

## Capacidade combinatória de milho para produção de grãos sob níveis de fósforo

Aurélio Vaz de Melo<sup>1</sup>, Markus Taubinger<sup>1</sup>, Valdere Martins dos Santos<sup>1</sup>, Dione Pereira Cardoso<sup>1</sup>, Júlio César do Vale<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Fundação Universidade Federal do Tocantins, Campus de Gurupi, Gurupi, Tocantins, Brasil. E-mail: vazdemelo@uft.edu.br, mtaubinger@hotmail.com, valderemartins25@hotmail.com, cardoso.dione@gmail.com

<sup>2</sup> Universidade Federal do Ceará, Câmpus de Fortaleza, Fortaleza, Ceará, Brasil. E-mail: juliodovale@ufc.br

Recebido: 18/05/2017; Aceito: 05/09/2017.

### RESUMO

Objetivou-se determinar o tipo de ação gênica predominante no controle de algumas características estimando a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC) entre híbridos comerciais de milho para produção de grãos sob diferentes níveis de fósforo. O delineamento experimental utilizado foi em látice 8 x 8 com duas repetições, sendo analisadas três características de interesse para a produção de grãos. As combinações híbridas responderam de forma diferenciada às capacidades de combinações quando submetidas às condições de baixa e alta disponibilidade de fósforo indicando que a seleção deverá ser realizada em ambientes onde os mesmos serão utilizados. Conclui-se que o híbrido AG 8060 possui maior concentração de alelos favoráveis para o incremento da característica produtividade de grãos sendo o mais indicado na síntese de populações de polinização aberta. As combinações AG 8060 x AG 1051 e P 30F53Y x IMPACTO possuem maior efeito heterótico, sendo estas combinações híbridas as mais indicadas para produção de grãos. Na maioria das características predomina a ação gênica não-aditiva de dominância.

**Palavras-chave:** adubação fosfatada, análise dialélica, produção de grãos, *Zea mays* L.

### Combination capacity of maize for grain production under phosphorus levels

#### ABSTRACT

The objective of this work was to determine the predominant genotype in the control of some traits and to estimate the general combining ability (GCA) and the specific combining ability (SCA) among commercial maize hybrids for grain production under different levels of phosphorus. The experimental design used was in 8x8 lattice with two replicates, being analyzed three characteristics of interest for the production of grains. The hybrid combinations responded differently to the combination capacities when subjected to conditions of low and high phosphorus availability indicating that the selection should be performed in environments where they will be used. It can be concluded that the hybrid AG 8060 has a higher concentration of favorable alleles to increase the grain yield characteristic, being the most indicated in the synthesis of open pollinated populations. The combinations AG 8060 x AG 1051 and P 30F53Y x IMPACT have a higher heterotic effect, these hybrid combinations being the most suitable for grain production. In most of the characteristics predominates the non-additive dominance gene action.

**Key words:** phosphate fertilizer, diallel analysis, grain production, *Zea mays* L.

## 1. Introdução

A cultura do milho destaca-se no cenário agrário brasileiro como uma das mais importantes. A área destinada à agricultura no país no ano de 2016/2017 foi de aproximadamente 60,36 milhões de hectares; a cultura do milho estimada em 17,24 milhões de hectares representou 29% deste total (CONAB, 2017).

A produção total de milho no Brasil estimada na safra 2016/2017 foi de 92,832 milhões de toneladas e a produtividade média nacional de 5.383 kg ha<sup>-1</sup>. A região Norte, onde está localizado o Estado do Tocantins possui produtividade média de 3.644 kg ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2017). Essa baixa produtividade em relação à média nacional deve-se em grande parte à escassez de cultivares desenvolvidas especificamente para a região. Sendo o desenvolvimento de cultivares de milho direcionado apenas às regiões mais produtoras os cultivares introduzidos em outras regiões não expressam todo seu potencial.

O Estado do Tocantins possui excelente potencial para o desenvolvimento do agronegócio apresentando recursos hídricos em abundância e condições climáticas favoráveis, além de localização geográfica estratégica e facilidade de acesso aos mercados internacionais (PELUZIO et al., 2010). Contudo, a variabilidade existente nos diversos híbridos de milho disponíveis no mercado é enorme, o que proporciona ao melhoramento genético a exploração deste potencial genético. A identificação destes cultivares possibilita sua utilização como genitores em programas de melhoramento voltados ao desenvolvimento de cultivares de milho visando a produção de grãos (DOVALE et al., 2011).

Nessa identificação são utilizadas ferramentas que facilitam a jornada do melhorista, como por exemplo, a análise dialélica, devido ao grande número de informações que ela fornece. Dentre as metodologias, a proposta por Griffing (1956) permite obter estimativas da capacidade geral e específica de combinação, além de proporcionar informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos e não aditivos no controle das características.

Diante do exposto, objetivou-se avaliar, por meio de cruzamentos dialélicos, as capacidades gerais (CGC) e específica (CEC) de combinação, bem como o efeito recíproco de oito híbridos comerciais de milho sob níveis de fósforo, com base em características agrônômicas, com o intuito de se determinar a melhor estratégia de melhoramento para produção de milho adaptados às regiões sul do Estado do Tocantins.

## 2. Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos nas safras 2010/2011 e 2011/2012 na Universidade Federal do

Tocantins - UFT, localizada no município de Gurupi, estado do Tocantins, em altitude de 280 m, na localização de 11°43'45" de latitude Sul, 49°04'07" de latitude Oeste. Segundo Köppen (1948), a classificação climática regional é do tipo B1wa'a' úmido com moderada deficiência hídrica. A temperatura média anual é de 29,5 °C, com precipitação média anual de 1804 mm, solo do tipo Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2013), textura arenosa com as seguintes características: pH em água = 6,11; P (Mehlich-1) = 2,85 mg dm<sup>-3</sup>; K = 11,97 mg dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup> = 1,59 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup> = 0,12 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; H+Al = 3,50 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; SB = 1,74 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>(t)</sub> = 1,74 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; CTC<sub>(T)</sub> = 5,23 cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; V = 33%; MO = 11,8 g dm<sup>-3</sup>; granulometria: 72,1% de areia; 4,1% de silte; 23,8% de argila.

