de uso de N e resposta à adubação nitrogenada das populações bases e testemunhas, em relação à produtividade de grãos (kg ha⁻¹), na média dos ambientes. Dourados, UFGD, 2012.

CONCLUSÕES

As populações bases estudadas são opções viáveis para extração de linhagens parcialmente endogâmicas visando a eficiência no uso de nitrogênio. O híbrido DKB 789 apresenta potencial para extração de linhagens parcialmente endogâmicas visando a seleção para eficiência no uso de nitrogênio.

As linhagens oriundas da população com base genética estreita apresentaram comportamento superior em combinações híbridas, gerando híbridos classificados como eficientes e responsivos ao uso de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMORIM, E. P.; SOUZA, J. C. Híbridos de milho inter e intrapopulacionais obtidos a partir de populações S0 de híbridos simples comerciais. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 3, p. 561-567, 2005.

ARAÚJO, P. M. **Dialelo parcial circulante interpopulacional e cruzamento “Top-cross” na avaliação de linhagens parcialmente endogâmicas de milho (*Zea mayz* L.)** 2000. 170 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba - SP.

BÄNZIGER, M.; LAFITTE, H. R. Efficiency of secondary traits for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, .37, n. 4, p.1110-1117, 1997.

BISON, O.; RAMALHO, M. A. P.; RAPOSO, F. V. Potencial de híbridos simples de milho para a extração de linhagens. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 2, p. 348-355, 2003.

BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2009. 625p.

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

CARVALHO, A. D. F.; SOUZA, J. C.; RAMALHO, M. A. P. Capacidade de combinação de progênies parcialmente endogâmicas obtidas de híbridos comerciais de milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 3, n. 3, p. 429-437, 2004.

COORS, J. G.; PANDEY, S. **The genetics and exploitation of heterosis in crops**. Madison: Crop Science of America, 1999. p. 99-118.

FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C.; SANTOS, M. X.; RAMALHO, M. A. P. Métodos de avaliação da divergência genética em milho e suas relações com os cruzamentos dialélicos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 9, p. 1189-1194, set. 1995.

FIDELIS, R. R. **Metodologias de seleção para eficiência ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C.; GALVÃO, J. C. C. Metodologias de seleção de cultivares de milho para eficiência na absorção e utilização de nitrogênio. **Revista Ceres**, v. 52, n. 304, p. 987-1002, 2005.

FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C.; GALVÃO, J. C. C.; PELUZIO, J. M.; LIMA, S. O. Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 37, n. 3, p. 147-153, 2007.

FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 32p.

FRITSCHÉ-NETO, R.; BOREM, A. Melhoramento de plantas para condições de estresses abióticos. Viçosa: UFV, 2011. 250 p.

FOX, R. H. Selection for phosphorus efficiency in corn. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 9, p. 13-37, 1978.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. de. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2nd ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468 p.

HALLAUER, A. R.; RUSSELL, W. A.; LANKEY, K. R. Corn breeding. In: SPRAGUE, G. F.; DUDLEY, J. W. **Corn and corn improvement**. Madison: ASA, 1988. p. 463-565.

LAFITTE, H. R.; EDMÉADES, G. O. An update on selection under stress, selection criteria. In: EASTERN CENTRAL AND SOUTHERN AFRICAN REGIONAL MAIZE WORKSHOP, 2., 1987, Harare, Zimbabwe. **Proceedings towards self-sufficiency**. Harare: College Press, 1988. p. 309-331.

LIMA, M. W. O. P.; SOUZA, E. A.; RAMALHO, M. A. P. Procedimentos para a escolha de populações de milho para a extração de linhagens. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 153-158, 2000.

MACHADO, A. T.; MAGNAVACA, R. **Estresse ambiental: o milho em perspectiva**. Rio de Janeiro: ASPTA, 1991. 46 p.

MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. Milho híbrido. In: PARTENIANI, E.; VIÉGAS, G. P. (Eds.). **Melhoramento e produção de milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v. 1, p. 275-340.

SANTOS, M. X.; GUIMARÃES, P. E. O.; PACHECO, C. A. P.; FRANCA, G. E.; PARENTONI, S. N.; GAMA, E. E. G.; LOPES, M. A. M. Melhoramento intrapopulacional no sintético elite NT para solos pobres em nitrogênio. I Parâmetros genéticos de produção. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, v. 33, p. 29-34, 1998.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.

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

SILVA, R. G.; MIRANDA, G. V.; CRUZ, C. D.; GALVÃO, J. C. C.; SILVA, D. G. Potencial genético das populações de milho UFVM 100 e UFVM 200 avaliadas em solos com deficiência de nitrogênio. **Revista Caatinga**, v. 21, n. 1, p. 22-29, 2008.

SILVA FILHO, J. L.; CARVALHO, S. F.; RAMALHO, M. A. P. Comportamento de famílias endógamas de três populações de milho ao nitrogênio em cobertura. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 14-22, 2001.

SOUZA, F.R.S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais**. Lavras, 1989. 64p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

SOUZA SOBRINHO, F. de; RAMALHO, M. A. P.; SOUZA, J. C. de. Alternatives for obtaining double cross maize hybrids. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, Sete Lagoas, v. 1, n. 1, p. 70-76, 2002.

SOUZA JÚNIOR, C. L. **Variâncias genéticas interpopulacionais e suas relações com a obtenção e seleção de híbridos**. 1998. 140 p. Tese (Livre docência) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba – SP.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, L. V.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; ECKERT, F. R.; MANTOVANI, E. E.; LIMA, R. O.; GUIMARÃES, L. J. M. Genetic control of grain yield and nitrogen use efficiency in tropical maize. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 11, 2008.

