

LUCIMAR RODRIGUES DE OLIVEIRA

**SELEÇÃO DE GENITORES DE MILHO PARA SISTEMA DE  
PRODUÇÃO ORGÂNICO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2005

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

T

O48s  
2005

Oliveira, Lucimar Rodrigues de, 1974-  
Seleção de genitores de milho para sistema de produ-  
ção orgânico / Lucimar Rodrigues de Oliveira.  
– Viçosa : UFV, 2005.  
x, 29f. : il. ; 29cm.

Orientador: Glauco Vieira Miranda.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de  
Viçosa.

Referências bibliográficas: f. 26-29.

1. Milho - Melhoramento genético. 2. Milho - Seleção.  
3. Fertilizantes orgânicos. 4. Milho - Rendimento.  
I. Universidade Federal de Viçosa. II. Título.


CDD 22.ed. 633.152

LUCIMAR RODRIGUES DE OLIVEIRA

**SELEÇÃO DE GENITORES DE MILHO PARA SISTEMA DE  
PRODUÇÃO ORGÂNICO**

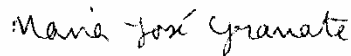
Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 2 de agosto de 2005.

  
\_\_\_\_\_  
Prof. João Carlos Cardoso Galvão  
(Conselheiro)

  
\_\_\_\_\_  
Pesq. Izabel Cristina dos Santos  
(Conselheira)

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Valterley Soares Rocha

  
\_\_\_\_\_  
Pesq. Maria José Granate

  
\_\_\_\_\_  
Prof. Glauco Vieira Miranda  
(Orientador)

***A Deus,  
Ofereço***

***Aos meus pais, José Valter (in memoriam) e Geny,  
e às minhas irmãs, Lilia e Luziane,  
Dedico***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo privilégio da vida.

Aos meus pais, José Valter de Oliveira (*in memoriam*) e Geny Rodrigues de Oliveira, e às minhas irmãs, Lilia e Luziane, pelo carinho, pela compreensão e pelo incentivo à realização de mais uma etapa de minha vida.

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade de realização deste curso.

À CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), pela concessão da bolsa de estudos.

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

À pesquisadora Izabel Cristina dos Santos, pela amizade e pela valiosa contribuição para realização deste trabalho.

Ao professor João Carlos Cardoso Galvão, pela amizade, pelos ensinamentos e pela contribuição para a realização deste trabalho.

Ao professor Valterley Soares Rocha e à pesquisadora Maria José Granate, pela participação na banca de defesa de tese e pelas sugestões.

Aos companheiros do Programa Milho, de todas as gerações, Leandro, Lauro, Aurélio, Fernanda, Cleiton, Ronaldo, Helber, Felipe, Birigui, Fidelis, Marília, Robert, Raimundo, José Roberto, Fernando, Marcelo, Joyce, Julien, Flávia, Ciro, Eder, Alessandro, Anastácia, Manuel, Marcel, Jorge, Helder,

Jéferson, Gustavo, Priscila e Michele, pelo apoio e pela certeza de tê-los sempre como amigos.

Às amigas Eny (*in memoriam*), Tatiana e Tereza, pela amizade e pelo companheirismo.

Aos funcionários do Departamento de Fitotecnia.

A todos os meus familiares e amigos, pelo apoio e pela amizade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para realização deste trabalho.

Muito obrigada.

## **BIOGRAFIA**

LUCIMAR RODRIGUES DE OLIVEIRA, filha de José Valter de Oliveira e Geny Rodrigues de Oliveira, nasceu em Alpinópolis, Estado de Minas Gerais, em 26 de abril de 1974.

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

Em 2003, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do professor Glauco Vieira Miranda, defendendo tese em agosto de 2005.

Em agosto de 2005, iniciou o Programa Pós-Graduação em Fitotecnia, em nível de Doutorado, na Universidade Federal de Viçosa, sob a orientação do professor Glauco Vieira Miranda.

## CONTEÚDO

	<b>Página</b>
RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	3
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	8
3.1. <i>Obtenção das combinações híbridas</i> .....	8
3.2. <i>Condução dos ensaios</i> .....	9
3.3. <i>Análises estatísticas</i> .....	10
3.3.1. <i>Análises de variância</i> .....	10
3.3.2. <i>Análises dialélicas</i> .....	11
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	13
4.1. <i>Análise de variância individual</i> .....	13
4.2. <i>Análise de variância conjunta</i> .....	16
4.3. <i>Análise dialélica conjunta</i> .....	17
5. CONCLUSÕES .....	23
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26

## RESUMO

OLIVEIRA, Lucimar Rodrigues, M.S., Universidade Federal de Viçosa, agosto de 2005. **Seleção de genitores de milho para sistema de produção orgânico.** Orientador: Glauco Vieira Miranda. Conselheiros: Izabel Cristina dos Santos e João Carlos Cardoso Galvão.

Os objetivos deste trabalho foram avaliar, em sistema orgânico de produção, o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento; comparar o controle genético da produtividade de grãos em sistemas orgânico e convencional de produção; e definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares em sistema orgânico de produção. Os ensaios foram instalados em novembro, no Campo Experimental Diogo Alves de Mello (ambiente orgânico) e na Estação Experimental do Aeroporto (ambiente convencional). O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, com três repetições. Cada parcela foi constituída de duas fileiras de 5 m, espaçadas em 0,90 m; entre as plantas o espaçamento foi de 0,20 m. A não-significância do efeito ambiente para produtividade de grãos caracterizou que os ambientes não foram contrastantes, mas a significância dos efeitos das interações tratamentos x ambientes e combinações híbridas x ambientes evidenciou que as diferenças entre as médias dos tratamentos e das combinações híbridas foram influenciadas pelos ambientes, sendo possível a seleção, visando a otimização do potencial produtivo. A não-significância do contraste (combinações híbridas *versus* testemunhas) x ambientes para

produtividade de grãos mostrou a viabilidade comercial das combinações híbridas. A interação capacidade geral de combinação x ambientes, significativa para as características produtividade de grãos, altura de plantas e número de espigas, indicou que os efeitos genéticos aditivos foram diferentes nos ambientes orgânico e convencional. No ambiente orgânico os cultivares AG 1051 e AL 25 foram os que apresentaram maiores valores de capacidade geral de combinação e no convencional, os cultivares AG 1051, AG 4051 e AL 25. O efeito isolado da capacidade específica de combinação foi significativo para produtividade de grãos e altura de plantas. As combinações híbridas que se destacaram quanto à produtividade no ambiente orgânico foram AG 1051 x AL 25 ( $7.974 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e AG 1051 x D 170 ( $7.621 \text{ kg ha}^{-1}$ ); e no convencional, AG 1051 x AG 4051 ( $6.868 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e D 270 x AG 4051 ( $6.367 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Assim, conclui-se que no ambiente orgânico os cultivares AG 1051 e AL 25 são os mais indicados como genitores; os efeitos genéticos aditivos e não-aditivos são importantes, porém os efeitos aditivos são mais importantes do que os não-aditivos para produtividade de grãos em ambiente orgânico e convencional; os grupos heteróticos utilizados no ambiente convencional podem ser usados no ambiente orgânico; e a seleção recorrente recíproca, visando a otimização do potencial produtivo, é a melhor estratégia de melhoramento de milho para ambiente orgânico.

