

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE MILHO
SELECIONADAS PARA SISTEMA RADICULAR**

Cláudia de Sousa Demétrio

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2011

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE MILHO
SELECIONADAS PARA SISTEMA RADICULAR**

Cláudia de Sousa Demétrio

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Moro

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Campus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

JABOTICABAL - SÃO PAULO - BRASIL

2011

DADOS CURRICULARES DA AUTORA

CLÁUDIA DE SOUSA DEMÉTRIO – Nasceu em 09 de Abril de 1979, na cidade de Johannesburgo, África do Sul, e cresceu desde um ano de idade, na região do Algarve, Portugal. Formou-se em Engenharia Agropecuária pela Escola Superior Agrária de Coimbra (ESAC), Portugal, em Dezembro de 2003. Em Fevereiro de 2008 obteve o título de Mestre em Agronomia (Produção Vegetal), na Universidade Estadual Paulista, Faculdade de ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP/FCAV), Jaboticabal-SP, Brasil, na área de pesquisa de produção de milho. Experiência profissional na área de agronomia, com ênfase em gestão e extensão rural, produção vegetal e melhoramento genético de milho.

“Sem sonhos, a vida não tem brilho. Sem metas, os sonhos não têm alicerces. Sem prioridades, os sonhos não se tornam reais. Por isso, sonhe, trace metas, estabeleça prioridades e corra riscos para executar seus sonhos. Melhor é errar por tentar do que errar por se omitir. E não tenha medo dos tropeços da sua jornada.”

Augusto Cury

Aos meus avós

Rubens Demétrio (in memorian)

Alberto e Isabel Sousa (in memorian)

À minha querida tia

Catarina Sousa Warne (In memorian)

DEDICO

Aos meus pais

Rogério e Carmen

Às minhas irmãs

Raquel e Tânia

Ao meu noivo

Guilherme

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus,

À Universidade Estadual Paulista - UNESP/FCAV - Câmpus de Jaboticabal, pela oportunidade oferecida de desenvolver este trabalho.

À CAPES, pelo apoio financeiro no projeto.

Ao Prof. Dr. José Roberto Moro pela orientação, confiança e amizade.

Aos membros da banca examinadora Rinaldo De Paula, Heyder Silva, Flávio Silveira e Herberte da Silva, pela excelente e valiosa contribuição científica no trabalho.

Ao amigo e Prof. Dr. Domingos Fornasieri Filho pelo companheirismo e orientação profissional.

A todos os professores da FCAV/UNESP pelo companheirismo e grande sabedoria.

Aos funcionários do Departamento de Biologia da FCAV/UNESP, especialmente ao Flávio e à Márcia, pelo auxílio na condução do experimento, dedicação e amizade.

Ao Camilo Plácido Vieira, mais conhecido como Camilinho, meu eterno orientador de vida, pelo total empenho, disponibilidade e verdadeira amizade.

Aos colegas da Monsanto Fernando Koshima, Heyder Silva, Justino Mário, Carlos Ballminute, Jessica Camilo, Mateus Horta, Rones Borges, Edemilson Gomes, Jorge Nori, Evanir Savenagi, Diogo Assis, Valmir Angelino, Simone Revolta, Odilon Silva e

Marcos Caldeira, pela amizade, companheirismo, incentivo e apoio na realização deste trabalho.

Aos amigos e companheiros acadêmicos, mais conhecidos como “Os *Moretis*”, Maria Natália, Gisylane, Elizandra, Lidiane e Fred pelo incentivo, aprendizado e crescimento em uma nova fase em minha vida.

Aos amigos-irmãos Ana, Débora (Capitú), Luciana, Juliana (Lolita), Saula e Rafael, Marcelo e Franco pelo apoio, conselhos e, acima de tudo, amizade verdadeira.

Ao meu noivo Guilherme pelo companheirismo, amizade, amor, apoio e presença na minha vida.

À família Santos Raymundo pelo carinho e adoção como membro da família.

A toda minha família, meus pais Rogério e Carmen, minhas irmãs Raquel e Tânia, avó e tias pela força, confiança e apoio para que eu conseguisse concretizar os meus sonhos. Graças a eles tornei-me a pessoa que sou hoje! Obrigada do fundo do meu coração, por serem uma família tão maravilhosa e tão importante na minha vida. Amo muito vocês.