CAPÍTULO 2

SELEÇÃO DE GENITORES QUANTO A EFICIÊNCIA NO USO DE NITROGÊNIO VIA CAPACIDADE DE COMBINAÇÃO DE LINHAGENS PARCIALMENTE ENDOGÂMICAS

RESUMO

Na seleção de linhagens superiores deve-se levar em consideração a capacidade de combinação e a heterose dos cruzamentos. O objetivo do trabalho foi determinar a capacidade de combinação de linhagens, a fim de selecionar linhagens eficientes no uso de nitrogênio. Foram avaliadas 55 progênies parcialmente endogâmicas S_1 . Para a avaliação das linhagens foi utilizado o método *top cross*, onde as linhagens foram cruzadas com dois testadores. Os ensaios de avaliação dos híbridos *top crosses* foram instalados na safrinha de 2012, nos municípios de Dourados e Caarapó, estado de Mato Grosso do Sul. Foram instalados dois experimentos em cada local, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada (Alto N) e outro em condição de estresse (Baixo N). Foi avaliada altura de planta, altura de espiga, diâmetro de espiga, tamanho de espiga e a produtividade de grãos. De posse dos dados foi realizada análise de variância individual para os ambientes com alto e baixo N, locais e análise conjunta dos ambientes e locais. O efeito de ambientes e tratamentos foram significativos para todos os caracteres avaliados. Observou-se diferença significativa entre os locais. Para o contraste locais vs doses não foi significativo para nenhum dos caracteres avaliados. Observou-se que os testadores não se diferiram na produção de grãos. Os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) foram significativos para todos os caracteres avaliados. Quanto às capacidades específicas de combinação (CEC), houve efeito significativo para altura de espiga e produtividade de grãos. A contribuição dos efeitos não aditivos (CEC) foi de elevada magnitude, para produtividade de grãos. As linhagens BP (07) 14, BP (07) 17 e BP (07) 13 apresentam potencial para serem utilizadas no programa de melhoramento visando a obtenção de híbridos eficientes no uso de nitrogênio.

Palavras-chave: *Zea mays*, dialelo, combinação híbrida

ABSTRACT

In the selection of superior lines should take into consideration the combining ability and heterosis of crosses. The aim of this study was to determine the ability of combining strains in order to select strains efficient nitrogen use. Was evaluated 55 partially inbred lines S_1 . For the evaluation of the lines we used the method top cross where the lines were crossed with two testers. Evaluation trials of top crosses were installed in the second season of 2012 in the cities of Dourados and Caarapó, state of Mato Grosso do Sul. Two experiments were established at each site, differentiated by nitrogen fertilization, one with proper fertilization (N High) and another in stress condition (Low N). Was assessed plant height, ear height, ear diameter, cob size and grain yield. Ownership of the data was performed variance analysis for individual environments with high and low N, and analysis of the local environments and locations. The effect of environments and treatments were significant for all traits. There was a significant difference between sites. To contrast the local vs. doses was not significant for any of the characters. It was observed that the tester did not differ in yield. The effects of general combining ability (GCA) were significant for all traits. As for specific combining ability (SCA), a significant effect for time spike and grain yield. The contribution of non-additive effects (CEC) was high magnitude for yield. Lines BP (07) 14, BP (07) 17 and BP (07) 13 have potential to be used in breeding program aimed at obtaining hybrid efficient nitrogen use.

Key words: *Zea mays*, diallel, hybrid combination.

INTRODUÇÃO

Apesar do aumento do uso de fertilizantes nitrogenados em algumas regiões do Brasil, o nitrogênio, continuará sendo um dos principais fatores limitantes à produção de milho (GUEDES, 2009). A utilização de fertilizantes nitrogenados pode corrigir essa limitação, mas os altos custos desse insumo e a incerteza do retorno econômico, principalmente em regiões de clima tropical, constituem-se em fatores de alto risco para os produtores (FIDELIS et al., 2010).

A maneira que os agricultores encontram para aumentar o aproveitamento do nitrogênio nas lavouras de milho é pelo parcelamento do uso do fertilizante nitrogenado. Outra possibilidade pode ser a adoção de cultivares eficientes no uso do nitrogênio. Neste sentido, um dos objetivos de programas de melhoramento de milho para estresse de nitrogênio é a obtenção de genótipos que apresentem alta eficiência no uso de nitrogênio por meio da produção satisfatória de grãos em condições de baixo nitrogênio no solo. Essa obtenção pode ser feita via seleção de genótipos superiores, uma vez que trabalhos mostram a existência de variabilidade genética para eficiência no uso de nitrogênio em milho (FIDELIS, 2003; GUEDES, 2009; FIDELIS et al., 2010). Para o desenvolvimento de cultivares direcionadas a condições limitantes de N, é fundamental a obtenção de informações mais detalhadas sobre germoplasmas eficientes e ineficientes no uso de N (GUEDES, 2009).

Nos programas de melhoramento do milho, uma das decisões importantes é a escolha das populações a serem trabalhadas. Uma escolha equivocada da população base compromete todo o trabalho de seleção que será praticado ao longo das gerações, implicando em desperdício de tempo e de recursos investidos. Para a seleção de linhagens promissoras em populações formadas a partir de híbridos comerciais é importante que esses genótipos sejam escolhidos com base na manifestação da heterose e da capacidade de combinação (OLIBONI, 2010). A heterose, nos programas de melhoramento de milho, pode ser explorada por meio da utilização de cultivares classificadas em grupos heteróticos complementares que se caracterizam pela heterose manifestada em seus híbridos (FIDELIS, 2006).

A análise dialélica é uma metodologia que pode auxiliar na escolha de genitores com base nos seus valores genéticos, principalmente considerando a capacidade de se combinarem em híbridos que produzam populações segregantes promissoras. Por meio desse método é possível conhecer também o controle genético dos caracteres, que orienta na condução das populações segregantes e na seleção (OLIBONI, 2010). O uso da análise de cruzamento dialélico tem sido a melhor e mais completa informação sobre o comportamento das linhagens em combinações híbridas, nos programas de melhoramento do milho, por permitir a estimação de diferentes componentes da variância genotípica e a verificação da ação gênica predominante em um grupo de genótipos, proporcionando informações sobre o controle genético das características avaliadas, auxiliando o melhorista na escolha da melhor estratégia de melhoramento (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Dentre os delineamentos genéticos, os dialelos têm particular importância no melhoramento de plantas e são definidos como sendo todos os cruzamentos possíveis dentro de determinado grupo de genitores (FIDELIS, 2006). O potencial do genitor no melhoramento é determinado pela capacidade geral de combinação. Segundo Gardner e Eberhart (1956), por meio de estudos utilizando cruzamentos dialélicos o melhorista de plantas busca a tomada de decisões concernentes à seleção de genitores que mostrem características superiores nas combinações híbridas.