## ABSTRACT

OLIVEIRA, Lucimar Rodrigues, M.S., Universidade Federal de Viçosa, August 2005. **Selection of maize parents for organic production system.** Adviser: Glauco Vieira Miranda. Committee Members: Izabel Cristina dos Santos and João Carlos Cardoso Galvão.

The objectives of this work were to evaluate, under an organic production system, the potential use of commercial maize cultivars as parents for breeding programs; to compare the genetic control of grain yield under organic and conventional production systems; and to define the best strategy for cultivar development under organic production system conditions. The trials were installed in November at the Diogo Alves de Mello Experimental Field (organic environment) and at the Airport Experimental Station (conventional environment). The experimental design used was randomized blocks, with three repetitions. Each plot was constituted of two 5 m rows spaced 0.90 apart; between the plants, the spacing was 0.20 m. The non-significance of the effect environment for grain yield characterized the environments as not contrasting, but the significance of the effects of the interactions treatments x environments and hybrid combinations x environments showed that the differences among the averages of the treatments and hybrid combinations were influenced by the environments, thus allowing selection aiming at productive potential optimization. The non-significance of the contrast (hybrid combinations vs

controls) x environments for grain yield showed the commercial viability of the hybrid combinations. The interaction general combining ability x environments, significant for the traits grain yield, plant height, and number of ears, indicated that the additive genetic effects were different under organic and conventional environment conditions. Under organic environment conditions, the cultivars AG 1051 and AL 25 presented the highest general combining ability values, and under conventional environment conditions, the cultivars AG 1051, AG 4051 and AL 25. The isolated effect of specific combining ability was significant for grain yield and plant height. The most outstanding hybrid combinations in relation to productivity in the organic environment were: AG 1051 x AL 25 (7,974 kg ha<sup>-1</sup>) and AG 1051 x D 170 (7,621 kg ha<sup>-1</sup>), and in the conventional were: AG 1051 x AG 4051 (6,868 kg ha<sup>-1</sup>) and D 270 x AG 4051 (6,367 kg ha<sup>-1</sup>). Thus, it was concluded that in the organic environment, the cultivars AG 1051 and AL 25 are the best indicated as parents; the additive and non-additive genetic effects are important but the former are more important than the latter for grain yield under organic and conventional environment conditions; the heterotic groups used in the conventional environment can be used in the organic environment; and reciprocal recurrent selection aiming at productive potential optimization is the best strategy for maize breeding under organic environment conditions.

## 1. INTRODUÇÃO

Os países com as maiores porcentagens da área total com agricultura orgânica são Argentina, Uruguai, Costa Rica e Chile. Em termos de número de produtores orgânicos, o destaque é para Peru, Brasil, Bolívia e Colômbia, caracterizados por pequenos produtores, o que evidencia a importância da agricultura familiar no contexto orgânico (AGROMIL, 2003).

O Brasil ocupa a 13<sup>a</sup> posição mundial quanto à área destinada à agricultura orgânica certificada, com mais de 275 mil hectares, e a demanda por produtos orgânicos certificados cresce cerca de 10% ao ano (SOUZA e ALCÂNTARA, 2000), justificando a necessidade de aumento na área para produção de produtos orgânicos, visando atender plenamente à demanda.

O milho é plantado em todo o território brasileiro, destacando-se das demais culturas por ocupar a segunda maior área cultivada no País. É matéria-prima essencial nas cadeias produtivas de carnes (suínos, aves e bovinos), ovos e leite, na fabricação de óleos e farinhas e na produção de milhos especiais (milho-verde, milho pipoca e minimilho) (GALVÃO e MIRANDA, 2004a; MIRANDA e GALVÃO, 2005; MIRANDA *et al.*, 2005a, b). Assim, a produção de milho no sistema orgânico tende a crescer, formando uma estratégia de produção orgânica efetiva capaz de fornecer matéria-prima para produção de outros produtos orgânicos, como aves, suínos e leite.

A produtividade média de grãos de milho no Brasil está em torno de 3.280 kg ha<sup>-1</sup> (AGRIANUAL, 2005), que é considerada baixa. A característica

produtividade de grãos é altamente influenciada pelo ambiente (ALLARD, 1971). Desta forma, para indicação de cultivares para sistemas orgânicos faz-se necessário realizar a seleção das populações no ambiente orgânico, para otimizar a interação genótipos x ambientes.

Um dos problemas mais constantes para produção de produtos orgânicos, entre eles o milho, é a falta de interesse e a restrita disponibilidade de cultivares destinados à lavoura certificada organicamente. A disponibilidade de cultivares adaptados é vital para o incremento da atividade neste sistema de produção.

Com isso, os objetivos deste trabalho foram:

- avaliar, em sistema de produção orgânico, o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento;
- comparar o controle genético da produtividade de grãos em sistemas convencional e orgânico; e
- definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares em sistema de produção orgânico.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

Numa análise comparativa entre o tamanho de área manejada sob o sistema orgânico e o número de propriedades orgânicas é possível perceber que a maior parte do volume da produção orgânica mundial ainda é proveniente de pequenas e médias propriedades (AGROMIL, 2003).

A produção orgânica de milho pode ser recomendada a qualquer produtor, porém em grandes áreas, principalmente quando se faz adubação com composto orgânico, é considerada de uso restrito por proporcionar graves problemas de execução, devido à quantidade de adubo e à sua forma de aplicação no solo (GALVÃO, 1998).

No Brasil existem mais de 50 variedades de produtos orgânicos certificados *in natura* e processados, podendo-se citar, entre outros, açúcar, algodão, arroz, cacau, aveia, citros, café, hortaliças, milho, soja (CAMPANHOLA e VALARINI, 2001). Os principais produtos orgânicos exportados são café, cacau, soja, açúcar mascavo, erva-mate, suco de laranja, óleo de dendê, frutas secas, castanha de caju e guaraná. As últimas estimativas indicam que as exportações brasileiras já atingem cerca de U\$\$ 100 milhões anuais, sendo 80% dos produtos originários de médios produtores, 10% de pequenos e 10% de grandes produtores rurais (PLANETA ORGÂNICO, 2000).

O estudo e a seleção de populações mais adaptadas a sistemas orgânicos e que apresentem maior tolerância às doenças e pragas, que sejam

mais eficientes na absorção de nutrientes e tenham maior capacidade de competição com as plantas daninhas são aspectos que necessitam ser contemplados pela pesquisa, para que sejam alcançadas maiores produtividades (SOUZA, 1998).

O desenvolvimento de híbridos tem sido um importante fator para o aumento da produtividade, por isso os programas de melhoramento vêm se esforçando para o desenvolvimento deste tipo de cultivar (CASTELLANOS *et al.*, 1998). O sucesso de um programa de melhoramento está diretamente relacionado com o progresso genético dos novos cultivares. Uma população melhorada, ou seja, que possui alta frequência de alelos favoráveis, tem maior probabilidade de fornecer linhagens superiores, que mostrem substancial heterose quando cruzadas (RUSSELL, 1961).

Para otimização do potencial produtivo, por meio da obtenção de híbridos, normalmente são realizados cruzamentos entre linhagens de diferentes grupos heteróticos, que são determinados pelos melhoristas de forma que seja maximizada a divergência genética entre eles. Entre as maneiras para determinar esses grupos, em espécies autógamas, as mais comuns baseiam-se em cruzamentos de linhagens e, mais recente, no uso de marcadores moleculares (MIRANDA, 1998).