No primeiro experimento conduzido na safra 2010/2011 foi realizada a síntese do dialelo completo entre oito cultivares comerciais de milho, considerados adaptados às condições edafoclimáticas da região, oriundos de diferentes empresas (Tabela 1), dando origem a 56 combinações híbridas (Híbridos F1's e recíprocos).

O segundo experimento foi realizado na safra 2011/2012, com intuito de avaliar a capacidade de combinação dos híbridos de milho quanto às características de milho verde.

O delineamento experimental utilizado foi em látice 8x8, com duas repetições, sendo avaliados 64 tratamentos (56 híbridos experimentais e 8 híbridos comerciais). As parcelas foram constituídas de duas fileiras de 4 m com espaçamento de 0,7 m entre fileiras.

As combinações híbridas foram avaliadas em dois ambientes contrastantes quanto à dose de fósforo, onde se estipulou a dose de 170 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para alto fósforo e a dose de 34 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> para baixo fósforo com base nas exigências da cultura de acordo com Coelho e França (1995). Foi utilizado o sistema convencional de preparo de solo. A adubação dos demais nutrientes utilizados foi baseada na análise química do solo, segundo a recomendação para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), sendo realizada manualmente no dia da semeadura e aplicada diretamente no sulco.

A semeadura foi realizada utilizando-se oito sementes por metro linear. O desbaste foi realizado manualmente quando as plantas estavam com três a quatro folhas totalmente expandidas, deixando-se quatro plantas por metro, o que corresponde a aproximadamente 57.000 plantas por hectare. Os demais tratamentos culturais foram realizados conforme a necessidade, de acordo com as recomendações técnicas da cultura do milho (GALVÃO; MIRANDA, 2004).

**Tabela 1.** Descrição dos híbridos comerciais de milho utilizados para a síntese do dialelo completo com a finalidade de produção de grãos, no município de Gurupi – TO. Ano agrícola 2011/2012.

Cultivares	Empresa	Base Genética	Cor do Grão	Textura do Grão	N T	Ciclo	Finalidade
AG 2040	Monsanto/Agrocere	HD	AM/AL	SMDURO	M	P	Silagem
AG 8060	Monsanto/Agrocere	HS	AL	DURO	A	P	Grãos
AG 1051	Monsanto/Agrocere	HD	AM	DENTADO	M/A	SMP	Milho Verde/Silagem
BM 2202	Sementes Biomatrix	HD	AV	SMDENT	M/B	P	Grãos/Silagem
P 30F53Y	Pioneer Sementes	HS	AL	SMDURO	A	P	Silagem
P 30F80	Pioneer Sementes	HS	AL	DURO	A	P	Silagem
TRUCK	Syngenta Seeds	HT	AL	SMDURO	M	P	Grãos
IMPACTO	Syngenta Seeds	HS	AL	DURO	A	P	Grãos

Base Genética: HS – Híbrido Simples; HD – Híbrido Duplo; HT – Híbrido Triplo. Cor de Grão: AL – Alaranjado; AM – Amarelo; AV – Avermelhado. Textura do Grão: SMDENT – Semidentado; SMDURO – Semiduro. N T (Nível Tecnológico): A – Alto; M – Médio; B – Baixo. Ciclo: P – Precoce; SMP – Semiprecoce.

As características avaliadas foram: altura de planta (AP) – medida em dez plantas tomadas aleatoriamente na parcela, em centímetros, após o florescimento masculino, do nível do solo à inserção da folha bandeira, em dez plantas competitivas na parcela; altura da espiga (AE) – medida em dez plantas na parcela, em centímetros, após o florescimento masculino, do nível do solo até a inserção da espiga superior no colmo; produtividade de grãos (PROD) – obtida por pesagem dos grãos debulhados da área da parcela, em kg parcela<sup>-1</sup>, valores posteriormente convertidos para kg ha<sup>-1</sup>.

A metodologia utilizada para estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação foi a proposta por Griffing (1956), método 1, utilizando progenitores, F1's e recíprocos. Foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente, utilizando o modelo estatístico:

$$Y_{ij} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + rij + \epsilon_{ij}$$

em que:  $\mu$  = efeito da média geral;  $G_i$  e  $G_j$  = efeitos da capacidade geral de combinação (CGC), associados as  $i$  e  $j$ -ésimo genitor;  $S_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores  $i$  e  $j$ ; neste modelo  $Y_{ij}$ ;  $\epsilon_{ij}$  são, respectivamente, a média experimental e o erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem  $ij$ ; e,  $rij$  = efeito recíproco que mede as diferenças proporcionadas pelo progenitor  $i$  ou  $j$ , quando utilizado como macho ou fêmea no cruzamento  $ij$ . Neste modelo são consideradas  $S_{ij} = S_{ji}$ ,  $rij = -r_{ji}$  e  $rii = 0$ . Todas as análises genéticas estatísticas foram realizadas utilizando-se o Aplicativo Computacional em Genética e Estatística – Programa Genes versão Windows (CRUZ, 2007).

### 3. Resultados e Discussão

Em todas as características houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) da interação entre genótipos e ambientes (Alto e baixo P), indicando que os efeitos dos genótipos e ambientes não explicam todas as variações encontradas,

sendo realizados, neste caso, os desdobramentos (Tabela 2). Nas características os fatores isolados também foram significativos ( $p \leq 0,01$ ). Verifica-se, portanto, a existência de variabilidade genética entre os genótipos tanto na presença da interação quanto em função dos fatores isolados. Com isso pode-se concluir que os ambientes foram suficientemente contrastantes para identificar a variabilidade entre as médias dos genótipos.

Os coeficientes de variação para todas as características estão dentro dos limites aceitáveis na experimentação agrícola, variando entre 1,00 a 9,56 % (Tabela 2). Estando de acordo com o relatado na literatura para este tipo de estudo (BÄNZIGER et al., 1997). De acordo com Pimentel Gomes (2000), coeficientes de variação entre 10 a 20% representam boa precisão experimental, além de alta confiabilidade das estimativas. Contudo, observa-se que no ambiente de baixo fósforo os CV's foram maiores, exceto para a característica altura de espiga. É comum observar um aumento dos valores de CV's em ambientes que são submetidos a algum tipo de estresse, pois nestas condições os valores dos quadrados médios dos resíduos tendem a ser maiores e as médias geralmente menores, sendo o CV produto dessa equação, maiores valores serão observados. Resultados semelhantes foram observados por Soares et al. (2011) e Souza et al. (2010) relatando em seus estudos maiores valores de CV's em ambientes sob estresse.