O objetivo do trabalho foi selecionar linhagens eficientes no uso de nitrogênio através das estimativas da capacidade de combinação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliadas 5 populações bases onde foram extraídas as linhagens parcialmente endogâmicas. Destas populações foram extraídas 55 progêneses parcialmente endogâmicas S_1 , sendo 11 progêneses de cada população base estudada. No Quadro 1 são apresentadas as características agronômicas das populações base estudadas.

QUADRO 1. Ciclo, textura e cor do grão, nível de tecnologia e empresa detentora das populações bases utilizadas para a extração das progêneses endogâmicas

Código	População	Tipo	Ciclo	Cor do Grão	Textura do Grão	Nível de Tecnologia	Empresa
BP (01)	UFGD 1	V	P	AM/AL	SMDENT	*	*
BP (02)	BRS Sol-da-manhã	V	P	AL	DURO	B/M	Embrapa
BP (05)	BRS 3035	HT	SP	AL	SMDENT	M/A	Embrapa
BP (07)	DKB 789	HD	P	AM/AL	SMDURO	M/A	Dekalb
BP (13)	AG 30A91	HS	P	AL	SMDURO	A	Agromen

Tipo: V – variedade, HS – híbrido simples, HD – híbrido duplo, HT – híbrido triplo; Ciclo: P – precoce, SP – superprecoce; Cor do grão: AL – alaranjado, AM – amarelo; Textura do grãos: SMDENT – semidentado, SMDURO – semiduro; Nível de tecnologia: A – alto, M – médio, B – baixo.

Para a obtenção das progêneses S_1 , de cada população estudada, foi utilizado o método de autofecundação descrito por Borém (2009). Em cada população 100 plantas S_0 foram selecionadas para vigor e tipo de planta e autofecundadas, sendo colhidas apenas as plantas eretas. Em cada população foram selecionadas as 11 melhores linhagens S_1 para serem avaliadas no *top cross*. O processo de autofecundação das plantas foi realizado durante a safrinha do ano de 2011.

Os híbridos *top crosses* foram obtidos em dois campos de cruzamentos isolados, onde as linhagens foram intercaladas com os testadores. Foram utilizados dois testadores (T1 – híbrido simples comercial com bom potencial produtivo e T2 – mistura equitativa das progêneses S_1). A obtenção dos híbridos *top crosses* foi realizada durante a safra 2011/2012. Obtiveram-se 110 progêneses híbridas, denominadas de híbridos *top crosses*.

Nos ensaios de avaliação dos híbridos foram utilizados os 110 híbridos *topcrosses*, as cinco populações bases e seis testemunhas. As testemunhas utilizadas foram a variedade BR 106 e os híbridos BRS 1010, XB 9003, XB 8010, DKB 390 e Omega. Os ensaios foram instalados na safrinha de 2012, nos municípios de Dourados e Caarapó. Em Dourados os ensaios foram instalados na Fazenda Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Grande Dourados (UFGD), localizada na latitude 22° 14' 02" S, longitude de 54° 59' 17" W e 406 metros de altitude. Em Caarapó os ensaios foram instalados na Fazenda Urtigão, localizada na latitude 22° 38' 45" S, longitude de 55° 00' 28" W e 482 metros de altitude. O clima da região é classificado como do tipo Cwa (Köppen), ou seja, clima mesotérmico úmido com verões quentes e invernos secos, com temperatura do mês mais frio inferior a 18°C e a do mês mais quente superior a 22°C, apresentando precipitação média acumulada de 1427 mm (FIETZ e FISCH, 2006).

Em cada local foram instalados dois experimentos, diferenciados pela adubação nitrogenada, sendo um com adubação adequada (Alto N) e outro em condição de estresse (Baixo N). O delineamento experimental utilizado foi em látice 11x11, com duas repetições. A unidade experimental foi constituída de uma linha de cinco metros, espaçadas em 0,90 m e 0,20 m entre plantas, nos experimentos de Dourados. Em Caarapó o espaçamento foi 1,0 m entre linhas e 0,18 m entre plantas.

Para caracterizar o ambiente com Alto N, foi utilizada uma dose de 120 kg ha⁻¹ de N, sendo aplicados 20 kg ha⁻¹ na semeadura e 100 kg ha⁻¹ em cobertura. O ambiente com Baixo N foi utilizado uma dose de 20 kg ha⁻¹, sendo aplicada toda a dose na semeadura.

A área experimental de Dourados foi preparada de maneira convencional e a semeadura dos experimentos foi realizada manualmente no dia 15 de fevereiro de 2012, utilizando duas sementes por cova. A área experimental de Caarapó foi cultivada em sistema de plantio direto e a semeadura do experimento foi realizada em sucessão ao cultivo da soja. A semeadura foi realizada manualmente no dia 09 de março de 2012, utilizando duas sementes por cova. Para os dois locais foram utilizadas adubação de semeadura com 20 kg ha⁻¹ de Nitrogênio, 50 kg ha⁻¹ de Potássio e 50 kg ha⁻¹ de Fósforo, segundo as recomendações de Sousa e Lobato (2004), utilizando o formulado 08-20-20 + 0,4% Zn.

O desbaste da cultura foi realizado adequando a densidade para 55.000 plantas por hectare. A primeira adubação nitrogenada de cobertura foi realizada quando

as plantas de milho apresentavam de quatro a cinco folhas totalmente expandidas e a segunda quando as plantas apresentavam de oito a dez folhas totalmente expandidas (SOUSA e LOBATO, 2004). Os demais tratamentos culturais foram realizados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho.

Na época de pré-colheita foram amostradas cinco plantas em cada parcela para determinar:

- Altura de planta (AP): médias das amostragens feitas no nível do solo à inserção da folha-bandeira, em plantas competitivas tomadas ao acaso, em metros;

- Altura da espiga (AE): média das distâncias do nível do solo até a inserção da espiga superior, em metros;

Após a colheita foram amostradas cinco espigas de cada parcela para determinar:

- Tamanho de espiga (TE): média das amostragens feitas para tamanho de espigas, em centímetros;

- Diâmetro de espiga (DE): média das amostragens feitas para o diâmetro de espigas, em milímetros;

Para a avaliação da produtividade de grãos, as espigas foram colhidas manualmente e debulhadas, para determinação do peso e da umidade dos grãos, obtida em aparelho determinador eletrônico. A produtividade de grãos (PROD), em kg ha^{-1} , foi corrigida para umidade de 13%.