A todos meus queridos amigos em Portugal pelo incentivo, carinho e boas lembranças.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para realização deste trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS.....	iii
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	viii
SUMMARY.....	ix
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. Aspectos gerais da cultura do milho.....	3
2.2. Milho híbrido.....	6
2.3. Avaliação de linhagens: capacidade geral e específica de combinação.....	9
2.4. Dialetos.....	10
2.5. Heterose.....	13
2.6. Índices de seleção no melhoramento genético de plantas.....	14
2.7. Interação Genótipo x Ambiente.....	15
2.8. Seleção de genótipos para sistema radicular.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	20
3.1. Seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho.....	20
3.2. Dialetos.....	23
3.2.1. Dialelo das linhagens superiores.....	23
3.2.2. Dialelo das linhagens inferiores.....	23
3.2.3. Dialelo entre as linhagens superiores x inferiores.....	23

3.3. Avaliação de híbridos.....	24
3.3.1. Local dos experimentos.....	24
3.3.2. Instalação e condução dos experimentos.....	25
3.3.3. Avaliação das características agrônômicas.....	25
3.4. Análise estatística dos dados.....	26
3.4.1. Seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho.....	26
3.4.2. Avaliação de híbridos.....	26
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho.....	28
4.2. Efeito da seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho para sistema radicular.....	31
4.2.1. Análises individuais.....	31
4.2.1.1. Barretos-SP.....	31
4.2.1.2. Monte Azul Paulista-SP.....	36
4.2.1.3. Santa Helena de Goiás-GO.....	40
4.2.2. Análise conjunta.....	44
4.3. Estimativa das capacidades geral e específica de combinação.....	50
5. CONCLUSÕES.....	58
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Composição da solução nutritiva, segundo procedimento recomendado por MAGNAVACA (1982), utilizada no experimento de seleção de linhagens endogâmicas de milho para o crescimento inicial do sistema radicular, no ano de 2009, em Jaboticabal-SP.....	22
Tabela 2. Grupo de linhagens, tipo de dialelos e híbridos obtidos na safra 2009/2010 em Jaboticabal-SP.....	24
Tabela 3. Número e tipo de híbridos dialélicos avaliados na safra 2010/2011, em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.....	24
Tabela 4. Resumo da análise de variância das características comprimento, área e volume de raízes de linhagens endogâmicas de milho, selecionadas para o crescimento inicial do sistema radicular no ano de 2009, em Jaboticabal-SP.....	28
Tabela 5. Valores médios de comprimento, área e volume do sistema radicular de linhagens endogâmicas de milho selecionadas como superiores (S_i) e inferiores (I_j), pelo índice de seleção de MULAMBA E MOCK (1978) no ano de 2009, em Jaboticabal-SP.....	29

Tabela 6. Resumo da análise de variância das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011, em Barretos-SP.....	32
Tabela 7. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP.....	33
Tabela 8. Resumo da análise de variância das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Monte Azul Paulista-SP.....	36
Tabela 9. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Monte Azul Paulista-SP.....	37
Tabela 10. Resumo da análise de variância das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Santa Helena de Goiás-GO.....	40

Tabela 11. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Santa Helena de Goiás-GO.....	41
Tabela 12. Resumo da análise de variância conjunta das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.....	44
Tabela 13. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.....	45
Tabela 14. Resumo da análise de variância conjunta para o desdobramento dos tratamentos em Capacidade Geral de Combinação (CGC) e Capacidade Específica de Combinação (CEC) das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.....	51

Tabela 15. Estimativa dos efeitos de capacidade geral de combinação (g_i) para porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.....	54
Tabela 16. Estimativa dos efeitos de capacidade específica de combinação (S_{ij}) para porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.....	55

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Crescimento inicial do sistema radicular de linhagens endogâmicas de milho em solução nutritiva, ano de 2009, Jaboticabal-SP.....	21
Figura 2. Aspecto do sistema radicular, em cultivo hidropônico, das linhagens endogâmicas de milho selecionadas como superiores (S _i) e inferiores (I _j), pelo índice de seleção de MULAMBA E MOCK (1978), no ano de em 2009, em Jaboticabal-SP.....	30