As características PROD, AP e AE apresentaram altos valores de herdabilidade, indicando que parte substancial da variação fenotípica é de origem genética. O valor dessa estimativa variou de 87,9% (PROD) a 99,3% (AP) (Tabela 2), variando este parâmetro com o ambiente.

A herdabilidade é o melhor parâmetro para se fazer qualquer inferência sobre o sucesso do melhoramento considerando uma dada característica, logo comparando as herdabilidades estimadas no presente experimento, verifica-se que ocorreu uma tendência de redução nestes

valores no ambiente com estresse, sugerindo que o controle genético dos caracteres foi maior no ambiente sem estresse. Estes resultados corroboram com os encontrados por Bertin; Gallais (2000), que observaram menores coeficientes de herdabilidade em ambientes desfavoráveis ao cultivo. Já para a característica AE houve um aumento da herdabilidade no ambiente de baixo P. Com isso, principalmente nos ambientes sem estresse pode-se realizar seleção das futuras linhagens em gerações iniciais de autofecundação, devido à observância dos altos valores de herdabilidade (FALCONER; MACKAY, 1996). Verifica-se, contudo, que o conhecimento da magnitude da herdabilidade só será importante se as futuras seleções também forem realizadas nessas condições (BORÉM; MIRANDA, 2009).

Com relação às variâncias genética e fenotípica foi observado-se aumento dos valores no ambiente de alto P para todas as características, devido principalmente ao aumento da média dos genótipos em ambiente sem estresse (Tabela 2). Também foi constatado que os valores de variância fenotípica e genotípica encontram-se próximos em todas as características, demonstrando que as variações ambientais foram mínimas. De acordo com Cruz (2004), a variação fenotípica é o resultado da variação genotípica juntamente com a variação ambiental, logo a variação ambiental influi em um dos principais fatores que determinam ganho de seleção sendo a herdabilidade.

As significâncias dos quadrados médios da CGC e CEC evidenciam heterogeneidade dos efeitos da capacidade geral e específica de combinação, respectivamente, em relação à produtividade de grãos (PROD) e às demais características em ambos os ambientes. Com relação ao aspecto genético, as significâncias dos quadrados médios da CGC e CEC evidenciam a importância de ambos os efeitos gênicos aditivos e não aditivos (dominância e ou epistasia) como

causas da variação genética observada em todas as características.

Quanto ao tipo de ação gênica predominante, no ambiente 1 (baixo P), o componente quadrático associado à CGC para as características AP e AE foi responsável por 51,8 e 71% respectivamente da soma dos efeitos da CGC e CEC, a exceção foi a produtividade de grãos (PROD). Isso evidencia predominância da variação devida aos efeitos gênicos aditivos na expressão das características, com exceção da PROD (Tabela 3). Contudo, no ambiente 2 (alto P) ocorreu um resultado parecido, onde a contribuição dos efeitos da CGC, em relação à soma dos efeitos da CGC e CEC, foi de 52,7 e 87,6%, respectivamente para as características PROD e AP fato que indica predominância da variação devida aos efeitos gênicos aditivos na expressão da produtividade e altura de plantas.

Esses resultados indicam que a seleção de linhagens nos ambientes 1 e 2, nas primeiras gerações de autofecundação derivadas do dialelo, poderá ser eficiente quanto ao uso de P. Verifica-se ainda comportamento contrastante dos híbridos quando a eficiência no uso de P é maior que a responsividade devido ao maior valor do quadrado médio da CGC em relação à CEC em ambos os ambientes. Desta forma, infere-se que os híbridos utilizados como genitores no dialelo são divergentes quanto à eficiência de uso de P. Coimbra et al. (2008) avaliando a capacidade de combinação de cultivares de milho sob alta e baixa disponibilidade de fósforo no solo encontraram resultados contrários aos observados neste trabalho uma vez que os efeitos de CEC foram mais expressivos. A exceção no ambiente 2 foi a característica altura de espiga (AE), em que a manifestação dos efeitos gênicos não aditivos (CEC) foram superiores, concordando com os resultados obtidos por Ferreira et al. (2007).

**Tabela 2.** Quadrado médio e significância da análise de variância de três caracteres em milho, em ensaio de dialelo completo entre oito genitores e os valores dos Coeficientes de Variação, Variância Genotípica, Variância Fenotípica juntamente com a Herdabilidade.

FV	GL	Quadrado Médio					
		PROD		AP		AE	
GENÓTIPOS	63	3063717,54**		743,16**		272,55**	
AMBIENTE	1	163694112,90**		90909,03**		53101,44**	
G x A	63	3377202,83**		566,81**		393,57**	
Erro Ef Médio	98	203566,86		126,91		4,97	
		Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
Média		7150,41	8749,70	164,57	202,26	77,30	106,10
CV (%)		8,10	3,04	9,56	1,00	2,31	2,44
V. Genotípica		1227036,12	1789857,20	236,14	292,82	177,86	150,23
V. Fenotípica		1395118,99	1825341,20	260,10	294,88	179,46	153,60
Herdabilidade		0,879	0,980	0,885	0,993	0,991	0,978

\*\* , \* significativo pelo teste F à 1% de probabilidade, respectivamente. PROD: produção de grãos em kg ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta em cm; AE: altura de espiga em cm.

Com relação aos efeitos recíprocos, houve significância ( $p \leq 0,01$ ) em todas as características em ambos os ambientes. Contudo, observa-se o maior valor do quadrado médio do efeito recíproco no ambiente 1 (baixo P), onde os valores foram superiores aos da CGC e CEC nas características PROD e AP, indicando que houve contribuição dos genes de efeito materno.

Na análise conjunta, observou-se que os efeitos dos quadrados médios de CGC x AMB, CEC x AMB e ER x AMB foram significativos (Tabela 3). Isso evidencia que os genitores, híbridos e recíprocos responderam de forma diferenciada quando submetidos às condições de baixa e alta disponibilidade de fósforo; observou-se um efeito significativo da interação genótipos x ambientes. Nota-se que a seleção deve ser realizada em ambientes específicos e não em função do comportamento médio, pois os alelos que controlam a expressão de um determinado carácter em condição de estresse nutricional são diferentes dos alelos que controlam esse mesmo carácter em condições sem estresse nutricionais (Souza et al., 2009).