No Brasil, resultados apresentados por Vencovsky *et al.* (1988) mostram que a estimativa do progresso genético para híbridos comerciais de milho foi equivalente a 2% ao ano. Resultados semelhantes foram encontrados por Alliprandini *et al.* (1998), mostrando que os ganhos genéticos com a cultura do milho no Estado de São Paulo foram de 2,7% ao ano.

Uma das etapas de maior importância dentro do programa de melhoramento de plantas é a seleção de genitores (BORÉM e MIRANDA, 2005). Os cruzamentos dialélicos são muito utilizados em programas de melhoramento, por fornecerem informações sobre o tipo de ação gênica predominante e por avaliarem a heterose e as capacidades de combinação geral e específica entre os genótipos, além de auxiliar o melhorista na escolha da melhor estratégia de melhoramento. Eles permitem conhecer o potencial genético relativo das variedades *per se* e em cruzamentos, o que é de grande auxílio na escolha de populações e métodos de melhoramento inter e intrapopulacional a serem utilizados.

Devido à grande influência do ambiente no caráter quantitativo, ao reproduzir o genótipo em um grande número de indivíduos, em um dado ambiente, a média fenotípica irá se aproximar da média do valor genotípico, possibilitando a identificação dos melhores indivíduos. Esse conceito é válido também para populações, pois se o cultivar for avaliado numa gama ampla de repetições, a média geral resultante refletirá, com segurança suficiente, o potencial genotípico desse cultivar (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992).

O desenvolvimento de híbridos superiores depende da capacidade de combinação das linhagens envolvidas na produção desses, devendo-se ressaltar que a obtenção de híbridos que expressam alta magnitude da heterose é maior nos cruzamentos entre linhagens não-aparentadas do que entre as aparentadas (HALLAUER, 1990), mostrando que a utilização de padrões heteróticos em programas de melhoramento, visando a obtenção de híbridos de milho, constitui uma estratégia que permite explorar e capitalizar a heterose.

Na cultura do milho, o uso da análise de cruzamento dialélico tem sido a melhor e mais completa informação sobre o comportamento das linhagens em combinações híbridas, 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 e, portanto, auxiliando o melhorista na escolha da melhor estratégia de melhoramento (CRUZ e REGAZZI, 1997).

Em cruzamentos dialélicos, o desempenho das combinações híbridas de um genitor, em relação à média, está associado ao efeito de capacidade geral de combinação (CGC), aos efeitos genéticos aditivos e à frequência de genes favoráveis deste genitor, enquanto os efeitos genéticos não-aditivos, estimados pela capacidade específica de combinação (CEC), estão associados à dominância, à epistasia e aos desvios do que seria esperado em relação à capacidade geral de combinação de dois genitores em combinações híbridas específicas (SPRAGUE e TATUM, 1942).

As baixas estimativas de CGC indicam genótipos com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos no sistema dialélico, enquanto altos valores, com sinal positivo ou negativo, indicam genótipos melhores ou piores que os restantes, o que evidencia a importância dos genes

de efeitos predominantemente aditivos, e altos valores de CEC com sinal positivo ou negativo, indicam que algumas combinações específicas são melhores ou piores que o esperado, baseando-se na CGC dos genitores (SPRAGUE e TATUM, 1942).

Entre os métodos utilizados para realização da análise dialélica, os mais empregados na cultura do milho são os de Griffing (1956). O autor propôs metodologias para estimação dos efeitos de capacidade geral e específica de combinação, apresentando quatro métodos experimentais que utilizam informações obtidas a partir do cruzamento entre  $g$  genitores. O método 1 inclui a avaliação dos  $g$  genitores, seus híbridos F1 e os híbridos recíprocos, totalizando  $g^2$  combinações. No método 2 são analisados os  $g$  genitores e os híbridos F1, porém sem seus recíprocos, totalizando  $g(g+1)/2$  combinações. No método 3, as avaliações são dos híbridos F1 e seus recíprocos, obtendo-se  $g(g-1)$  combinações híbridas, porém neste método os genitores não são avaliados. No método 4, avaliam-se apenas os híbridos F1, faltando tanto seus recíprocos quanto os genitores, totalizando  $g(g-1)/2$  combinações híbridas. Cada um desses métodos pode ser analisado, considerando modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores.

Existem duas linhas de pensamento relativas ao significado e à utilidade das estimativas das capacidades gerais e específicas de combinação (ROBERTSON, 1963). A primeira, a linha da genética quantitativa estatística, considera que as linhagens genitoras devem representar amostras aleatórias de populações em equilíbrio de Hardy-Weinberg. Este equilíbrio ocorre quando uma população suficientemente grande está sob acasalamento ao acaso, e na ausência de migração, mutação e seleção suas frequências gênicas e genóticas tornam-se constantes, após sucessivas gerações de acasalamento ao acaso. Neste caso, as variâncias genéticas dos efeitos aditivos poderiam ser consideradas estimativas dos efeitos da população. A segunda, que é a linha do melhoramento, visa o desenvolvimento de cultivares superiores, sem a preocupação com estruturas predeterminadas em relação às populações-base. O interesse está mais direcionado para o tipo de ação genética dentro do grupo de linhagens selecionadas (GUIMARÃES, 2004).

O uso de uma amostra aleatória de linhagens em programas de melhoramento de milho não seria interessante, pois neste conjunto faltariam

qualidades essenciais, que limitam sua utilidade comercial (SPRAGUE, 1967). O autor sugere que os objetivos do melhorista seriam mais facilmente alcançados se fosse utilizado um grupo de linhagens selecionadas, pois estas já concentrariam altas freqüências de genes favoráveis, possibilitando, assim, a exploração de diferentes tipos de ação gênica. Essas informações podem ser bastante úteis na condução de testes ou na escolha de combinações, que, por sua vez, podem ser úteis no processo de condução das gerações de autofecundação e seleção das linhagens mais promissoras.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Obtenção das combinações híbridas

Foram selecionados seis cultivares comerciais de milho, oriundos de diferentes programas de melhoramento, com potencial produtivo satisfatório: AG 4051, AL 30, AL 25, D 270, D 170 e AG 1051 (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização dos cultivares comerciais de milho utilizados no experimento

Cultivares	Tipo	Ciclo	Tipo de grão
AG1051 <sup>1,2</sup>	Híbrido duplo	Semiprecoce	Dentado
D170 <sup>1,2</sup>	Híbrido triplo	Precoce	Dentado
D270 <sup>1</sup>	Híbrido simples modificado	Precoce	Dentado
AL25 <sup>1,2</sup>	Variedade	Semiprecoce	Semiduro
AL30 <sup>1</sup>	Variedade	Semiprecoce	Semiduro
AG4051 <sup>1</sup>	Híbrido triplo	Semiprecoce	Dentado
BR106 <sup>2</sup>	Variedade	Semiprecoce	Semidentado
BR201 <sup>2</sup>	Híbrido duplo	Precoce	Semidentado
UFVM100 <sup>2</sup>	Variedade	Precoce	Semidentado

<sup>1</sup> Genitor e <sup>2</sup> testemunha.

Para avaliá-los quanto à capacidade de combinação foram obtidas as combinações híbridas, utilizando o esquema de dialelo completo, em bloco de cruzamento instalado no Campo Experimental Diogo Alves de Mello,

pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Viçosa, no primeiro semestre de 2002. Os cruzamentos foram feitos no esquema de fileiras pareadas, sendo realizados manualmente planta a planta, de maneira que cada combinação híbrida foi representada por pelo menos 50 espigas. Os tratamentos culturais foram realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (FANCELLI e NETO, 2000).