CAPACIDADE COMBINATÓRIA DE LINHAGENS DE MILHO SELECIONADAS PARA SISTEMA RADICULAR

RESUMO – O contínuo fenômeno de aquecimento global será certamente acompanhado de um aumento dos períodos de estiagem e instabilidade das condições climáticas. Informações prévias sobre o sistema radicular de genótipos de milho e sua possível relação com a parte aérea são de grande interesse num programa de melhoramento de milho. Assim, o presente trabalho teve como objetivos identificar a existência de possíveis efeitos da seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho para comprimento, área e volume do sistema radicular e selecionar híbridos superiores para as regiões de São Paulo e Goiás, por meio da estimativa das capacidades geral e específica de combinação (CGC e CEC). Para avaliação das linhagens de milho como superiores e inferiores para comprimento, área e volume do sistema radicular, foi conduzido no ano de 2009, em Jaboticabal-SP, um experimento em solução nutritiva. No ano agrícola de 2009/2010, as linhagens selecionadas foram cruzadas em esquema de dialelos completos e parcial. Os híbridos dialélicos com sementes suficientes para avaliação das suas características agrônômicas em três ambientes, Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO e três testemunhas comerciais (2B707, AG7000 e DKB390) foram avaliados, no ano agrícola de 2010/2011, em delineamentos de blocos casualizados, com três repetições. As variáveis avaliadas foram: acamamento, quebramento, altura de plantas, altura de espiga e produtividade. Verificou-se que, em média para os três ambientes, o grupo de híbridos inferior para sistema radicular se destacou em produtividade em relação aos grupos de híbridos superior e superior x inferior. Porém, as combinações híbridas $S_{10} \times S_{13}$, $S_5 \times I_1$ e $S_2 \times S_{14}$ se destacaram pelos elevados valores CEC e CGC para seus genitores, apresentam, os três, pelo menos um genitor pertencente ao grupo de linhagens superiores.

Palavras-Chave: *Zea mays* (L.), capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação, cruzamentos dialélicos, seleção de linhagens, sistema radicular.

COMBINING ABILITY OF MAIZE INBREEDS SELECTED FOR ROOT SYSTEM

SUMMARY - The continuous phenomenon of global warming will certainly be followed by an increase of droughts and unstable weather conditions. Prior information of genotype maize root systems and their possible relation with the shoot would be of great interest in a corn breeding program. Thus, this study aimed to identify the existence of possible effects of previous selection of maize inbred for length, area and volume of the root system and select superior hybrids for the regions of São Paulo and Goiás states, through the estimation of their general and specific combining abilities (CGC and CEC). To evaluate the maize inbreeds as superior and inferior for length, area and volume of the root system, an experiment in nutrient solution was carried out in 2009 in Jaboticabal-SP, Brazil. In the agricultural year 2009/2010, the selected lines were crossed in complete and partial diallel schemes. The diallel hybrids, with enough seeds for agronomic trait evaluations in three environments, Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP and Santa Helena de Goiás-GO, Brazil, and three commercial checks (2B707, DKB390 and AG7000) were evaluated during the crop year of 2010/2011, in a randomized block design, with three replications. The following variables were evaluated: percentage of lodged and broken plants, plant height, ear height and grain yield. On average for the three environments, the inferior group of hybrids for root system excelled in productivity in relation to the superior and superior x inferior groups. However, the hybrid combinations $S_{10} \times S_{13}$, $S_5 \times I_1$ and $S_2 \times S_{14}$ that best stood out, by high values of CEC and CGC for its genitors, have all three, at least one genitor belonging to the group of superior inbred lines.

Keywords: *Zea mays* (L.), specific combining ability, general combining ability, diallel crosses, inbred selection, root system.

1. INTRODUÇÃO

A domesticação do milho ocorreu no que é hoje território do México, a partir de um ancestral selvagem, o teosinte. A partir daí, esse cereal passou a ser cultivado em todas as Américas, pelos nativos e, posteriormente foi levado para a Europa, África e Ásia. Hoje é cultivado em uma ampla variedade de ambientes e com o uso das mais diversificadas tecnologias de produção.

Segundo um levantamento realizado pela CONAB (2011), a produção de milho de 2010/2011 no Brasil foi de 56,7 milhões de toneladas, em uma área plantada de 13,38 milhões de hectares. O Brasil é um dos maiores produtores de milho, sendo ele cultivado em todo território nacional. A elevada produção do país é devida à aptidão agrícola nacional e multiplicidade de aplicações da cultura, quer para a alimentação humana quer para a animal, assumindo relevante papel sócio-econômico.

Devido às características da planta de milho, em que o vigor híbrido é importante para atingir altas produtividades, os produtores passaram a ser obrigados a comprar sementes para o plantio de cada safra, o que gerou um mercado altamente competitivo em todo o mundo. O vigor híbrido representa uma das maiores contribuições práticas da Genética à agricultura mundial. O conceito de heterose, definido há mais de um século, continua sendo aplicado principalmente na cultura do milho, onde a produção de híbridos se desenvolveu de maneira ímpar e a hibridação é recomendada como método adequado de melhoramento (PATERNIANI, 2001). Neste contexto, os melhoristas de milho passaram a ter cada vez mais interesse e pressa na busca de materiais sempre mais produtivos e com menor necessidade de investimentos em tratamentos culturais, como os transgênicos.