Inicialmente foi realizada análise de variância individual para os ambientes com alto e baixo N e posterior a isso a análise conjunta dos dois ambientes. As análises de variância foram realizadas utilizando o programa estatístico SAS (SAS INSTITUTE INC., 2004).

As análises de variâncias individuais para cada ambiente (alto e baixo N) foi realizada com base no modelo estatístico descrito a seguir, onde a média e o efeito de tratamentos foram considerados fixos:

$$Y_{ijk} = m + t_i + b_{j(k)} + r_k + e_{ijk}$$

em que:

Y_{ijk} é o valor do tratamento i no bloco j dentro da repetição k ;

m é a média geral do experimento;

t_i é o efeito do tratamento i ($i=1,2,3,\dots,t$);

$b_{j(k)}$ é o efeito do bloco j dentro da repetição k ($j=1,2,3,\dots, b$);

r_k é o efeito da repetição k ($k=1,2$);

e_{ijk} é o erro experimental associado à observação Y_{ijk} , com $e_{ijk} \cap N(0, \sigma^2)$.

Posteriormente, foi realizada a análise conjunta, considerando um modelo misto, com todos os efeitos aleatórios, excetuando-se a média e o efeito de tratamento:

$$Y_{ijkl} = m + t_i + a_l + b_{j(kl)} + r_{k(l)} + (ta)_{il} + e_{ijkl}$$

em que:

Y_{ijkl} é o valor do tratamento i no bloco j dentro da repetição k no ambiente l ;

m é a média geral do experimento;

t_i é o efeito do tratamento i ($i=1,2,3,\dots, t$);

a_l é o efeito do ambiente l ($l=1,2$);

$b_{j(kl)}$ é o efeito do bloco j dentro da repetição k no ambiente l ($j=1,2,3,\dots, b$);

$r_{k(l)}$ é o efeito da repetição k dentro do ambiente l ($k=1,2$);

$(ta)_{il}$ é o efeito da interação tratamentos x ambientes;

e_{ijkl} é o erro experimental associado à observação Y_{ijkl} , com $e_{ijkl} \cap N(0, \sigma^2)$.

Na análise conjunta, foram desdobradas as somas de quadrados de tratamento em *top cross*, testemunhas e seu contraste, e a interação destes com os ambientes. Além disso, as somas de quadrados de *top cross* foram desdobradas para cada um dos testadores e os contrastes entre os mesmos. Foram realizadas as interações

destes com doses. Também foram desdobradas as somas de quadrados do ambiente em locais e doses e seus contrastes.

A análise dialélica foi realizada com as médias ajustadas de cada uma das análises individuais dos *top crosses*, excetuando as testemunhas. A análise foi realizada de acordo com o método 4 do modelo I de Griffing (1956), adaptado para dialélos parciais em múltiplos ambientes (FERREIRA et al., 1993). Utiliza-se este método quando se dispõe de um conjunto de híbridos sem seus recíprocos. Neste caso, o modelo estatístico utilizado foi:

$$Y_{rsil} = m + a_l + g_r + g'_s + s_{rs} + (ag)_{rl} + (ag')_{sl} + (as)_{rsil} + \bar{e}_{rsil}$$

em que:

Y_{rsil} : valor médio observado da combinação híbrida entre o r -ésimo testador com a s-ésima linhagem no nível de nitrogênio l;

a_l : efeito da dose de nitrogênio l (l=1,2);

g_r : efeito da capacidade geral de combinação do r-ésimo testador (r=1,2);

g'_s : efeito da capacidade geral de combinação da s-ésima progênie (s=1, 2, 3,...,55);

s_{rs} : efeito da capacidade específica de combinação entre o testador r e a progênie s;

$(ag)_{rl}$: efeito da interação entre a capacidade geral de combinação do r-ésimo testador e o efeito da dose de nitrogênio;

$(ag')_{sl}$: efeito da interação entre a capacidade geral de combinação da s-ésima progênie e o efeito da dose de nitrogênio;

$(as)_{rsil}$: efeito da interação entre a capacidade específica de combinação entre os testadores r e as progênies s e o efeito da dose de nitrogênio;

\bar{e}_{rsil} : erro experimental médio, obtido a partir da soma dos quadrados médios dos resíduos, ajustado para o número de observações.

A análise dialélica foi realizada utilizando o programa estatístico Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores e as significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação experimental, com base na análise conjunta para as cinco características avaliadas em combinações híbridas, incluindo genitores e testemunhas, nos ambientes com alto e baixo N, e os locais, Dourados e Caarapó, estão descritas no quadro 2.

A eficiência relativa do látice (ER) em relação aos blocos casualizados para os quatro experimentos foi superior para todos os caracteres avaliados, evidenciando ser vantajoso o emprego do látice. Os coeficientes de variação (CV%), de modo geral, indicaram boa precisão na condução dos ensaios para todos os caracteres avaliados, uma vez que a magnitude deste parâmetro foi inferior a 10% para os caracteres altura de planta (AP), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e valores de 11,60% para altura de espiga (AE) e de 19,47% para a produtividade de grãos (PROD) (Quadro 2). O valor mais elevado para o caráter PROD, pode ser justificado pelo fato desse caráter ser de natureza quantitativa, bastante influenciado pelo ambiente. Estes valores estão dentro dos limites reportados na literatura (LIMA et al., 2006; FIDELIS et al., 2010).

Os efeitos dos ambientes e tratamentos foram significativos ($P < 0,01$) para todos os caracteres avaliados pelo teste F. Os efeitos dos tratamentos foram desdobrados em *top crosses* (TC), (*top cross* testador 1 (TC_{t1}) e *top cross* testador 2 (TC_{t2})), testemunhas e seus contrastes (TC vs. testemunha (T_m); TC_{t1} vs TC_{t2}). Constatou-se que tanto para *top crosses*, TC_{t1} e TC_{t2} quanto para testemunha, o teste F foi significativo para todos os caracteres, indicando existência de variabilidade genética entre os tratamentos. O contraste entre TC_{t1} vs TC_{t2} apresentou efeito significativo apenas para o caractere AE, o que indica que os testadores não se diferenciaram em relação a AP, TE, DE e PROD. O contraste TC vs. T_m foi significativo ($P < 0,05$) para os caracteres AP e AE, e significativo ($P < 0,01$) para os caracteres TE, DE e PROD, indicando que, em média, os *top crosses* diferem das testemunhas para esses caracteres (Quadro 2).