Quando se considera a análise conjunta para todas as características não há efeito significativo para CGC e CEC, indicando que os parentais não apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Mesmo não havendo significância em ambas as capacidades de combinação pode-se observar que a contribuição dos efeitos da CGC, em relação à soma dos efeitos da CGC

e CEC, foram 64,1 e 55% respectivamente para as características AP e AE. Ferreira et al. (2007) e Rodrigues et al. (2009), encontraram maior manifestação dos efeitos da CEC para essas características. Com relação à característica PROD houve comportamento contrário; o valor da CEC contribuiu com 55,9% em relação à soma dos efeitos da CGC e CEC (Tabela 3).

Com relação aos efeitos recíprocos, houve significância ( $p \leq 0,01$ ) em todas as características em ambos os ambientes. Contudo, observa-se o maior valor do quadrado médio do efeito recíproco no ambiente 1 (baixo P), onde os valores foram superiores aos da CGC e CEC nas características PROD e AP, indicando que houve contribuição dos genes de efeito materno.

Na análise conjunta, observou-se que os efeitos dos quadrados médios de CGC x AMB, CEC x AMB e ER x AMB foram significativos (Tabela 3). Isso evidencia que os genitores, híbridos e recíprocos responderam de forma diferenciada quando submetidos às condições de baixa e alta disponibilidade de fósforo; observou-se um efeito significativo da interação genótipos x ambientes. Nota-se que a seleção deve ser realizada em ambientes específicos e não em função do comportamento médio, pois os alelos que controlam a expressão de um determinado carácter em condição de estresse nutricional são diferentes dos alelos que controlam esse mesmo carácter em condições sem estresse nutricionais (Souza et al., 2009).

**Tabela 3.** Estimativa dos quadrados médios da capacidade geral de combinação (CGC), da capacidade específica de combinação (CEC), do efeito recíproco (ER) e de suas interações, considerando as análises dialélicas feitas em dois ambientes (Baixo e Alto Fósforo) e a análise dialélica conjunta envolvendo os dois ambientes.

FV	GL	Quadrado Médio		
		PROD	AP	AE
Baixo P				
GENÓTIPOS	63	2790212,94**	720,26**	359,15**
CGC	7	2307962,18**	533,45*	772,78**
CEC	28	2711436,13**	496,93**	315,33**
ER	28	2989552,43**	990,30**	299,57**
Alto P				
GENÓTIPOS	63	3650681,40**	589,77**	307,48**
CGC	7	4049671,13**	1128,28**	180,27**
CEC	28	3626871,53**	159,22**	363,14**
ER	28	3574743,84**	885,70**	283,62**
Conjunta				
GENÓTIPOS	63	3063697,59**	742,64**	272,60**
CGC	7	2581201,69 <sup>ns</sup>	808,95 <sup>ns</sup>	379,57 <sup>ns</sup>
CEC	28	3272680,32 <sup>ns</sup>	453,41 <sup>ns</sup>	305,46 <sup>ns</sup>
ER	28	2975338,83 <sup>ns</sup>	1015,29 <sup>ns</sup>	213,00 <sup>ns</sup>
GEN x AMB	63	3377196,75**	567,40**	394,03**
CGC x AMB	7	3776431,63**	852,78**	573,48**
CEC x AMB	28	3065627,34**	202,74*	373,01**
ER x AMB	28	3588957,44**	860,72**	370,19**

\*\* , \* significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. PROD: produção de grãos em kg ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta; AE: altura de espiga.

Quando se considera a análise conjunta para todas as características não há efeito significativo para CGC e CEC, indicando que os parentais não apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992). Mesmo não havendo significância em ambas as capacidades de combinação pode-se observar que a contribuição dos efeitos da CGC, em relação à soma dos efeitos da CGC e CEC, foram 64,1 e 55% respectivamente para as características AP e AE. Ferreira et al. (2007) e Rodrigues et al. (2009), encontraram maior manifestação dos efeitos da CEC para essas características. Com relação à característica PROD houve comportamento contrário; o valor da CEC contribuiu com 55,9% em relação à soma dos efeitos da CGC e CEC (Tabela 3).

A significativa da CGC x AMB em todas as três características sugere que a seleção de genitores com base na CGC deve ser direcionada para cada ambiente.

Na interação CEC x AMB também se observou o mesmo comportamento, ou seja, resposta diferenciada das combinações híbridas frente aos ambientes. Contudo, evidenciam maiores valores dos quadrados médios da interação CGC x AMB em relação à interação CEC x AMB. Isso caracteriza maior manifestação dos efeitos gênicos aditivos do que não aditivos, o que favorece a seleção dessas características nessas condições de estudo. As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação de cada genitor estão apresentadas na Tabela 4. Verificou-se que os genitores diferiram entre si na frequência dos alelos favoráveis, existindo genitores mais promissores à formação de novas populações visando à produção de grãos.

Em relação aos efeitos da CGC, para a característica PROD, observaram estimativas positivas em três genitores em baixo P (AG 8060, AG 1051 e P 30F53Y) e apenas em dois genitores em alto P (AG 2040, AG 8060). Apenas o genitor AG 8060, apresentou valores positivos de CGC nos dois ambientes (Tabela 4). Esse

genitor se mostra promissor para a síntese de população para uso no melhoramento sob o ponto de vista produção de grãos, sendo esta característica o objetivo do presente estudo.

Quanto às características alturas de planta (AP) e altura de espiga (AE), é recomendável a utilização de plantas menores e com inserção de espiga mais baixa, devido a menor susceptibilidade dessas plantas ao acamamento e quebraimento, haja vista que plantas de porte baixo apresentam menor suscetibilidade a este problema além de possuírem melhor eficiência à mecanização durante a colheita (Nascimento et al., 2003).

Outro fato inerente ao porte reduzido das plantas é a possibilidade de uma semeadura em densidades populacionais mais altas, e maior resistência ao estresse hídrico (Seifert et al., 2006). Assim, segundo Cancellier et al. (2011) a seleção de genótipos de milho de porte baixo, justifica-se pela busca de uma planta cuja arquitetura permita maior resistência ao acamamento e maior adaptação à colheita mecânica.