Sabe-se que o custo para a obtenção de híbridos simples é muito alto e demanda um tempo elevado para a obtenção de linhagens homozigóticas e para que este híbrido chegue ao mercado. O tempo demandado pelas autofecundações sucessivas e a avaliação das linhagens quanto à capacidade de combinação constituem as etapas mais trabalhosas e onerosas dos programas de híbridos de milho,

sendo o método de cruzamentos dialélicos amplamente utilizado pelos melhoristas em geral.

Previsões ambientais sinalizam o aumento do aquecimento global nas próximas décadas. Este fenômeno certamente será acompanhado de um aumento dos períodos de estiagem e instabilidade das condições climáticas. Assim sendo, a seleção e desenvolvimento de cultivares mais tolerantes às adversidades ambientais será essencial na manutenção da produção agrícola mundial. A seleção de genótipos com sistema radicular bem desenvolvido e, conseqüentemente, com capacidade de exploração em um maior volume de solo, será fundamental na estratégia de desenvolvimento de materiais tolerantes a estresses abióticos.

Neste contexto, e visando as futuras alterações ambientais, proporcionadas pelo crescente aquecimento global, informações prévias sobre o sistema radicular de genótipos de milho e sua possível relação com a parte aérea são de grande interesse num programa de melhoramento de milho. Assim sendo, os objetivos deste trabalho foram identificar a existência de possíveis efeitos da seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho para comprimento, área e volume do sistema radicular e selecionar híbridos superiores para as regiões de São Paulo e Goiás, por meio da estimação das capacidades geral e específica de combinação das linhagens envolvidas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Aspectos gerais da cultura do milho

O milho (*Zea mays* L.) é um dos principais cereais cultivados em todo o mundo, fornecendo diversos produtos utilizados para a alimentação humana e animal, matérias-primas para a agroindústria, principalmente devido à quantidade de reservas acumuladas nos grãos e produção de etanol.

É uma gramínea pertencente à família Poaceae, tribo Maydeae, espécie diplóide ($2n=20$), monóica e alógama. Sua origem data entre 7 e 10 mil anos atrás no México e na América Central e sua linha evolutiva é bastante discutida. Várias hipóteses têm sido propostas com o intuito de explicá-la, porém, a teoria mais consistente é a que relaciona a ascendência do milho à planta chamada teosinte, uma gramínea com várias espigas sem sabugo, que pode cruzar naturalmente com o milho, produzindo descendentes férteis (GALINAT, 1995).

O milho é uma planta de origem tropical, necessitando de calor e umidade para se desenvolver. Em regiões de clima subtropical, os fatores ambientais como, as variações na disponibilidade térmica (calor) e de radiação solar (luz), exercem grande influência sobre o desenvolvimento fenológico do milho. A temperatura do ar é o elemento meteorológico que melhor explica a duração dos períodos de desenvolvimento desta cultura, havendo relação linear entre a duração destes períodos e o desenvolvimento da planta (LOZADA & ANGELOCCI, 1999).

É uma planta de ciclo vegetativo de, aproximadamente, 120 dias, em função da caracterização dos genótipos (super precoce, precoce e tardio), período esse compreendido entre a semeadura e a colheita. Os ciclos variam conforme a temperatura, sendo que quando as temperaturas médias durante o período de crescimento são superiores a 20 °C, o ciclo das variedades precoces de produção de grãos varia de 80 a 110 dias, e o das variedades médias, de 110 a 140 dias para atingir a fase de maturidade fisiológica. Quando as temperaturas médias são inferiores a 20 °C, o ciclo da cultura aumenta de 10 a 20 dias para cada 0,5 °C de diminuição de temperatura, dependendo da variedade (REZENDE et al., 2004).

De acordo com SALISBURY & ROSS (1994), o milho, por ser uma planta tipo C4, apresenta características fisiológicas favoráveis para a eficiência da conversão do gás carbônico da atmosfera em compostos orgânicos. Isso ocorre porque, no processo fotossintético destas plantas, o CO₂ é continuamente concentrado nas células da bainha vascular das folhas (fonte) sendo redistribuído para locais onde serão estocados ou metabolizados (dreno). Esta relação fonte-dreno pode ser alterada pelas condições de solo, clima, estágio fisiológico e nível de estresse da cultura.

Os maiores produtores mundiais de milho são os Estados Unidos, a China e o Brasil, com respectivamente 335,3; 178,0 e 56,7 milhões de toneladas de milho produzido (USDA, 2011).