QUADRO 2. Análise de variância conjunta para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha⁻¹) (PROD)

F.V	G.L	QM				
		AP	AE	TE	DE	PROD
Ambiente (A)	3	4861,6746**	1771,0815**	252,2103**	165,7130**	65.381.495,40**
Locais (L)	1	6342,4512**	254,5588**	529,1891**	290,2472**	110.377.265,75**
Doses (N)	1	5953,3888**	5058,3510 ^{ns}	15,9355 ^{ns}	141,2697**	79.751.670,13**
L vs N	1	2289,1838 ^{ns}	0,33471 ^{ns}	211,5063 ^{ns}	65,6220 ^{ns}	6.015.550,41 ^{ns}
Tratamentos (T)	120	625,9915**	412,2083**	4,6695**	21,4803**	4.078.829,50**
Topcrosses (TC)	109	593,4318**	373,4891**	4,4883**	16,8633**	2.564.267,90**
TC testador ₁	54	373,9267*	480,7557**	3,2507**	16,7046**	2.141.687,90**
TC testador ₂	54	823,9264**	273,1389**	5,8090**	17,3344**	3.034.334,40**
TC t ₁ vs TC t ₂	1	658,0920 ^{ns}	867,2465**	0,3207 ^{ns}	1,4730,0 ^{ns}	1.273.424,00 ^{ns}
Testemunha (Tm)	10	1043,4913**	875,469**	7,1115**	73,9526**	20.995.433,00**
TC vs Tm	1	1387,0208*	692,5575*	98,9801**	142,2442**	54.038.598,05**
T x A	360	295,0841 ^{ns}	127,2007 ^{ns}	1,2868 ^{ns}	5,6608 ^{ns}	982.137,10 ^{ns}
Resíduo	480	297,0922	120,3544	1,3627	5,4184	1.242.473,00
Médias Baixo N		187,28	92,24	15,86	47,39	4.478,73
Médias Alto N		192,93	97,26	16,16	48,13	5.027,65
Médias Gerais		189,70	94,49	15,98	47,89	4.748,09
Médias Caarapó Alto N		188,47	97,83	14,66	47,31	4.767,61
Médias Caarapó Baixo N		186,0772	92,80	15,88	47,03	4.069,54
Médias Dourados Alto N		197,40	96,69	17,06	48,95	5.287,69
Médias Dourados Baixo N		188,49	91,69	16,43	47,75	4.887,92
CV (%)		9,08	11,60	7,30	4,86	19,47
ER	Local	Alto/Baixo(N)	Alto/Baixo(N)	Alto/Baixo(N)	Alto/Baixo(N)	Alto/Baixo(N)
	Caarapó	147,20/219,13	102,31/176,55	102,68/105,02	96,45/102,94	129,73/136,72
	Dourados	101,32/141,77	149,18/132,42	101,41/105,43	101,40/102,09	121,91/116,22

CV(%): coeficientes de variação; ER: eficiência do látex; **, *, ^{ns}: significativo a (P<0,01), significativo a (P<0,05) e não significativo pelo teste F, respectivamente; t₁: testador 1; t₂: testador 2;

Os efeitos dos ambientes (A) foram desdobrados em locais (L) doses (N) e o contraste L vs N. Observou-se diferença significativa entre os locais pelo teste F (P<0,01), para os cinco caracteres demonstrando que, embora os locais de condução dos experimentos sejam relativamente próximos, os ambientes foram suficientemente distintos para que se detectassem diferenças significativas entre eles. Não foi verificado efeito significativo da interação tratamentos x ambiente, indicando que os genótipos se comportaram de maneira similar frente às variações dos ambientes. O contraste locais vs doses não foi significativo para nenhum dos caracteres avaliados (Quadro 2).

Para todos os caracteres avaliados, não ocorreu interação entre doses x tratamentos ($P > 0,05$), indicando que os tratamentos apresentaram performances coincidentes nas doses em que foram avaliados. A produtividade média geral de grãos foi de 4.748,09 kg ha⁻¹, sendo que a produtividade no ambiente com Alto N foi 10,9% superior à produtividade média do Baixo N, confirmando a alta significância do efeito de doses para o caráter PROD (Quadro 2).

Considerando que a diferença de produção de grãos entre os dois ambientes foi de 548 kg ha⁻¹ e que a diferença de dose de N aplicada foi de 100 kg, a resposta média de kg de grãos produzidos por kg de N aplicado foi de aproximadamente 5,5 kg. Esses resultados foram divergentes com os de Fidelis et al. (2007) e Guedes (2009), que encontraram resposta média de 17 e 24kg de grãos por kg de N aplicado, na cultura do milho, respectivamente.

Casagrande e Fornasieri Filho (2002), avaliando doses de nitrogênio, época de aplicação e híbridos de milho cultivados em condição de safrinha, não observaram efeito significativo para doses na produtividade de grãos. Segundo os autores a disponibilidade de N no solo foi suficiente para o suprimento adequado da cultura. Souza e Soratto (2006) observaram que a aplicação de 120 kg ha⁻¹ de N proporcionou aumento de 22,1% na produtividade, em relação à testemunha, porém, com a aplicação de 60 kg ha⁻¹, obteve-se produtividade apenas 1,5% inferior à maior dose (120 kg ha⁻¹). Vale ressaltar que, mesmo no tratamento sem adição de N em cobertura, obteve-se produtividade de 3.184 kg ha⁻¹. Segundo os autores devido aos teores de nitrogênio no solo o potencial de resposta da aplicação de nitrogênio é baixa. As condições de safrinha, com baixa disponibilidade hídrica e fatores estressantes reduzem o potencial de resposta da cultura a aplicação de nitrogênio.