Diante disso, na característica AP foi observada estimativas negativas em três genitores no ambiente de baixo P (AG 2040, AG 1051 e P 30F80), sendo que a menor CGC do genitor AG 2040 (-6,394), 1,32 vezes menor que o segundo colocado, AG 1051 (-4,837). No ambiente de alto P, três genitores apresentaram estimativas negativas (P 30F80, TRUCK e IMPACTO), contudo a diferença entre o primeiro (P 30F80 = -8,234) e o segundo (IMPACTO = -7,484) foi de apenas 1,1 vez. Os genitores com maiores valores de CGC para a característica AP, no ambiente de baixo P foram TRUCK (4,831), BM 2202 (4,475), P 30F53Y (1,775) e IMPACTO (1,225). No ambiente de alto P, os maiores valores de CGC foram obtidos pelos genitores AG 8060 (6,484) e P 30F53Y (6,141). Estes genitores com maiores valores de CGC apresentaram maior presença de alelos favoráveis não sendo recomendados para utilização no programa de melhoramento com o objetivo de diminuir essa característica.

**Tabela 4.** Estimativa dos efeitos médios da capacidade geral de combinação (CGC) para três características obtidas a partir de 56 tratamentos, avaliados em dois ambientes, em esquema de cruzamento dialélico completo envolvendo oito genitores.

Genótipos	Caracteres Avaliados <sup>1</sup>					
	PROD		AP		AE	
	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
AG 2040	-133,17	349,39	-6,394	2,141	-10,763	0,364
AG 8060	39,85	446,18	0,844	6,484	-3,588	1,683
AG 1051	564,26	-188,11	-4,837	1,797	1,688	-1,917
BM 2202	-303,30	-187,49	4,475	3,766	1,400	-0,105
P 30F53Y	163,12	-340,81	1,775	6,141	1,369	4,764
P 30F80	-20,51	-67,88	-1,919	-8,234	3,331	-2,155
TRUCK	-155,40	426,42	4,831	-4,609	4,000	-0,323
IMPACTO	-154,84	-437,68	1,225	-7,484	2,563	-2,311

<sup>1</sup> = PROD: produção de grãos em kg.ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta; AE: altura de espiga.

Com relação à característica AE, constata-se no ambiente de baixo P que os genitores AG 2040 e AG 8060 possuem valores negativos de CGC, com destaque para o genitor AG 2040 que apresentou o maior valor negativo de CGC (-10,763). Os valores negativos são desejáveis, uma vez que indicam a redução na altura de inserção das espigas. No ambiente de alto P, os valores negativos de CGC foram obtidos pelos genitores AG 1051, BM 2202, P 30F80, TRUCK e IMPACTO. Este último foi o que se destacou por apresentar o maior valor negativo de CGC (-2,311).

Dentre os híbridos avaliados, o híbrido AG 8060 contribuiu no aumento da característica PROD, simultaneamente, em ambos os ambientes. Isso caracteriza que esse genitor possui maior concentração de genes favoráveis a produção de grãos, além de apresentar maior porcentagem de efeitos genéticos aditivos que os demais genitores.

A avaliação de híbridos para compor futuros programas de melhoramento foi uma das propostas deste estudo. Nesse aspecto, a estimativa da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) de um híbrido no dialelo é importante indicador de sua potencialidade em gerar populações de polinização aberta superiores nos programas de melhoramento.

A baixa estimativa de ( $\hat{g}_i$ ), positiva ou negativa indica que o comportamento médio de um híbrido, em cruzamentos com as demais, não difere muito da média geral dos cruzamentos, enquanto alta estimativa, em valor absoluto, é indicador que, pelo comportamento médio nos cruzamentos, o progenitor em questão é muito superior ou inferior, indicando se ele é portador de genes favoráveis em alta frequência e informando sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos (CRUZ et al., 2004).

A estimativa de  $\hat{S}_{ii}$  é indicativa da divergência genética do genitor  $i$ , em relação aos demais genitores. Quando o valor de  $\hat{S}_{ii}$  for negativo, o genitor  $i$  contribuirá de forma positiva para a heterose e, se positivo, contribuirá negativamente. De acordo com Vencovsky e Barriga (1992), será negativo quando os desvios de dominância forem predominantemente positivos; será positivo em caso contrário e nulo ou próximo de zero na presença de desvios da dominância bidirecionais. Sendo assim para se obter confiabilidade na avaliação das melhores combinações híbridas deve-se considerar, além das estimativas de CGC e CEC ( $\hat{S}_{ij}$ ), as estimativas de CEC ( $\hat{S}_{ii}$ ), o que possibilitaria uma melhor escolha das combinações híbridas (CRUZ et al., 2004).

No ambiente de alta disponibilidade de P houve constatação na mesma proporção de valores positivos e negativos de  $\hat{S}_{ii}$  para esse caráter; o resultado reflete a

mesma proporção nas heteroses negativa e positiva. A combinação que apresentou o maior valor de  $\hat{S}_{ij}$  no ambiente sem estresse foi AG 1051 x TRUCK = 1512,11, sendo que nesta combinação os genitores além de apresentarem valores negativos de  $\hat{S}_{ii}$ , pertencem a grupos heteróticos diferentes, sendo o primeiro genitor do grupo dentado e o segundo do grupo duro, o que confirma a heterogeneidade dos genótipos e a alta heterose quando combinados.

A estimativa negativa de maior magnitude de CEC de PROD, em ambiente de baixo P ocorreu no cruzamento P 30F80 x IMPACTO (-1530,70). Fato que pode ser devido à participação do genitor P 30F80, apresentando o maior valor positivo  $\hat{S}_{ii}$  do ambiente. Os dois genitores apresentam estimativas negativas de CGC (Tabela 4) podendo indicar que esses genitores contribuíam na depreciação dessa característica. No ambiente de alta disponibilidade de P, a menor estimativa de CEC ocorreu no cruzamento BM 2202 x IMPACTO (-1749,20), resultado que pode ser explicado devido à baixa divergência genética entre os genitores, representada pelos maiores valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$  do ambiente (Tabela 5).