De uma produção mundial, no ano de 2011, de aproximadamente 866,2 milhões de toneladas (USDA, 2011), cerca de 91 milhões são comercializadas internacionalmente, o que representa 11% da produção total do ano. O mercado mundial de milho é abastecido basicamente por três países: os Estados Unidos com 48,3 milhões de toneladas exportadas, a Argentina com 14,5 milhões de toneladas, e o Brasil com 8,5 milhões de toneladas (USDA, 2011). A principal vantagem dos EUA e da Argentina, em relação ao Brasil, é de terem uma logística favorável, que no caso dos EUA pode ser decorrente das excelentes estruturas de transporte e da Argentina da proximidade dos portos. O Brasil participa deste mercado, porém, a instabilidade cambial e as deficiências da estrutura de transporte até os portos têm prejudicado o país na presença mais constante no comércio internacional de milho.

Os principais importadores de milho são o México e Comunidade Européia, com respectivamente, 8,0 e 7,0 milhões de toneladas, em 2011 (USDA, 2011).

O milho é cultivado em praticamente todo o território brasileiro, sendo que 74,4% da produção concentram-se nas regiões Sul (27,1%), Sudeste (17%) e Centro-Oeste (30,3%) (CONAB, 2011). Segundo MATTOSO et al. (2006), devido ao baixo preço de mercado do milho, os custos de transporte afetam muito a remuneração da produção obtida, principalmente em regiões distantes dos pontos de consumo, reduzindo assim o interesse no deslocamento da produção a maiores distâncias, ou em condições em que a logística de transporte é desfavorável.

A produção de milho no Brasil tem-se caracterizado pela divisão da produção em duas épocas de semeadura. As semeaduras de verão, ou primeira safra, são realizadas na época tradicional, durante o período chuvoso, que varia entre fins de agosto, na Região Sul, até os meses de outubro/novembro, no Sudeste e Centro-Oeste. Mais recentemente, tem aumentado a produção obtida na chamada safrinha, ou segunda safra. A safrinha refere-se ao milho de sequeiro, semeado extemporaneamente, em janeiro a abril, quase sempre depois da soja precoce, com predomínio na Região Centro-Oeste e nos estados do Paraná e São Paulo. Verifica-se decréscimo na área plantada no período da primeira safra (CONAB, 2011), decorrente da concorrência com a soja, o que tem sido particularmente compensado pelo aumento das semeaduras na safrinha.

A baixa produtividade média nacional de 4.200 kg/ha (CONAB, 2011), não reflete o bom nível tecnológico já alcançado por boa parte dos produtores voltados para lavouras comerciais, uma vez que as médias são obtidas nas mais diferentes regiões, em lavouras com diferentes sistemas de cultivos e finalidades.

No Brasil o milho é cultivado nas mais diversas condições, que vão desde a agricultura de subsistência, praticada sem o uso de insumos agrícolas modernos, destinando-se basicamente ao consumo no próprio estabelecimento, utilizado na alimentação animal, na sua maior parte, e humana, até grandes lavouras com alto nível tecnológico, alcançando altos índices de produtividade (FORNASIERI, 2007; EMBRAPA, 2010).

Bons índices de produtividade dependem não apenas dos sistemas de produção como também do tipo de cultivar utilizada na lavoura, uma vez que o rendimento da lavoura é resultado da associação de técnicas adequadas de manejo, do conhecimento disponível e disseminado entre os agricultores, das condições edafoclimáticas da região de plantio e do potencial genético da semente utilizada, responsável por até 50% do rendimento final (MAGALHÃES & DURÃES, 2006; EMBRAPA, 2010).

2.2. Milho híbrido

O crescimento constante da população mundial exige uma demanda cada vez maior de alimentos, gerando uma crescente necessidade de incrementar sua produção. O milho é alimento básico de muitos países, sendo utilizado como matéria-prima nas indústrias de alimentação humana, animal e outros, além de desempenhar um importante papel social, quanto ao emprego de mão de obra.

Num programa de melhoramento genético do milho existem duas alternativas que podem ser conduzidas de forma conjunta: a obtenção de populações melhoradas e a obtenção de híbridos. No primeiro caso, a utilização adequada de métodos de seleção possibilita o aumento gradativo da frequência dos alelos favoráveis na população melhorada, sendo esta superior à original. No segundo caso, a estratégia de melhoramento visa à obtenção de linhagens endogâmicas que, quando em combinações adequadas, produzirão híbridos superiores às populações de origem dessas linhagens (PATERNIANI & MIRANDA FILHO, 1978).

A formação de híbridos é um método de melhoramento que tem como objetivo tirar o máximo de proveito da heterose. A hibridação no sentido mais amplo tem-se constituído uma ferramenta de grande importância no melhoramento de grande parte das espécies cultivadas, pois sua prática permite tanto a exploração do vigor de híbrido na geração F1 como também permite o aparecimento de variabilidade genética em populações (MIRANDA FILHO & NASS, 2001).