### **3.2. Condução dos ensaios**

Em novembro de 2003, época mais indicada para a semeadura de milho na região da Zona da Mata de Minas Gerais, os ensaios foram instalados no Campo Experimental Diogo Alves de Mello (orgânico) e na Estação Experimental do Aeroporto (convencional), ambos pertencentes à Universidade Federal de Viçosa, utilizando o delineamento de blocos ao acaso, com três repetições.

A área orgânica vem sendo conduzida nesse sistema há três anos, de acordo com as normas estabelecidas pela Instrução Normativa nº 7 do Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. Neste ensaio, e nos anteriores, foi utilizado como forma de adubação composto orgânico distribuído nos sulcos de plantio, em quantidade equivalente a  $40 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , conforme indicação de Galvão (1998). O controle de plantas daninhas foi realizado com duas capinas manuais. Não foram realizadas adubações de cobertura com nitrogênio.

Cada parcela experimental foi constituída por duas linhas de 5 m. O espaçamento entre fileiras foi de 0,9 m e na linha de 0,20 m entre plantas, sendo o estande final estimado de  $55.000 \text{ plantas ha}^{-1}$ . Os tratamentos avaliados foram 15 combinações híbridas e seis cultivares comerciais como testemunhas.

No ensaio em ambiente convencional, foi utilizado o sistema de plantio direto. Na adubação de plantio foram utilizados  $400 \text{ kg ha}^{-1}$  da formulação 8-28-16 e na adubação de cobertura  $60 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, parcelada em duas vezes, metade no estágio fenológico de quatro folhas e a outra metade no estágio de oito folhas completamente formadas. Os tratamentos culturais foram

realizados sempre que necessário, de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do milho (FANCELLI e NETO, 2000).

As características avaliadas foram:

- Peso de grãos (PG): em kg parcela<sup>-1</sup>, transformado para kg ha<sup>-1</sup> e corrigido para 13% de umidade.

- Altura da planta (AP): medida, em centímetros, após o pendoamento, da superfície do solo à inserção da folha bandeira, em cinco plantas competitivas por parcela.

- Altura da espiga (AE): medida, em centímetros, após o pendoamento, da superfície do solo à base da espiga superior no colmo, nas mesmas cinco plantas avaliadas para altura, por parcela.

- Estande Final (EF): número de plantas na época da colheita.

- Número de Espigas (NE): número de espigas colhidas em cada parcela.

### **3.3. Análises estatísticas**

Todas as análises estatísticas foram realizadas com o aplicativo computacional em genética e estatística, versão Windows (CRUZ, 2004).

#### **3.3.1. Análises de variância**

Para a análise de variância das características avaliadas em cada ambiente, os efeitos de cultivares foram considerados fixos e os demais, aleatórios.

O modelo estatístico adotado foi o seguinte:

$$Y_{ij} = \mu + t_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

em que

$Y_{ij}$  = valor observado no  $i$ -ésimo tratamento ( $i = 1, 2, \dots, t$ ), no  $j$ -ésimo bloco ( $j = 1, 2, \dots, r$ );

$\mu$  = média geral do ensaio;

$t_i$  = efeito do i-ésimo tratamento;  
 $b_j$  = efeito do j-ésimo bloco; e  
 $\varepsilon_{ij}$  = erro aleatório associado à observação  $Y_{ij}$ .

Também foram realizadas as análises conjuntas. Previamente a essas, foi verificada a homogeneidade das variâncias residuais, utilizando-se a relação de 7:1 entre a maior e a menor variância residual (GOMES, 2000). Uma vez que para todas as análises não foi verificada a superioridade da relação a esse limite, foi possível efetuar as análises conjuntas para todas as características, segundo o modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + (b/a)_{jk} + t_i + a_j + (ta)_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que

$Y_{ijk}$  = observação no k-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo tratamento e j-ésimo ambiente;

$\mu$  = média geral do ensaio;

$(b/a)_{jk}$  = efeito do bloco k dentro do ambiente j;

$t_i$  = efeito de tratamento i;

$a_j$  = efeito do ambiente j;

$(ta)_{ij}$  = efeito da interação entre o tratamento i e o ambiente j; e

$\varepsilon_{ijk}$  = erro aleatório associado à observação ijk.

Foi empregado o teste de agrupamento de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, para discriminação dos grupos entre os tratamentos.

### **3.3.2. Análises dialélicas**

A metodologia utilizada para estimar os efeitos de capacidade geral e específica de combinação foi a proposta por Griffing (1956), método 4, utilizando apenas as combinações híbridas.

Foram realizadas as análises dialélicas em cada ambiente, para todas as características avaliadas, empregando o modelo genético estatístico:

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

em que

$\mu$  = efeito da média geral;

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

$S_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação (CEC) entre os genitores  $i$  e  $j$ ;

$Y_{ij}$  = média experimental associada ao tratamento de ordem  $ij$ ; e

$\bar{\varepsilon}_{ij}$  = erro aleatório médio associado ao tratamento de ordem  $ij$ .

Também foi realizada a análise dialélica conjunta para todas as características avaliadas, empregando o modelo genético estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + G_j + S_{ij} + A_k + (GA)_{ik} + (GA)_{jk} + (SA)_{ijk} + \bar{\varepsilon}_{ijk}$$

em que

$\mu$  = efeito da média geral;

$G_i$  e  $G_j$  = efeitos da CGC associados ao  $i$ -ésimo e ao  $j$ -ésimo genitores;

$S_{ij}$  = efeito da CEC entre os genitores  $i$  e  $j$ ;

$A_k$  = efeito do ambiente  $k$ ; e

$(GA)_{ik}$  e  $(GA)_{jk}$  = efeitos da interação entre a CGC associados ao  $i$ -ésimo e ao  $j$ -ésimo genitor com os ambientes, respectivamente; e

$(SA)_{ijk}$  = efeito da interação entre a CEC, entre os genitores  $i$  e  $j$  e o ambiente.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Análise de variância individual

Os coeficientes de variação das características avaliadas encontram-se na faixa considerada média por Scapim *et al.* (1995), indicando adequada qualidade do conjunto de dados para inferência estatística (Tabelas 2 e 3).

No ambiente orgânico, o efeito de tratamentos foi significativo para todas as características (Tabela 2). As testemunhas apresentaram diferença estatística na produtividade de grãos, no estande final e no número de espigas. As combinações híbridas (CH) apresentaram comportamento estatisticamente diferente para as características altura de planta, altura de espiga, estande final e número de espigas. A não-significância das combinações híbridas para produtividade de grãos indica comportamento médio semelhante entre elas, portanto, a significância de tratamentos para esta característica foi devido à diferença estatística entre as testemunhas.

O contraste CH *versus* testemunhas foi significativo para quatro características, exceto para produtividade de grãos (Tabela 2). A não-significância do contraste CH *versus* testemunhas para produtividade de grãos mostra a semelhança no comportamento médio das testemunhas e das combinações híbridas, caracterizando a viabilidade comercial das CH devido às suas altas médias. Por outro lado, a significância dos contrastes para as

demais características mostra comportamento diferente das testemunhas e das CH para essas características.