Para altura de planta (AP) no ambiente de baixa disponibilidade de P foram observados que cinco dos oito genitores apresentaram sinal positivo de  $\hat{S}_{ii}$ , contudo houve a mesma proporção de valores de heterose positivos e negativos. Quanto ao ambiente de alto P, também foi observada a superioridade dos valores negativos de  $\hat{S}_{ii}$ , denotando grande divergência entre os genitores para essa característica, no entanto, foi observado maior quantidade de valores negativos de heterose, fato desejável visto que o objetivo do melhoramento para essa característica é a sua diminuição, a fim de evitar o acamamento das plantas de milho.

A combinação P 30F53Y x TRUCK apresentou efeito máximo negativo da CEC para AP, no ambiente de baixa disponibilidade de P (-24,15). A participação dos genitores que apresentaram valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$  é uma hipótese para esse desempenho favorável da combinação híbrida. No ambiente de alta disponibilidade de P, a combinação AG 1051 x P 30F80 destacou-se das demais com relação ao valor da estimativa de CEC (-9,32). Essa combinação envolveu genitores com baixa diversidade genética devido aos altos valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$  (10,64 e 9,20 respectivamente), logo, quando combinados apresentam heterose negativa para essa característica, sendo que também houve a participação do genitor P 30F80, que possui a maior estimativa negativa de CGC do ambiente.

**Tabela 5.** Estimativa dos efeitos médios da capacidade específica de combinação para três características obtidas a partir de 56 tratamentos, avaliados em dois ambientes, em esquema de cruzamento dialélico completo envolvendo oito genitores.

Efeitos ( $\hat{S}_{ii}$ e $\hat{S}_{ij}$ ) <sup>1</sup>	Caracteres Avaliados <sup>2</sup>					
	PROD		AP		AE	
	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
1 x 1	-775,46	100,98	-7,25	-9,54	-7,63	-37,48
1 x 2	-111,43	265,20	-6,04	4,35	-12,26	18,54
1 x 3	232,45	-448,65	-2,06	-8,45	4,46	5,14
1 x 4	-222,13	655,72	-2,62	-5,42	-4,10	-3,42
1 x 5	-145,11	-174,40	19,02	11,20	9,98	7,46
1 x 6	496,07	592,11	13,91	1,82	13,86	-1,37
1 x 7	669,06	-121,34	-10,53	-4,04	0,80	-4,15
1 x 8	-143,44	-869,63	-4,42	10,07	-5,11	15,28
2 x 2	23,48	-838,08	-16,83	-9,23	0,11	-13,42
2 x 3	548,07	722,21	-1,55	-3,29	-9,16	-9,12
2 x 4	-735,30	963,63	-13,36	-0,76	-2,72	3,26
2 x 5	-476,78	-500,48	7,78	-1,14	7,55	-3,00
2 x 6	-85,45	835,18	16,68	0,98	3,99	0,86
2 x 7	822,38	-687,63	6,43	11,35	6,67	14,33
2 x 8	15,03	-760,02	6,88	-2,26	5,81	-11,43
3 x 3	982,96	-2297,68	-6,36	10,64	-18,43	5,27
3 x 4	-734,51	-303,51	13,56	3,17	-9,25	8,41
3 x 5	-891,45	-744,63	-1,73	-2,20	0,28	1,09
3 x 6	-722,86	694,73	-21,38	-9,32	8,46	8,71
3 x 7	-124,02	1512,11	18,71	4,29	15,15	-15,87
3 x 8	709,36	865,42	0,81	5,17	8,48	-3,63
4 x 4	1107,00	497,06	-12,49	7,70	6,43	5,04
4 x 5	82,76	-277,91	2,45	3,82	-3,78	-5,02
4 x 6	-343,09	87,15	-3,95	-6,29	-0,84	-9,40
4 x 7	428,44	127,04	6,15	3,32	3,08	0,06
4 x 8	416,83	-1749,20	10,25	-5,54	11,17	1,05
5 x 5	418,73	375,11	0,40	-0,04	0,60	-1,58
5 x 6	-843,52	745,18	3,00	0,57	-1,06	2,78
5 x 7	174,46	-494,23	-24,15	-9,29	-17,83	-0,45
5 x 8	1680,90	1071,37	-6,79	-2,92	4,25	-1,26
6 x 6	2848,61	-179,65	-2,30	9,20	-15,62	-0,35
6 x 7	180,95	-1040,21	0,69	-0,17	-1,94	2,41
6 x 8	-1530,70	-1734,50	-6,65	3,20	-6,85	-3,64
7 x 7	-1785,91	-35,97	5,29	-4,54	2,73	5,58
7 x 8	-365,36	740,23	-2,60	-0,92	-8,67	-1,92
8 x 8	-782,62	2436,33	2,50	-6,79	-9,08	5,56

<sup>1</sup>= 1: AG 2040; 2: AG 8060; 3: AG 1051; 4: BM 2202; 5: P 30F53Y; 6: P 30F80; 7: TRUCK e 8: IMPACTO; <sup>2</sup>= PROD: produção de grãos em kg. ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta; AE: altura de espiga.

A combinação híbrida AG 2040 x P 30F53Y, no ambiente de baixo P comportou-se de maneira contrária, apresentando estimativas positivas de CEC em AP. O que pode ser justificado pela participação do genitor que ostenta uma das maiores estimativas positivas de CGC. No ambiente de alto P, a combinação AG 8060 x TRUCK apresentou estimativas positivas de CEC (11,35), desempenho justificado pela grande divergência genética entre os genitores, representado pelos valores negativos de  $\hat{S}_{ii}$ .

Quanto à altura de espiga (AE), pode-se notar que em ambos os ambientes a metade dos genitores apresentaram sinais positivos de  $\hat{S}_{ii}$  o que resultou na mesma proporção de valores de heterose positivos e

negativos, posto que o esperado para essa característica é a redução na altura de inserção da espiga, procura-se desta maneira, valores de heterose negativos. A combinação P 30F53Y x TRUCK (-17,83) se destacou no ambiente com baixo P envolvendo genitores com baixa diversidade genética devido aos altos valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$  (0,60 e 2,73, respectivamente), logo quando combinados apresentaram heterose negativa para essa característica.