O método de hibridação vem sendo aplicado com grande sucesso nos programas de melhoramento de milho. O milho híbrido se destaca dentre as contribuições da ciência para a sociedade, desde o aparecimento do homem até os dias atuais, tendo grande contribuição nos expressivos aumentos na produtividade deste grão em todo o mundo e com repercussão em todas as espécies cultivadas (HALLAUER, 1990),

Dentre todas as culturas, o milho é, sem dúvida, o exemplo mais notável da utilização do processo da hibridação. Linhagens autofecundadas e produção de sementes híbridas são de fácil obtenção nos programas de melhoramento de milho devido à característica monóica desta planta, que a torna apta à realização de

cruzamentos controlados e autofecundações (BUENO et al., 2001). O milho híbrido pode ser conceituado como a primeira geração do cruzamento entre linhagens endogâmicas, variedades de polinização livre e outras populações geneticamente divergentes. Dessa forma, é explorado o máximo da heterose do cruzamento (ALLARD, 1960).

Os primeiros estudos sugerindo o uso de milho híbrido foram apresentados por Shull e East. Em seus estudos, Shull concluiu que a partir de uma população, constituída de vários genótipos, é possível a obtenção de linhagens puras que, ao serem intercruzadas, restauram o vigor perdido com as sucessivas autofecundações (SHULL, 1900; EAST, 1908).

O milho híbrido foi introduzido na agricultura moderna por volta de 1920. Os primeiros híbridos comerciais apareceram na década de 30, substituindo gradativamente as variedades de polinização aberta. No final da década de 30, os híbridos já representavam 75% da área cultivada com milho nos Estados Unidos, alcançando o índice de 95% na década de 60 (BUENO et al., 2001). O primeiro programa de milho híbrido no Brasil foi desenvolvido em 1932, no Instituto Agrônomo de Campinas. Em 1918, Jones sugeriu o uso de híbridos duplos, resultantes do cruzamento de dois híbridos simples (JONES, 1918). Este evento fez com que as desvantagens da produção de sementes de híbridos simples fossem superadas e a partir deste episódio o uso comercial de sementes de milho híbrido foi aceito. No IAC, Krug e colaboradores produziram, em 1932, o primeiro híbrido duplo brasileiro. Segundo, o primeiro híbrido comercial foi produzido em 1938 na Universidade Federal de Viçosa, oriundo de um cruzamento entre as variedades Cateto e Amarelão (SOUZA SOBRINHO, 2001).

As vantagens da utilização do vigor de híbrido ou heterose são: associar características de genitores distintos no menor espaço de tempo possível; obter genótipos superiores em um prazo relativamente curto; utilizar interações gênicas na geração híbrida; produzir genótipos uniformes; conseguir menor interação com o ambiente na geração F1; e produzir sementes de milho híbrido comercialmente, com

reflexos favoráveis sobre a economia da região (PATERNIANI & MIRANDA FILHO, 1978).

No que tange especificamente à cultura do milho, há uma classificação incluindo diversos tipos de híbridos que podem ser sintetizados (MIRANDA FILHO & VIÉGAS, 1987): a) Híbrido simples: oriundo do cruzamento de duas linhagens endogâmicas. Em geral é mais produtivo do que outros tipos de híbridos, apresentando grande uniformidade de plantas e de espigas. A semente tem um custo de produção mais elevado porque a fêmea de um híbrido simples é uma linhagem endogâmica e, por isso, sua produtividade é mais baixa; b) Híbrido simples modificado: segue o mesmo esquema do híbrido simples, utilizando como genitor feminino o híbrido formado pelo cruzamento de duas linhagens aparentadas ($A \times A'$) e como genitor masculino uma linhagem B, ou também um híbrido entre progênies afins ($B \times B'$) dando origem ao híbrido simples modificado $[(A \times A') \times B]$. Esse procedimento diminui o custo de produção de sementes, dependendo do vigor do híbrido empregado como genitor feminino; c) Híbrido triplo: resultante do cruzamento de um híbrido simples ($A \times B$) com uma terceira linhagem (C), dando origem ao híbrido triplo $[(A \times B) \times C]$. A linhagem polinizadora (C) deve ser suficientemente vigorosa para fornecer grande quantidade de pólen, suficiente para garantir uma boa polinização e produção de grãos satisfatória nas linhas femininas; d) Híbrido triplo modificado: obtido de maneira semelhante ao híbrido triplo, substituindo-se apenas a linhagem masculina (C) por um híbrido entre linhagens aparentadas ($C \times C'$). O cruzamento fica esquematizado da seguinte forma: $[(A \times B) \times (C \times C')]$; e) Híbrido duplo: obtido mediante cruzamento de dois híbridos simples $[(A \times B) \times (C \times D)]$, envolvendo, portanto, quatro linhagens endogâmicas. Apresenta maior variabilidade genética que os outros híbridos, portanto, possui alta estabilidade, menor uniformidade de plantas, espigas, produtividade e custo da semente; f) Híbrido "top cross": obtido do cruzamento entre híbridos x variedades e entre linhagens x variedades; g) Híbrido intervarietal: resultante do cruzamento de duas variedades. Apresenta as vantagens da utilização da heterose sem a necessidade de obtenção de linhagens, possuem uma maior capacidade de adaptação, devido à maior variabilidade