A significância da capacidade geral de combinação para as características produtividade de grãos, altura de plantas, estande final e número de espigas (Tabela 2) indica a presença de alelos aditivos favoráveis específicos para o ambiente orgânico em alguns dos genitores avaliados, mostrando ser possível a seleção de genitores, com base nessas características, para ambiente orgânico. A não-significância para a característica altura de espigas indica o mesmo conjunto de alelos favoráveis entre os genitores. Portanto, algumas CH apresentaram desempenho mais adequado que as outras.

Tabela 2 – Resumo da análise de variância individual para as características: produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no ambiente orgânico

FV	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Blocos	2	1167160	1523	696	69	4.61
Tratamentos	(20)	3859423*	623**	488**	405**	255**
Combinções Híbridas (CH)	14	3097478 <sup>ns</sup>	478**	409**	201**	130*
CGC	5	5923344*	838*	801 <sup>ns</sup>	411*	266*
CEC	9	1526558 <sup>ns</sup>	278 <sup>ns</sup>	191*	84 <sup>ns</sup>	55 <sup>ns</sup>
Testemunhas	5	5459922*	255 <sup>ns</sup>	189 <sup>ns</sup>	709**	443**
CH versus Testemunhas	1	6524161 <sup>ns</sup>	4487**	3087**	1733**	1064**
Resíduo	40	1649853	150	89	69	55
Total	62					
Média Geral		5959,7	238,5	133,1	53,5	49,3
Média CH		6163,3	243,9	137,5	56,8	51,9
Média das Testemunhas		5450,9	225,2	122,0	45,2	42,8
CV (%)		21,55	5,13	7,09	15,57	15,14

<sup>ns</sup>, \*, \*\* não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Apenas para a característica altura de espigas, a capacidade específica de combinação foi significativa (Tabela 2), indicando a presença de heterose e, portanto, uma complementação gênica. Por outro lado, a não-significância da CEC indica que os efeitos aditivos dos alelos são superiores aos efeitos não-

aditivos neste conjunto de genitores para as características PG, AP, EF e NE em ambiente orgânico.

No ambiente convencional houve efeito de tratamentos para todas as características, exceto estande final (Tabela 3). O efeito das combinações híbridas (CH) foi estatisticamente significativo para as características PG e AE, indicando comportamento médio diferente entre elas. Houve diferença estatística entre as testemunhas quanto às características AP, AE, EF e NE. Portanto, a significância de tratamentos para produtividade de grãos foi devido à diferença entre as CH, e não entre as testemunhas. O contraste CH *versus* testemunhas foi estatisticamente significativo apenas para a característica AE; a não-significância desse contraste para as demais características mostra que o comportamento médio das testemunhas e das CH foi semelhante, no ambiente convencional.

Nesse ambiente, o efeito da CGC foi significativo apenas para PG, indicando a presença de alelos aditivos favoráveis, específicos para o ambiente convencional, enquanto o efeito da CEC foi significativo apenas para a característica AE (Tabela 3). Para a característica produtividade de grãos, os efeitos aditivos foram os de maior importância, enquanto para a característica AE os efeitos não-aditivos foram os mais importantes. A não-significância da CEC para as características PG, AP, EF e NE indica que os efeitos aditivos dos alelos são superiores aos efeitos não-aditivos nesse grupo de genitores.

A média das combinações híbridas (CH), para todas as características avaliadas, foi aproximadamente 10% maior no ambiente orgânico e maior que a média das testemunhas nos dois ambientes, mostrando a viabilidade comercial das combinações híbridas. Tal resultado permite inferir que as combinações híbridas possuem potencial para a produção orgânica, caracterizada pelo manejo diferenciado. Galvão (1995) relatou que a produtividade é influenciada pela adição de composto orgânico a partir do quarto ano de aplicação contínua, o que permite inferir que, provavelmente, as combinações híbridas podem expressar-se melhor em ambiente orgânico mais estabilizado.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância individual para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE) no ambiente convencional

FV	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Blocos	2	1156220	223	230	204	71
Tratamentos	(20)	2521076**	299*	292**	166 <sup>ns</sup>	82*
Combinções Híbridas (CH)	14	3145779**	253 <sup>ns</sup>	247**	75 <sup>ns</sup>	41 <sup>ns</sup>
CGC	5	5963440*	281 <sup>ns</sup>	193 <sup>ns</sup>	31 <sup>ns</sup>	30 <sup>ns</sup>
CEC	9	1580722 <sup>ns</sup>	236 <sup>ns</sup>	277*	100 <sup>ns</sup>	47 <sup>ns</sup>
Testemunhas	5	1389808 <sup>ns</sup>	417*	328**	433**	207**
CH <i>versus</i> Testemunhas	1	31568 <sup>ns</sup>	359 <sup>ns</sup>	747**	107 <sup>ns</sup>	32 <sup>ns</sup>
Resíduo	40	1028658	143	87	96	38
Total	62					
Média Geral		5423,6	216,4	117,0	49,3	43,6
Média CH		5437,7	217,9	119,1	50,2	43,2
Média Testemunha		5388,2	212,6	111,5	47,3	44,8
CV (%)		18,69	5,52	7,98	19,88	14,19

<sup>ns</sup>, \*, \*\* não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade respectivamente, pelo teste F.

#### 4.2. Análise de variância conjunta

As interações tratamentos x ambientes (T x A) e combinações híbridas x ambientes (CH x A) foram significativas para PG e NE (Tabela 4), mostrando que as médias dos tratamentos e das combinações híbridas foram influenciadas pelos ambientes, portanto é possível a otimização da produtividade com a seleção para cada ambiente.

A interação testemunhas x ambientes foi significativa apenas para a característica número de espigas; a não-significância dessa interação para as outras características comprova a estabilidade desses materiais, por já terem passado pelo processo de melhoramento.

Para característica produtividade de grãos, a interação entre o contraste (CH *versus* test.) x ambientes foi não-significativa, mostrando que a média das testemunhas e das combinações híbridas não foi influenciada pelos ambientes. Para AP, AE, EF e NE essa interação foi significativa, indicando diferença de comportamento entre combinações híbridas e testemunhas e a possibilidade de seleção para essas características (Tabela 4).

Tabela 4 – Resumo da análise de variância conjunta para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE)

FV	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Blocos/Ambientes	4	6413913	873	463	137	38
Tratamentos (T)	(20)	3877041 <sup>ns</sup>	768 <sup>**</sup>	659 <sup>**</sup>	399 <sup>*</sup>	167 <sup>ns</sup>
Combinações Híbridas (CH)	14	3488081 <sup>ns</sup>	611 <sup>**</sup>	522 <sup>**</sup>	133 <sup>ns</sup>	60 <sup>ns</sup>
Testemunhas (Test.)	5	4995199 <sup>ns</sup>	622 <sup>**</sup>	488 <sup>**</sup>	954 <sup>ns</sup>	429 <sup>ns</sup>
CH versus Test.	1	3731 <sup>**</sup>	3693 <sup>**</sup>	3436 <sup>**</sup>	1351 <sup>**</sup>	362 <sup>ns</sup>
Ambientes (A)	1	9055881 <sup>ns</sup>	15431 <sup>*</sup>	8162 <sup>*</sup>	548 <sup>ns</sup>	1000 <sup>**</sup>
T x A	20	2533458 <sup>*</sup>	154 <sup>ns</sup>	121 <sup>ns</sup>	172 <sup>*</sup>	170 <sup>**</sup>
CH x A	14	2755176 <sup>*</sup>	119 <sup>ns</sup>	134 <sup>ns</sup>	143 <sup>ns</sup>	111 <sup>**</sup>
Test. x A	5	1854531 <sup>ns</sup>	50 <sup>ns</sup>	29 <sup>ns</sup>	189 <sup>ns</sup>	222 <sup>**</sup>
(CH versus Test.) x A	1	2824039 <sup>ns</sup>	1153 <sup>**</sup>	398 <sup>*</sup>	489 <sup>*</sup>	734 <sup>**</sup>
Resíduo	80	1339241	146	88	83	47
Total	125					
Média Geral		5691,7	227,5	125,0	51,4	46,5
Média CH		5800,5	230,9	128,3	53,5	47,5
Média das Testemunhas		5419,5	218,9	116,7	46,3	43,8
CV (%)		20,33	5,32	7,50	17,70	14,76