Observa-se que em média, os testadores não se diferenciaram na produção de grãos dos *top crosses*. Este fato pode ser comprovado pelo fato da não significância do contraste TC t₁ vs. TC t₂ (Quadro 2). Isto pode ser devido ao fato do testador 2 ser uma mistura equitativa das próprias progênies testadas, isto é, o testador é a própria população, o desempenho dos *top crosses* com esse testador equivale ao desempenho *per se* das progênies. Deste modo o desempenho *per se* das progênies não foi alterado quando se utilizou como testador o híbrido simples.

Esse fato é importante, pois pode otimizar o método de *top cross*, uma vez que a avaliação *per se* das progênies pode ser realizada no mesmo campo de obtenção

do *top cross*, o que economizaria recursos e diminuiria o tempo para a obtenção de híbridos.

No quadro 3 é apresentando o resumo da análise de variância dialélica conjunta. Observou-se que os efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) relativos aos efeitos aditivos para a fonte de variação do grupo dos testadores (CGC Test) e do grupo das progênies (CGC Prog) foram significativos ($P < 0,01$) para todos os caracteres avaliados, exceto para o caráter AE (CGC Test). O efeito significativo nas estimativas da CGC Prog, para todos os caracteres indica que as progênies contribuem de forma semelhante para os cruzamentos onde elas estão envolvidas.

QUADRO 3. Resumo da análise de variância dialélica conjunta dos caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)

F.V	G.L	QM				
		AP	AE	TE	DE	PROD
Ambientes (A)	3	592,0963**	372,9434**	4,4827**	16,7251**	2.564.057,4845**
Topcrosses (TC)	109	152,7557**	85,4415**	2,1304**	4,2618**	828.994,5853**
CGC (Test.)	1	1770,1745**	69,3845ns	119,5414**	76,3715**	24.632.343,5927**
CGC (Prog.)	54	199,8444**	125,9107**	1,6941**	5,5410**	970.938,7065**
CEC Tes X Prog	54	75,7147 ^{ns}	45,2698*	0,3924 ^{ns}	1,6473 ^{ns}	246.247,7046*
TC x A	327	309,9583 ^{ns}	132,0322 ^{ns}	1,2376 ^{ns}	5,4575 ^{ns}	896.282,6097 ^{ns}
CGC (Test.) x A	3	1253,8292 ^{ns}	1079,4176**	12,8229**	18,9083 ^{ns}	5.715.252,9065**
CGC (Prog.) x A	162	301,7981 ^{ns}	137,6827 ^{ns}	1,2223 ^{ns}	6,2100 ^{ns}	935.759,1977 ^{ns}
CEC (Tes X Prog) x A	162	300,6394 ^{ns}	108,837 ^{ns}	1,0385 ^{ns}	4,4558 ^{ns}	767.565,8311 ^{ns}
Resíduo	480	79,9929	28,7301	0,696	1,5965	236.920,5603

** , * , ^{ns}: significativo a ($P < 0,01$), significativo a ($P < 0,05$) e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Pfann el al. (2009), também encontraram efeitos significativos da CGC, para características produtividade de grãos, altura de planta e altura de espiga, em híbridos comerciais avaliados em dois locais da região Centro-Sul do Paraná, indicando que os genitores diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo aqueles mais promissores para a formação de populações superiores. Os mesmos autores verificaram efeito significativo da CEC apenas para a produção de grãos, permitindo inferir que algumas combinações híbridas apresentam desempenho superior ou inferior ao esperado, com base na CGC dos genitores.

Quanto às capacidades específicas de combinação (CEC), que são referentes aos efeitos gênicos não aditivos de dominância e epistasia ou efeitos de

complementação intra e intergênica, houve significância para os caracteres AE e PROD (Quadro 3), indicando que as combinações híbridas apresentam performances que diferenciam das esperadas somente pelos efeitos das capacidades gerais de combinação dos seus parentais e que deste modo a heterose é um componente genético importante na expressão fenotípica.

Quanto à análise individual por local apresentados nos quadros 4 e 5, observa-se efeito significativo da CGC(test) para todos os caracteres avaliados em Caarapó e Dourados ($P < 0,01$), com exceção apenas do caráter DE que não apresentou efeito significativo em Caarapó. Para a fonte de variação do grupo das progênes (CGC Prog), houve efeito significativo ($P < 0,01$) para todos os caracteres avaliados em Caarapó (Quadro 4). Em Dourados todos os caracteres apresentaram efeito significativo (Quadro 5).

Neste sentido pode-se inferir que os genitores diferiram entre si na frequência dos alelos favoráveis, existindo genitores mais promissores para a formação de novas populações. Rodrigues et al. (2009) obtiveram resultados semelhantes em dialelo completo entre oito linhagens e vinte e oito híbridos, visando a produção de milho verde.

QUADRO 4. Resumo individual da análise de variância dialélica do ensaio de Caarapó, para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)

F.V	G.L	QM				
		AP	AE	TE	DE	PROD
Doses (N)	1	629,7658**	2780,0818**	164,8728**	8,9804 ^{ns}	53.603.015,2216**
Topcrosses (TC)	109	98,5807**	161,0389**	1,9970**	6,9681**	946.035,5093**
CGC (Test.)	1	314,8829**	1390,0409**	82,4364**	4,4902 ^{ns}	26.801.507,6108**
CGC (Prog.)	54	151,1953**	214,4764**	2,0118**	9,2932**	1.109.178,8962**
CEC Tes X Prog	54	41,9606 ^{ns}	84,8422 ^{ns}	0,4926 ^{ns}	4,6890 ^{ns}	304.087,0835*
TC x N	109	116,7636**	176,4148**	0,9460**	8,3242**	647.827,1564**
CGC (Test.) x N	1	3665,6818**	2814,3723**	7,0511**	50,4432**	7.533.000,4893**
CGC (Prog.) x N	54	83,9213**	169,6844**	0,9853*	9,3780**	608.174,1670**
CEC (Tes X Prog) x N	54	83,8851**	134,2942**	0,7938 ^{ns}	6,4904**	559.976,9360*
Resíduo	218	60,958	92,2842	0,6716	3,5221	394.159,8427

** , * , ^{ns}: significativo a ($P < 0,01$), significativo a ($P < 0,05$) e não significativo pelo teste F, respectivamente.