genética em relação aos híbridos de linhagens. Sua desvantagem está relacionada a uma maior desuniformidade das plantas sendo, por isso, pouco utilizado.

2.3. Avaliação de linhagens: capacidades geral e específica de combinação

O desenvolvimento de híbridos exige do melhorista rigor nos trabalhos de seleção, sobretudo na escolha do germoplasma que melhor atende a seus propósitos. É necessária a avaliação do comportamento das linhagens “per se” e em combinações híbridas, a fim de orientar a escolha de materiais superiores e métodos a serem empregados dentro de um programa de melhoramento. Nos programas de melhoramento de milho, embora o número de linhagens utilizadas seja limitado, existe uma enorme variabilidade de caracteres de expressão econômica com potencial para serem utilizados (GAMA et al., 2003).

Dessa forma, quatro etapas estão envolvidas em um programa de melhoramento de milho para obtenção de híbridos: a escolha de populações, a obtenção de linhagens, a avaliação de sua capacidade de combinação e testes extensivos das combinações híbridas obtidas (PATERNIANI & CAMPOS, 1999).

A obtenção de híbridos superiores está diretamente envolvida com a identificação de populações mais promissoras, das quais serão extraídas as linhagens. Após a obtenção das linhagens, faz-se necessária a avaliação da capacidade de combinação das mesmas, o que propiciará a identificação das melhores combinações, ou seja, aquelas que constituirão os melhores híbridos.

A Capacidade de Combinação (C_i) de linhagens ou genótipos reflete seu valor genético relativo intrínseco. Segundo VENCOVSKY (1987), a capacidade de combinação das linhagens corresponde ao valor obtido da diferença entre a média do caráter exibido no cruzamento e a média geral de todos os cruzamentos. Linhagens com maior estimativa de C_i deverão resultar em cruzamentos superiores devido ao seu valor genético (NASS et al., 2001).

SPRAGUE & TATUM (1942) propuseram os conceitos de capacidade geral e capacidade específica de combinação, para avaliação das linhagens, relacionando-os, respectivamente, aos efeitos gênicos aditivos e não aditivos (dominantes e epistáticos). Segundo estes autores define-se Capacidade Geral de Combinação (CGC) como sendo o comportamento médio da linhagem em combinações híbridas, principalmente devido aos efeitos aditivos dos genes; e Capacidade Específica de Combinação (CEC) como o comportamento que leva certas combinações a serem superiores ou inferiores em relação à média dos cruzamentos, pela ação de genes dominantes ou de efeitos epistáticos.

É importante ressaltar que a avaliação das n linhagens genitoras quanto à capacidade combinatória é, desde o início dos trabalhos com melhoramento até o presente momento, um dos maiores obstáculos enfrentados pelos melhoristas de milho que trabalham com híbridos e linhagens. Nos programas de melhoramento, a utilização de híbridos comerciais tem sido considerada uma das alternativas para obtenção de novas linhagens, sendo importante a identificação de novas estratégias que possam ser utilizadas na escolha dos híbridos e/ou populações segregantes (LIMA et al., 2000).

Dessa forma, a identificação de populações promissoras, derivadas de híbridos simples, pode ser considerada uma boa estratégia para a otimização dos programas de melhoramento de milho.

2.4. Dialelos

Um dos grandes objetivos de um programa de melhoramento genético é a formação de híbridos comerciais de alta produtividade, entre outras características como resistência a pragas e doenças. Para tanto, as principais atividades dos melhoristas, que culminarão no desenvolvimento de híbridos superiores, é a obtenção de linhagens e a avaliação do seu comportamento em combinações híbridas (LEMOS et al., 2002).

A produção de sementes híbridas de milho segue um esquema básico, desenvolvido por Shull e ainda adotado no presente (SHULL, 1909). Trata-se da obtenção de linhagens autofecundadas e sua utilização em cruzamentos entre si para a

produção de sementes híbridas, os chamados híbridos simples. Para tanto, faz-se necessário realizar tantas autofecundações quanto possível e continuar o processo anualmente até que se atinja a homozigose total, quando, então, são realizados todos os cruzamentos possíveis entre as linhagens, sendo avaliadas em ensaios as plantas F1. Depois de se identificar o melhor par de linhagens para a produção do híbrido pretendido em termos de produtividade, é realizado o cruzamento, obtendo-se, então a semente híbrida desejada.