<sup>ns</sup>, \*, \*\* não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

### 4.3. Análise dialélica conjunta

Para o efeito de CGC não foi observada diferença significativa para produtividade de grãos, porém a interação CGC x ambientes foi significativa, mostrando que neste caso os efeitos genéticos aditivos foram influenciados de forma significativa pelos ambientes (Tabela 5). Assim, a seleção dos genitores deve ser feita no ambiente específico.

O efeito de CEC foi significativo para PG e AP, mostrando que os efeitos genéticos não-aditivos foram diferentes na determinação destas características. A interação CEC x ambientes foi não-significativa para todas as características avaliadas, evidenciando que os grupos heteróticos utilizados no ambiente convencional podem ser usados no ambiente orgânico (Tabela 5). Com isto, a seleção recorrente recíproca, visando o aumento da freqüência de alelos favoráveis e a heterose, seria o procedimento mais adequado.

Tabela 5 – Resumo da análise dialélica conjunta para as características produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>), altura de planta (AP, cm), altura de espiga (AE, cm), estande final (EF) e número de espigas (NE)

FV	GL	QM				
		PG	AP	AE	EF	NE
Tratamentos	(20)	3877041 <sup>ns</sup>	768**	659**	399*	167 <sup>ns</sup>
CGC	5	4864665 <sup>ns</sup>	1001*	839*	245 <sup>ns</sup>	93 <sup>ns</sup>
CEC	9	2723157**	395*	346 <sup>ns</sup>	71 <sup>ns</sup>	41 <sup>ns</sup>
Ambientes (A)	1	9055881 <sup>ns</sup>	15431*	8162*	548 <sup>ns</sup>	1000**
CGC x A	5	7022119*	118 <sup>ns</sup>	156*	197 <sup>ns</sup>	202**
CEC x A	9	384123 <sup>ns</sup>	120 <sup>ns</sup>	122 <sup>ns</sup>	113 <sup>ns</sup>	60 <sup>ns</sup>
Resíduo	80	1339241	146	88	83	47

<sup>ns</sup>, \*, \*\* não-significativo e significativo a 5 e 1% de probabilidade, respectivamente, pelo teste F.

Pelo teste de Scott-Knott foram formados dois grupos de cultivares, tendo sido considerados mais produtivos no ambiente orgânico os cultivares com produtividade acima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> e no ambiente convencional cultivares com produtividade acima de 5.000 kg ha<sup>-1</sup> (Tabela 6).

As produtividades alcançadas neste trabalho, principalmente no ambiente orgânico, confirmam a capacidade produtiva deste sistema com o uso de composto orgânico como forma de adubação, corroborando com os trabalhos de Galvão *et al.* (1999).

As combinações híbridas que se destacaram quanto à produtividade no ambiente orgânico foram: AG 1051 x AL 25 e AG 1051 x D 170, com 7.974 e 7.621 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente. No ambiente convencional destacaram-se AG 1051 x AG 4051 e D 270 x AG 4051, com 6.868 e 6.367 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 6).

No ambiente orgânico, apresentaram produtividade acima da média cinco CH, nas quais o AL 25 foi um dos genitores; quatro CH, nas quais o AG 1051 foi um dos genitores; e três CH, nas quais o AG 4051 foi um dos genitores. No ambiente convencional, apresentaram produtividade acima da média cinco CH, nas quais o AG 4051 foi um dos genitores; quatro CH, nas quais o D 270 foi um dos genitores; e três CH, nas quais o AG 1051 foi um dos genitores. Esse fato ratifica a especificidade do genitor para cada ambiente, otimizando a interação genótipos x ambientes. Nota-se também que existem cultivares com ampla adaptabilidade.

Tabela 6 – Médias de produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) das combinações híbridas e das testemunhas nos ambientes orgânico e convencional e porcentagem de acréscimo ou redução na produção dos cultivares, em relação ao ambiente convencional

Cultivar	Orgânico	Convencional	%
AG 1051 X D 170	7621 a	6030 a	26
AG 1051 X D 270	5544 b	6352 a	-13
AG 1051 X AL 25	7974 a	4532 b	76
AG 1051 X AL 30	6354 a	4728 b	34
AG 1051 X AG 4051	6510 a	6868 a	-5
D 170 X D 270	4001 b	4068 b	-1
D 170 X AL 25	6615 a	4764 b	39
D 170 X AL 30	5376 b	4045 b	33
D 170 X AG 4051	5185 b	5843 a	-11
D 270 X AL 25	7043 a	5683 a	24
D 270 X AL 30	5949 b	6047 a	-1
D 270 X AG 4051	5163 b	6367 a	-19
AL 25 X AL 30	6275 a	3702 b	69
AL 25 X AG 4051	6632 a	6162 a	7
AL 30 X AG 4051	6201 a	6364 a	-2
AL 25	5537 b	6202 a	-11
D 170	5007 b	5507 a	-9
AG 1051	8114 a	5952 a	36
BR 106	4645 b	4406 b	5
BR 201	4579 b	5465 a	-16
UFVM 100	4823 b	4795 b	0,6
Média Geral	5959,7	5423,6	10
Média CH	6163,3	5437,7	13
Média das Testemunhas	5450,9	5388,2	1

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

A variação na produção das combinações híbridas (Tabela 6) foi de -19% (D 270 x AG 4051) a 76% (AG 1051 x AL 25) entre os ambientes orgânico e convencional, o que explica a significância da interação CH x ambientes, mostrando ser possível a seleção específica para cada ambiente. Para testemunhas, apesar da não-significância da interação testemunha x ambientes, houve uma variação de -16% (BR 201) a 36% (AG 1051), que pode ser considerado um valor alto, já que o valor porcentual médio do progresso genético da cultura do milho no Brasil foi de 2% ao ano, entre 1968 e 1998, de acordo com resultados apresentados por Vencovsky *et al.* (1988).

No ambiente orgânico, a testemunha que apresentou maior produtividade foi o cultivar AG 1051 ( $8.114 \text{ kg ha}^{-1}$ ) e no ambiente convencional, o AL 25 ( $6.202 \text{ kg ha}^{-1}$ ). Tanto no ambiente orgânico como no convencional, nove combinações híbridas foram classificadas no mesmo grupo dessas testemunhas, ou seja, no grupo mais produtivo, evidenciando a potencialidade de desempenho das combinações híbridas.

A média geral, a média das combinações híbridas e a média das testemunhas foram maiores no ambiente orgânico, em relação ao convencional, 10, 13 e 1%, respectivamente.