Com relação à CEC houve diferenças significativas apenas para o caráter PROD a ($P < 0,05$) nos dois locais e para o caráter TE em Dourados, indicando que as combinações híbridas demonstram desempenho superior ou inferior ao esperado com base na CGC dos genitores, evidenciando que os parentais apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica em relação às frequências dos alelos nos locos que apresentam dominância (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

A interação CEC x doses foi significativa para PROD em ambos os locais (Quadro 4 e 5), o que permite inferir que houve resposta diferenciada das combinações híbridas frente às doses de N para este caráter. Oliboni (2010) concluiu que a avaliação em ambientes diferentes permite uma facilidade na identificação de variabilidade entre os genótipos quanto às características altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade de grãos (PG), resultantes dos efeitos da capacidade de combinação e como isso é possível prever a obtenção de novos híbridos a partir de combinações obtidas com os genitores utilizados.

QUADRO 5. Resumo individual da análise de variância dialélica do ensaio de Dourados, para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD)

F.V	G.L	QM				
		AP	AE	TE	DE	PROD
Doses (N)	1	8743,3862**	2757,0044**	44,4309**	158,1193**	1.7580.149,6002**
Topcrosses (TC)	109	366,6983**	91,4308*	1,5499**	3,9034**	1.037.904,4699**
CGC (Test.)	1	4371,6931**	1378,5022**	22,2154**	79,0596**	8.790.074,8001**
CGC (Prog.)	54	399,9232*	127,8847**	2,1612**	5,0836**	1.325.193,9262**
CEC Tes X Prog	54	259,3069 ^{ns}	31,1423 ^{ns}	0,5559**	1,3314 ^{ns}	607.056,3037*
TC x N	109	481,6448**	65,7642 ^{ns}	1,1235**	2,6888*	979.736,2385**
CGC (Test.) x N	1	1,4204 ^{ns}	51,8204 ^{ns}	0,0284 ^{ns}	4,1800 ^{ns}	1.976.218,7418*
CGC (Prog.) x N	54	518,6138**	62,2846 ^{ns}	1,1119**	2,6628*	1.214.112,6075**
CEC (Tes X Prog) x N	54	453,5687**	69,5021 ^{ns}	1,1555**	2,6873*	726.906,4899**
Resíduo	218	277,2582	60,4049	0,6681	1,8712	500.424,9550

** , * , ^{ns}: significativo a ($P < 0,01$), significativo a ($P < 0,05$) e não significativo pelo teste F, respectivamente.

A significância do efeito da interação CGC (Prog) x N para os caracteres avaliados em ambos os locais, exceto para o caráter AE em Dourados, revela que linhagens parentais não exibem o mesmo comportamento (Quadro 4 e 5). Demonstra

também que as linhagens contribuem de forma diferente na expressão dessas características nas doses de alto e baixo N.

A interação *top crosses* x N apresentou efeito significativo para o caráter PROD indicando que existe diferença nas frequências de alelos favoráveis entre os parentais dos *top crosses* avaliados em ambientes contrastantes na disponibilidade de nitrogênio. De acordo com Médici (2005) e Guimarães (2006), ambientes com alta disponibilidade de N, os efeitos genéticos aditivos apresentaram-se ligeiramente mais importantes que os efeitos genéticos não aditivos e, para ambientes com baixa disponibilidade de N, os efeitos genéticos aditivos e não aditivos apresentaram importâncias similares.

Neste sentido, para o desenvolvimento de cultivares eficientes no uso de N, Guimarães (2006) sugere que devem-se avaliar os genótipos em ambientes com baixo N e, posteriormente, obter progênies híbridas apenas das linhagens mais adaptadas ao estresse por deficiência de N, em dialelos ou *top crosses*, para avaliações mais detalhadas. Este esquema proporcionaria economia de recursos pela diminuição do número de progênies testadas.

No quadro 6, são apresentadas as estimativas de capacidade geral de combinação para cada característica estudada para as 15 melhores linhagens, em cada característica. Com base nestes valores é possível a seleção das melhores linhagens.

QUADRO 6. Estimativas de capacidade geral de combinação (g_i) dos genitores do grupo I (CGC Test.) e das 15 melhores progênies do grupo II (CGC Prog.) para os caracteres altura de planta (AP), altura de espiga (AE), tamanho da espiga (TE), diâmetro da espiga (DE) e produtividade de grãos (kg ha^{-1}) (PROD), médias dos dois ambientes (N).

Efeito das CGC										
GRUPO I	AP		AE		TE		DE		PROD	
Testador 1	-2,83659**		0,56159 ^{ns}		-0,73713**		-0,58919**		-334,61201**	
Testador 2	2,83659**		-0,56159 ^{ns}		0,73713**		0,58919**		334,61201**	
GRUPO II	Progênies/CGC		Progênies/CGC		Progênies/CGC		Progênies/CGC		Progênies/CGC	
1	BP (05) 17	-11,59	BP (05) 17	-9,87	BP (07) 14	1,69	BP (01) 40	2,66	BP (07) 14	1477,93
2	BP (07) 20	-11,49	BP (07) 20	-9,77	BP (07) 19	1,25	BP (07) 14	2,08	BP (07) 17	803,40
3	BP (05) 6	-9,05	BP (05) 12	-7,97	BP (07) 8	1,14	BP (13) 22	2,07	BP (07) 13	671,64
4	BP (07) 21	-8,77	BP (13) 6	-7,15	BP (07) 21	1,10	BP (02) 3	2,02	BP (01) 34	652,52
5	BP (01) 3	-8,29	BP (01) 3	-6,06	BP (07) 13	0,90	BP (13) 26	1,91	BP (13) 26	618,30
6	BP (05) 12	-8,19	BP (13) 15	-5,91	BP (07) 17	0,87	BP (07) 15	1,67	BP (01) 26	616,16
7	BP (13) 15	-6,62	BP (07) 7	-5,71	BP (07) 15	0,78	BP (02) 15	1,65	BP (07) 15	585,01
8	BP (13) 6	-6,49	BP (13) 26	-5,67	BP (02) 19	0,70	BP (07) 19	1,36	BP (01) 47	532,13