No ambiente de alto P, a combinação AG 1051 x TRUCK se destacou com o maior valor negativo de CEC (Tabela 5). Esta combinação também apresentou genitores com valores positivos de  $\hat{S}_{ii}$ . Porém o que

chama a atenção é a participação do genitor TRUCK, nas duas combinações híbridas que alcançaram os maiores valores negativos de  $\hat{S}_{ij}$  nos dois ambientes para a característica de AE. Logo esse genitor contribuiu de forma positiva para a redução da altura de inserção de espigas.

As combinações AG 8060 x AG 1051 e P 30F53Y e IMPACTO apresentam potencial para produção de grãos considerando-se as características avaliadas visto que apresentam valores positivos para PROD e valores negativos para AP e AE (Tabela 5).

Os efeitos de CEC, apesar de serem úteis na indicação das melhores combinações híbridas, não especificam qual dos genitores deverá ser utilizado como genitor masculino ou feminino nas combinações híbridas (CRUZ et al., 2004). Todavia, assim avaliamos os efeitos recíprocos para elucidar as escolhas dos genitores. Na tabela 6, estão apresentadas as estimativas dos efeitos recíprocos. Observa-se que as combinações recíprocas apresentaram valores superiores aos

encontrados nas combinações híbridas ( $\hat{S}_{ij}$ ), para as características PROD, em ambos os ambientes e AE, no ambiente de baixo P.

Quanto à característica PROD o cruzamento recíproco AG 2040 x TRUCK apresentou a maior média do efeito  $\hat{r}_{ij}$ , associado à esta combinação híbrida no ambiente de baixo P (2355,50) sendo superior em 28,6% em relação à maior média encontrada nas combinações híbridas ( $\hat{S}_{ij}$ ) (1680,90), resultado do cruzamento P 30F53Y x IMPACTO. Observa-se que para o aumento dessa característica no ambiente com estresse de fósforo, o híbrido TRUCK deve ser utilizado como genitor feminino. O cruzamento AG 8060 x P 30F53Y ( $\hat{r}_{ij}$ ) apresentou valor bem superior (24,6%) ao do seu cruzamento  $\hat{S}_{ij}$ , no ambiente de alto P, indicando que para o ambiente de alto fósforo o híbrido P 30F53Y deve ser utilizado como genitor feminino, concluindo que a escolha entre o genitor masculino e feminino pode variar conforme o ambiente.

**Tabela 6.** Estimativa dos efeitos médios recíprocos para três características obtidas a partir de 56 tratamentos, avaliados em dois ambientes, em esquema de cruzamento dialélico completo envolvendo oito genitores.

Efeitos( $\hat{r}_{ij}$ ) <sup>1</sup>	Caracteres Avaliados <sup>2</sup>					
	PROD		AP		AE	
	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P	Baixo P	Alto P
1 x 2	-492,35	513,30	-3,05	12,75	-0,45	-3,75
1 x 3	-1008,55	-700,75	-12,70	12,25	-4,65	6,25
1 x 4	295,30	-1214,25	-7,50	22,75	-1,90	-5,00
1 x 5	463,75	50,60	-0,05	27,25	2,75	2,75
1 x 6	-1117,40	-851,55	-10,70	11,50	-10,50	-2,10
1 x 7	2355,50	952,60	-8,05	13,75	-18,30	4,45
1 x 8	-914,05	-418,10	-21,50	26,00	-14,45	17,50
2 x 3	-929,70	-360,00	2,50	7,25	10,30	3,20
2 x 4	-428,65	-155,45	10,00	-3,75	-6,95	-9,50
2 x 5	-591,80	2007,00	2,45	0,25	-5,50	9,00
2 x 6	559,00	-620,60	1,25	15,50	-5,80	13,45
2 x 7	-123,05	-1370,90	-7,75	-5,00	-11,85	-9,85
2 x 8	576,75	-1400,80	-5,00	14,50	-3,95	16,50
3 x 4	-27,15	-515,60	34,25	-2,50	15,50	-3,95
3 x 5	-1605,35	90,15	19,25	-4,50	3,20	-4,00
3 x 6	-2280,00	1593,55	46,00	29,00	-4,85	10,20
3 x 7	991,45	-866,75	-5,75	3,75	-1,40	4,45
3 x 8	-101,10	1573,75	-3,25	10,25	-4,80	15,30
4 x 5	65,30	-381,00	21,75	2,50	8,95	-5,30
4 x 6	-192,50	82,60	-2,25	27,00	4,15	17,40
4 x 7	-641,05	-286,60	13,50	3,75	-4,65	5,20
4 x 8	-595,70	-164,25	2,00	16,5	3,20	3,80
5 x 6	107,00	-541,60	17,00	25,25	13,70	-2,55
5 x 7	66,40	1598,10	10,50	18,00	0,20	7,95
5 x 8	-185,40	-792,70	1,75	10,50	12,05	-1,25
6 x 7	-137,35	-1643,25	12,75	-1,75	2,95	1,50
6 x 8	-14,35	82,35	24,20	-1,25	14,80	-0,45
7 x 8	-167,60	-301,10	18,50	-1,75	6,85	-1,40

<sup>1</sup>= 1: AG 2040; 2: AG 8060; 3: AG 1051; 4: BM 2202; 5: P 30F53Y; 6: P 30F80; 7: TRUCK e 8: IMPACTO; <sup>2</sup>= PROD: produção de grãos em kg ha<sup>-1</sup>; AP: altura de planta; AE: altura de espiga.

Com relação à característica AE, a maior média negativa do efeito  $\hat{f}_{ij}$  do cruzamento recíproco foi 2,57% superior em relação a maior média negativa da CEC ( $\hat{S}_{ij}$ ), para o ambiente de baixo P. Essa maior média foi proveniente da combinação recíproca AG 2040 x TRUCK, denotando que o híbrido TRUCK deve ser utilizado como genitor feminino para se alcançar altas magnitudes para esta característica.

De outro modo, na característica AP os maiores valores observados nas combinações híbridas ( $\hat{S}_{ij}$ ) superaram em 11 e 46,3% aos maiores valores das combinações recíprocas, frutos do cruzamento entre P 30F53Y x TRUCK em baixo P e AG 1051 x P 30F80, no ambiente de alto P (Tabela 5). Tal fato demonstra que para essa característica não houve a manifestação do efeito recíproco.