Observou-se que, para todas as características avaliadas, o quadrado médio do efeito da CGC foi superior ao quadrado médio da CEC, indicando que, neste estudo, os efeitos genéticos aditivos foram mais importantes na expressão dessas características.

A significância e, ou, predominância de um dos tipos de efeitos genéticos é propriedade das populações envolvidas nos dialelos (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992), de modo que os resultados obtidos serão específicos para o conjunto de genitores avaliados.

As quatro combinações híbridas mais produtivas no ambiente orgânico (Tabela 6) tiveram como um de seus pais os cultivares AG 1051 ou AL 25, que são os genitores que apresentaram maior estimativa de capacidade geral de combinação (Tabela 7). Com base na média das combinações híbridas e na estimativa da CGC, pode-se observar que entre as combinações que apresentaram média de produtividade de grãos acima de  $6.000 \text{ kg ha}^{-1}$  (Tabela 6), pelo menos um dos pais é um genitor com CGC positiva (Tabela 7). No ambiente convencional, as combinações mais produtivas tiveram como um de seus pais os cultivares D 270 ou AG 4051.

Nos dois ambientes, as combinações híbridas pertencentes ao grupo com menor média de produtividade de grãos têm como pai os dois ou pelo menos um genitor com CGC negativa (Tabela 7).

Baixas estimativas de CGC indicam genótipos com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos no sistema dialélico, enquanto altos valores (com sinal positivo ou negativo) indicam genótipos melhores ou piores que os outros utilizados no dialelo (SPRAGUE e TATUM, 1942).

Tabela 7 – Estimativas da capacidade geral de combinação dos genitores para a característica produtividade de grãos (PG, kg ha<sup>-1</sup>) nos ambientes

<b>Genitores</b>	<b>Orgânico</b>	<b>Convencional</b>
AG 1051	769	331
D 170	-503	-609
D 270	-778	333
Al 25	913	-585
Al 30	-164	-575
AG 4051	-280	1.104

Apesar de ser indicado que pelo menos um genitor com alta CGC seja usado na síntese de híbridos (CRUZ e REGAZZI, 1997), a combinação híbrida AL 30 x AG 4051 foi classificada no grupo mais produtivo no ambiente orgânico, embora seus genitores tenham apresentado CGC negativa. Este fato pode ser explicado pela existência de complementariedade entre esses genitores e manifestação da heterose na progênie, pela alta estimativa de CEC.

A ausência de significância da interação CEC x ambiente, verificada pela análise dialélica conjunta, mostra que as combinações híbridas apresentaram heterose semelhante nos ambientes, sendo possível utilizar a média da CEC como parâmetro de seleção de combinações híbridas específicas.

Com base na média das estimativas da CEC dos dois ambientes, as combinações que apresentaram maiores CEC e foram classificadas no grupo considerado mais produtivo nos dois ambientes são: AG 1051 x D 170, D 270 x AL 25 e AL 30 x AG 4051 (Tabela 8). Com isso, são indicados a extração de linhagens dos genitores de cada combinação híbrida, seu cruzamento e a avaliação em ambientes específicos, visando a otimização do potencial produtivo em cada ambiente (Tabela 8).

A CEC está relacionada à distância genética entre os genitores. Valores altos, positivos ou negativos, indicam que o desempenho de algumas combinações híbridas é superior ou inferior ao que seria esperado com base na média dos genitores envolvidos (SPRAGUE e TATUM, 1942).

Com base nas estimativas da CGC, pode-se realizar melhoramento específico para cada sistema de cultivo, devido à interação CGC x ambientes, por meio da seleção dos genitores que apresentaram valores positivos de CGC.

Tabela 8 – Médias de produtividade de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) nos ambientes orgânico e convencional e média da estimativa da capacidade específica de combinação para a característica produtividade de grãos, nos dois ambientes

<b>Cultivares</b>	<b>Orgânico</b>	<b>Convencional</b>	<b>CEC</b>
AG1051 X D170	7621	6030	1017
AG1051 X D270	5544	6352	-193
AG1051 X AL25	7974	4532	-284
AG1051 X AL30	6354	4728	-453
AG1051X AG4051	6510	6868	-86
D170 X D270	4001	4068	-986
D170 X AL25	6615	4764	272
D170 X AL30	5376	4045	-162
D170 X AG4051	5185	5843	-141
D270 X AL25	7043	5683	613
D270 X AL30	5949	6047	790
D270 X AG4051	5163	6367	-224
AL25 X AL30	6275	3702	-614
AL25 X AG4051	6632	6162	12
AL30 X AG4051	6201	6364	440

Com isso, duas alternativas poderiam ser sugeridas: a primeira seria a seleção recorrente intrapopulacional, visando o aumento da frequência de alelos favoráveis nessas populações, e a segunda seria a seleção recorrente recíproca para obtenção de híbridos.

## 5. CONCLUSÕES

Os objetivos deste trabalho foram avaliar, em sistema orgânico de cultivo, o potencial de cultivares comerciais de milho como genitores para programas de melhoramento; comparar o controle gênico da produtividade de grãos em sistemas convencional e orgânico; e definir qual a melhor estratégia de desenvolvimento de cultivares em sistema orgânico de cultivo. Os ensaios foram instalados em novembro de 2003, no Campo Experimental Diogo Alves de Mello e na Estação Experimental do Aeroporto. Os tratamentos utilizados foram 15 combinações híbridas e seis cultivares comerciais como testemunhas. O delineamento utilizado foi o de blocos ao acaso, com três repetições. Foram realizadas as análises de variância individual e conjunta. Utilizou-se o método 4 de Griffing (1956), no qual são avaliados apenas os híbridos F1, faltando tanto seus recíprocos quanto os genitores, totalizando  $g(g-1)/2$  combinações híbridas, para estimar os efeitos de capacidade geral e capacidade específica de combinação das combinações híbridas.

A não-significância do efeito ambiente para produtividade de grãos indicou que os ambientes não foram contrastantes, mas a significância dos efeitos da interação tratamentos x ambientes e combinações híbridas x ambientes, para esta característica, evidenciou que a média dos tratamentos e das combinações híbridas foram influenciadas pelos ambientes.

Os cultivares foram separados em dois grupos quanto à produtividade de grãos, pelo teste de Scott-knott. No ambiente orgânico, os cultivares que

apresentaram médias acima de 6.000 kg ha<sup>-1</sup> foram considerados mais produtivos e no ambiente convencional, os que apresentaram produtividade acima de 5.000 kg ha<sup>-1</sup>.

A não-significância da interação (combinações híbridas *versus* testemunhas) x ambientes para produtividade de grãos mostra semelhança no comportamento médio das testemunhas e das combinações híbridas, caracterizando a viabilidade comercial das combinações híbridas devido a suas altas médias. As combinações híbridas que se destacaram quanto à produtividade no ambiente orgânico foram AG 1051 x AL 25 (7.974 kg ha<sup>-1</sup>) e AG 1051 x D 170 (7.621 kg ha<sup>-1</sup>); e no convencional, AG 1051 x AG 4051 (6.868 kg ha<sup>-1</sup>) e D 270 x AG 4051 (6.367 kg ha<sup>-1</sup>).