9	BP (05) 10	-6,14	BP (05) 8	-5,26	BP (02) 6	0,68	BP (01) 20	1,34	BP (01) 40	520,38
10	BP (05) 8	-5,15	BP (05) 2	-4,95	BP (07) 20	0,66	BP (02) 5	1,08	BP (07) 11	421,90
11	BP (13) 12	-5,10	BP (13) 19	-4,67	BP (13) 19	0,59	BP (13) 25	1,05	BP (02) 4	394,21
12	BP (13) 19	-5,09	BP (02) 6	-4,66	BP (13) 21	0,46	BP (13) 14	0,99	BP (07) 8	357,48
13	BP (13) 26	-4,99	BP (05) 6	-4,66	BP (13) 15	0,45	BP (07) 8	0,80	BP (07) 10	313,91
14	BP (05) 5	-4,80	BP (13) 17	-3,92	BP (01) 42	0,45	BP (13) 21	0,71	BP (07) 7	284,68
15	BP (05) 1	-4,70	BP (13) 21	-3,22	BP (07) 19	0,43	BP (07) 13	0,67	BP (13) 25	258,49

As linhagens BP(05) 17 e BP(07) 20 foram as que mais contribuíram para diminuir a altura de planta e a altura de espiga. Esses resultados indicam a possibilidade de ganhos genéticos para a redução da altura de planta e espiga, com a realização de ciclos de seleções.

Quando se trabalha com seleção para aumento da produtividade de grãos, as linhagens BP(07) 14, BP(07) 17 e BP(07) 13 foram as que apresentaram maior potencial. A seleção realizada para estas linhagens permite a obtenção de híbridos com potencial produtivo e potencial para eficiência no uso de nitrogênio.

Observa-se que as linhagens oriundas da população base BP (07), população esta que foi originada do híbrido DKB 789, demonstraram um bom potencial para serem utilizadas para a obtenção de híbridos eficientes no uso de nitrogênio. O híbrido DKB 789 apresenta potencial para extração de linhagens com eficiência no uso de nitrogênio.

CONCLUSÕES

As linhagens BP (07) 14, BP (07) 17 e BP (07) 13 apresentam potencial para serem utilizadas no programa de melhoramento visando a obtenção de híbridos eficientes no uso de nitrogênio.

O híbrido DKB 789 apresenta bom potencial para a extração de linhagens com potencial para obtenção de híbridos eficientes no uso de nitrogênio.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. 2ª ed. Viçosa: UFV, 2009. 625p.
- CASAGRANDE, J. R. R.; FORNASIERI FILHO, D. Adubação nitrogenada na cultura do milho safrinha. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, p. 33-40, 2002.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético. 2 ed. Viçosa, MG. UFV, 1997. 390 p.
- CRUZ, D.C. Programa Genes- Aplicativo computacional em genética e estatística. Editora UFV, Viçosa, p.394, 2006.
- FERREIRA, D. F.; REZENDE, G. D. S. P.; RAMALHO, M. A. P. Anadaptation of Griffing's method IV of complete diallel cross analysis for experiments repeated in several environments. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 16, n.3, p. 357-366, 1993.
- FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. dos; GALVÃO, J. C. C.; PELUZIO, J. M.; LIMA, S. O. Fontes de germoplasma de milho para estresse de baixo nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.37, n.3, p.147- 153, 2007.
- FIDELIS, R. R. **Metodologias de seleção para eficiência ao uso e resposta à aplicação do nitrogênio em germoplasma de milho**. 2003. 54 f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2003.
- FIDELIS, R. R.; MIRANDA, G. V.; FALUBA, J. S. Capacidade de combinação de populações de milho tropicais sob estresse de baixo nitrogênio. **Bioscience Journal**, v.26, n.3, p.358-366, 2010.
- FIETZ, C. R.; FISCH, G. F. **O clima da região de Dourados, MS**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2006. 32p.
- GARDNER, C. O.; EBERHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, London, v. 22, n. 3, p. 439-452, 1966.
- GRIFFING, B. A. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, Melbourne, v. 9, n. 6, p. 463-493, June 1956.
- GUEDES, F. L. **Avaliação de topcrosses de milho em duas doses de nitrogênio**. 2009. 54p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Lavras, Lavras 2009.

GUIMARÃES, L. J. M. **Caracterização de genótipos de milho desenvolvidos sob estresse de nitrogênio e herança da eficiência de uso deste nutriente**. 2006. 110 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG.

LIMA, M. L. A.; SOUZA JÚNIOR, C. L.; BENTO, D. A. V.; SOUZA, A. P.; CARLINI GARCIA, L. A. Mapping QTL for grain yield and plant traits in a tropical maize population. **Molecular Breeding**, Wageningen, v. 17, n. 3, p. 227-239, 2006.

MEDICI, L. O.; PEREIRA, M. B.; LEA, P. J.; AZEVEDO, R. A. de. Identification of maize lines with contrasting responses to applied nitrogen. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 28, n. 5, p. 903-915, 2005.

OLIBONI, R. **Capacidade combinatória e divergência genética entre híbridos comerciais de milho recomendados para a região centro sul do Paraná**. 2010.p.95. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Universidade Estadual do Centro Oeste, Guarapuava. PR.

PFANN, A.Z.; FARIA, M.V.; ANDRADE, A.A.; NASCIMENTO, I.R.; FARIA, C.M.D.R.; BRIGHENTTI, R.M. Capacidade combinatória entre híbridos simples de milho em dialelo circulante. **Ciência Rural**, v.39, n.3, p.635-641, 2009.

RODRIGUES, F.; VON PINHO, R.G.; ALBUQUERQUE, C.J.B.; FARIA FILHO, E.M.; GOULART, J.C. Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando a produção de milho verde. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.1, p.75-84, 2009.

SAS Institute Inc. **SAS/STAT 9.1 User's Guide**. Cary, NC: SAS Institute Inc., 2004.
VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética. p. 496, 1992.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: Correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. 416 p.

SOUZA, E. F. C.; SORATTO, R. P. Efeito de fontes e doses de nitrogênio em cobertura, no milho safrinha, em plantio direto. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v.5, n.3, p.395-405, 2006.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. Genética biométrica no fitomelhoramento. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, 1992. 496p.