Diante do que foi exposto é importante destacar que a escolha correta do genitor feminino é um aspecto decisivo no comportamento da combinação híbrida, uma vez que o efeito materno detectado se tornou pronunciado e decisivo para a manifestação da maioria das características avaliadas com a finalidade de aumentar a produtividade do milho.

#### 4. Conclusões

O germoplasma comercial utilizado tem potencial para seleção de genitores de milho para produção de grãos por meio de populações obtidas de gerações avançadas.

A estratégia da capacidade de combinação dos genitores mostrou-se eficiente para identificar as combinações híbridas que associaram produtividade e características para produção de grãos.

Os efeitos não aditivos foram mais importantes que os efeitos aditivos para a variação dos genótipos para a característica produtividade de grão.

O híbrido AG 8060 possui maior concentração de alelos favoráveis no incremento da característica produtividade de grãos, sendo indicado para a formação de novas populações de polinização aberta com a finalidade de produção de grãos.

As combinações híbridas AG 8060 x AG 1051 e P 30F53Y x IMPACTO associam altas estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação em todas as características avaliadas, sendo promissor à produção de grãos.

#### Referências Bibliográficas

- BANZIGER, M.; BETRAN F.J.; H.R. LAFITTE. Efficiency of high-nitrogen selection environments for improving maize for low-nitrogen target environments. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 1103-1109, 1997.
- BERTIN, P.; GALLAIS, A. Genetic variation for nitrogen use efficiency in a set of recombinant maize inbred line I. **Agrophysiological results. Maydica**, Bergamo, v. 45, p. 53-66, 2000.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. 5. ed. Viçosa-MG: UFV, 2009. p. 529.
- CANCELLIER, L. L.; AFFÉRI, F. S.; DOTTO, M. A.; CARVALHO, E. V.; DUTRA, D. P.; CORNÉLIO, G. L. Avaliação de top crosses de milho no sul do Tocantins. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. Recife-PE, v. 6, n. 4, p. 567-564, 2011.
- COELHO, A. M.; FRANÇA, G. E. **Seja o doutor do seu milho: nutrição e adubação**. 2 ed. **Informações Agrônomicas**, Piracicaba-SP, n. 71, p. 1-9, 1995.
- COIMBRA, R. R.; MARTINS, E. C. A.; MIRANDA, G. V.; NAOE, L. K.; CARDOSO, E. A.; ARCHANGELO, E. R. Capacidade de combinação de genótipos de milho para solos com baixos níveis de fertilidade. **Revista de Ciências Agrárias**, Belém-PA, v. 50, n. 50, p. 23-33, 2008.
- CONAB. COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra de Brasileira de grãos: milho total (1ª e 2ª safra)**, Oitavo levantamento, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/noticias/conab-preve-supersafra-de-232-milhoes-de-toneladas-de-graos/boletim-graos-maio-2017.pdf>>. Acesso em 01 Ago. 2017.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa-MG: UFV, 2004. 480 p.
- CRUZ, D. C. **Programa Genes - Aplicativo computacional em genética e estatística**. Viçosa-MG: Editora UFV, 2007. 394 p.
- DOVALE, J. C.; FRITSCHÉ-NETO, R.; SILVA, P. S. L. Índice de seleção para cultivares de milho com dupla aptidão: minimilho e milho verde. **Bragantia**, Campinas-SP, v. 70, n. 4, p. 781-787. 2011.
- FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. New York: Longman, 1996. 464 p.
- FERREIRA, G. D. G.; EMILE, J. C.; BARRIÈRE, Y.; JOBIM, C. C. Caracterização morfoanatômica do colmo de híbridos de milho para avaliar a qualidade de silagem. **Acta Scientiarum Animal Sciences**, Maringá-PR, v. 29, n. 3, p. 249-254, 2007.
- GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. **Tecnologias de Produção de Milho**. Viçosa-MG: Editora: UFV – Universidade Federal de Viçosa, 2004. 336 p.
- GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal Biology Science**, Melbourne, v. 9, n. 1, p. 463-493, 1956.
- KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Jaboticabal-SP: Fondo de Cultura Econômica, 1948. 479 p.

- NASCIMENTO, M. M. A.; TABOSA, J. N.; TAVARES FILHO, J. J. Avaliação de cultivares de milho no agreste semi-árido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande-PB, v. 7, n. 1, p. 53-56, 2003.
- PELUZIO, J. M.; MONTEIRO, F. J.; BARBOSA, V. S.; LOPES, L. A.; AFÉRI, F. S.; MELO, A. V.; FIDÉLIS, R. R. Desempenho de cultivares de soja na região centro-sul do estado do Tocantins – safra 2007/08. **Bioscience Journal**, Uberlândia-MG, v. 26, n. 5, p. 675-682, 2010.
- PIMENTEL GOMES, F. **Curso de Estatística Experimental**. 14. ed. Piracicaba-SP: Degaspari, 2000. 477p.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5ª Aproximação**. Viçosa-MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. 359 p.
- RODRIGUES, F.; VON PINHO R. G.; ALBURQUERQUE, C. J. B.; FÁRIA FILHO, E. M.; GOULART, J. C. Capacidade de combinação entre linhagens de milho visando à produção de milho verde. **Bragantina**, Campinas-SP, v. 68, n. 1, p. 75-84, 2009.
- SEIFERT, A. L.; CARPENTIERI-PIPOLO, V.; FERREIRA, J. M.; GERAGE, A. C. Análise combinatória de populações de milho pipoca em *Top Crosses*. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 41, n. 5, p. 771-778, 2006.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; CUNHA, T. J. F.; OLIVEIRA, J. B. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília-DF: Embrapa, 2013. 353 p.
- 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. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza-CE, v. 42, n. 1, p. 168-174, 2011.
- SOUZA L. V.; MIRANDA G. V., GALVÃO J. C. C., GUIMARÃES L. J. M., SANTOS, I. C. Combining ability of maize grain yield under different levels of environmental stress. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília-DF, v. 44, n.10, p. 1297-1303. 2009.
- SOUZA, L. V.; MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; DELIMA, R. O.; GUIMARÃES L. J. M.; ECKERT, F. R.; MANTOVANI, E. E. Inter-relações de nitrogênio e fósforo na capacidade de combinação e na seleção em milho. **Revista Ceres**, Viçosa-MG, v. 57, n. 5, p. 633-641, 2010.
- VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto-SP: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496 p.