A interação capacidade geral de combinação (CGC) x ambientes, significativa para as características produtividade de grãos, altura de plantas e número de espigas, indicou que os efeitos genéticos aditivos foram influenciados de forma significativa pelos ambientes. No ambiente orgânico os cultivares AG 1051 e AL 25 foram os que apresentaram maiores valores de capacidade geral de combinação e no convencional, os cultivares AG 1051, AG 4051 e AL 25.

O efeito isolado da capacidade específica de combinação (CEC) foi significativo para produtividade de grãos e altura de plantas, mostrando que os efeitos genéticos não-aditivos foram diferentes na determinação destas características. A interação CEC x ambientes foi não-significativa para todas as características avaliadas, evidenciando a viabilidade do uso dos grupos heteróticos do ambiente convencional no ambiente orgânico.

Assim, concluiu-se que:

- no ambiente orgânico os cultivares AG 1051 e AL 25 são os mais indicados como genitores.

- os efeitos genéticos aditivos são mais importantes que os efeitos genéticos não-aditivos para produtividade de grãos, em ambiente orgânico e convencional.

- os grupos heteróticos utilizados no ambiente convencional podem ser usados no ambiente orgânico, porém a seleção das populações e linhagens deve ser feita em ambiente específico.

- a seleção recorrente recíproca, visando a otimização do potencial produtivo, é a melhor estratégia de melhoramento de milho para ambiente orgânico.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2005. *Anuário da agricultura brasileira*. Itaim-SP: FNP Consultorias e AgroInformativos, 2005. p. 409-424.

AGROMIL. *Cenário Internacional: Situação da agricultura orgânica em 2003*. Disponível em: <<http://www.agromil.com.br/agricorganica.html>>. Acesso em: 15 Jul. 2005.

ALLARD, R. W. *Princípios de melhoramento genético de plantas*. Rio de Janeiro: USAID – Agência Norte-Americana para o Desenvolvimento Internacional, 1971. 381 p.

ALLIPRANDINI, L. F.; DUARTE, A. P.; KANTHACK, R. A. D. Genetic gain in commercial maize in summer and autumn-winter crops in the Paranapanema River Valley, Brazil, 1992 to 1997. *Maydica*, Bergamo, v. 43, p. 55-64, 1998.

BORÉM, A.; MIRANDA, G. V. *Melhoramento de plantas*. 4. ed., Viçosa-MG: Editora UFV, 2005. 525 p.

CAMPANHOLA, C.; VALARINI, P. J. O que a agricultura orgânica é e o que ela não é. *Agroecologia Hoje*, v. 11, p. 13-15, 2001.

CASTELLANOS, J. S.; HALLAUER, A. R.; CORDOVA, H.S. Relative performance of testers to identify elite of corn (*Zea mays* L.). *Maydica*, Bergamo, v. 34, p. 217-226, 1998.

COMSTOCK, R. E.; MOLL, R. H. Genotype x Environment interactions. In: HANSON, W. D.; RODINSON, H. F. (Ed.). *Statistics and plant breeding*. Washington: National Academy of Sciences, 1963. p. 165-96.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. 2. ed., Viçosa-MG: UFV, 1997. 390 p.

CRUZ, C. D. *Programa GENES: Aplicativo computacional em genética e estatística versão Windows*. Viçosa-MG: UFV, 2004, 442 p. (software versão 2.1 – 2004).

FANCELLI, A. L.; NETO, D. D. *Produção de milho*. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360 p.

GALVÃO, J. C. C. Adubação orgânica na cultura do milho. In: ENCONTRO MINEIRO SOBRE PRODUÇÃO ORGÂNICA DE HORTALIÇAS. 1., 1998, p. 36-37. Viçosa-MG.

GALVÃO, J. C. C. *Características físicas e químicas do solo e produção de milho exclusivo e consorciado com feijão, em função de adubações orgânica e mineral contínuas*. 1995. 194 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1995.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C. Adubação orgânica, chance para os pequenos. *Cultivar*, v. 9, p. 38-41, 1999.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. *Produção de milho em pequenas propriedades*. Viçosa-MG: CPT, 2004a. 224 p.

GALVÃO, J. C. C.; MIRANDA, G. V. *Tecnologias de produção do milho*. Viçosa: Editora UFV, 2004 b. 366 p.

GOMES, P. F. *Curso de estatística experimental*. 14. ed. Piracicaba, 2000. 477 p.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, Melbourne, v. 9, p. 463-493, 1956.

GUIMARÃES, L. J. M. *Avaliação de testadores e seleção de linhagens de milho*. 2004. 81 f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2004.

HALLAUER, A. R. Methods using in developing maize inbreds. *Maydica*, v. 35, p. 1-16, 1990.

MIRANDA, G. V. *Diversidade genética e desempenho de cultivares elites de soja como progenitores*. 1998. 117 f. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1998.

MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C. *Produção de milhos especiais – “Campo de sementes, milho verde e milho pipoca”*. Viçosa-MG: CPT, 2005. 190 p.

MIRANDA, G. V.; SANTOS, I. C.; GALVÃO, J. C. C. Milho pipoca. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. *Tecnologias agrícolas para Minas Gerais – 100 culturas*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005a. p. 25-40.

MIRANDA, G. V.; GALVÃO, J. C. C.; SANTOS, I. C. Milho Verde. In: PAULA JÚNIOR, T. J.; VENZON, M. (Ed.) *Tecnologias agrícolas para Minas Gerais – 100 culturas*. Belo Horizonte: EPAMIG, 2005b. p. 50-65.

PINTO, R. M. C.; GARCIA, A. A. F.; J, C.L. S. Alocação de linhagens de milho de milho derivadas das populações BR-105 e BR-106 em grupos heteróticos. *Scientia Agrícola*, v. 58, n. 3, p. 541-548, 2001.

PLANETA ORGÂNICO. *A evolução da agricultura orgânica no contexto brasileiro*, 2000. Disponível em: <<http://www.planetaorganico.com.br/brasil.htm>>. Acesso em: 28 Jun. 2005

ROBERTSON, A. Some comments on quantitative genetic theories. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. (Ed.) *Statistical genetics and plant breeding*. Washington, D.C.: National Academy of Sciences, 1963. p. 108-114.

RUSSELL, W. A. A comparison of five types of testers in evaluating the relationship of stalk rot in corn inbred lines and stalk strength of the lines in hybrids combinations. *Crop Science*, Madison, v. 1, p. 393-397, 1961.

SCAPIM, C.A.; CARVALHO, C.G.P.; CRUZ, C.D. Uma proposta de classificação dos coeficientes de variação para a cultura do milho. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v. 30, p. 683-86, 1995.

SOUZA, A. P. O.; ALCÂNTARA, R. L. C. Produtos orgânicos: um estudo exploratório sobre as possibilidades do Brasil no mercado internacional. In: ENEGEP - ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, XX, São Paulo, 2000. *Anais...* São Paulo: USP, 2000. (CD- room).

SOUZA, J. L. de. *Agricultura orgânica*. Vitória: EMCAPA, 1998. 176 p.

SPRAGUE, G. F. Quantitative genetics in plant improvement. In: FREY, K. J., (Ed.) *Plant breeding*. Ames: Iowa State Univ. Press, 1967. p. 315-354.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General and specific combining ability in single crosses of corn. *Journal of American Society of Agronomy*, v. 34, p. 923-932, 1942.

VENCOVSKY, R.; MORAES, A. R.; GARCIA, J. C.; TEIXEIRA, N. M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16. Belo Horizonte, 1988. *Anais...* Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1988. p. 300-307.

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