Um dos métodos mais aplicados para a obtenção de informações a respeito do comportamento dos genitores em cruzamentos e a identificação de grupos heteróticos é o esquema denominado cruzamentos dialélicos (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1995). Os cruzamentos dialélicos se destacam em função de sua importância e abrangência de utilização, uma vez que através desta metodologia, é possível escolher os parentais mais promissores com base na sua capacidade geral e específica de combinação e potencial heterótico (GRIFFING, 1956).

As análises dialélicas têm por finalidade estimar parâmetros úteis na seleção de genitores e no entendimento dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (MACHADO, 2007).

A definição de cruzamentos dialélicos dada por GRIFFING (1956) apresenta este tipo de cruzamento como sendo o conjunto de n^2 possíveis genótipos obtidos a partir de n linhas puras, nas quais estariam contidas: a) as próprias linhas puras; b) os $n(n-1)/2$ híbridos F1; e c) um conjunto de $n(n-1)/2$ híbridos F1 recíprocos. De posse destes dados, é possível formar a chamada tabela dialélica. Esta tabela é formada pelas n^2 ($n \times n$) médias obtidas dos cruzamentos dialélicos ou de gerações mais avançadas. O método proposto pelo autor considera ainda quatro tipos de tabelas dialélicas: a tabela completa inclui os parentais, híbridos e recíprocos e as outras três derivaram desta pela supressão de alguns de seus elementos, como por exemplo, os parentais ou seus recíprocos.

Apesar da eficiência dos cruzamentos dialélicos na determinação das melhores combinações híbridas, a avaliação de n linhagens parentais constitui-se um entrave para os melhoristas de milho. O uso destes cruzamentos pode ser limitado devido ao

fato de que o número de cruzamentos necessários para avaliação de um determinado número de linhagens pode ser muito grande, dificultando o trabalho do melhorista, pois requer muito esforço nas polinizações manuais para obtenção de todos os cruzamentos desejados. Altos valores de n tornam a avaliação de todos os híbridos possíveis, impraticável (MIRANDA FILHO & GERALDI, 1984).

Uma alternativa para contornar o problema foi proposta por Davis em 1927, na qual as linhagens são avaliadas cruzando-as com um testador comum, método este denominado top cross (DAVIS, 1927). Além deste método, outros esquemas dialélicos foram apresentados, como dialelo parcial e dialelo circulante, visando a redução da quantidade de cruzamentos (GUIMARÃES, 2007). Os dialelos parciais são adaptações do modelo de Griffing 1956 e envolvem dois grupos distintos de parentais e seus respectivos cruzamentos, possibilitando maximizar as informações sobre os grupos estudados com um número menor de cruzamentos (MIRANDA FILHO & GERALDI, 1984; HAYMAN, 1954). O modelo de dialelo circulante envolve um número superior de parentais (KEMPTHORNE & CURNOW, 1961).

Conforme CRUZ & VENCOVSKY (1989) citados por MACHADO (2007), apesar dos métodos de análise dialélica de GRIFFING (1956) e GARDNER & EBERHART (1966) apresentarem diferenças, os parâmetros analisados em ambos se inter-relacionam, sendo ambos eficazes na obtenção de informações genéticas. Segundo os mesmos autores, a estimativa de g_i (efeito da capacidade geral de combinação do genitor i) é o melhor critério para a seleção de genitores; para eles, a capacidade específica de combinação (S_{ii}) é um importante indicador da existência de dominância unidirecional e de heterose varietal.

Embora os métodos de análises dialélicas tenham sido desenvolvidos para avaliação de linhagens, os mesmos podem ser utilizados também para avaliação de outros tipos de populações, com qualquer grau de endogamia (VENCOVSKY, 1970).

2.5. Heterose

O conhecimento do potencial genético de populações, seu comportamento per se ou em cruzamentos são informações de extrema importância em programas de melhoramento, visando o desenvolvimento de cultivares superiores (SILVA & MIRANDA FILHO, 2003).

Shull, em 1909, definiu como heterose o vigor de híbrido manifestado em gerações heterozigotas derivadas de cruzamento entre indivíduos endogâmicos e geneticamente divergentes (SHULL, 1909). Em outras palavras, a heterose poderia ser definida como sendo a superioridade do híbrido em relação à média dos pais e pode ser observada em vários caracteres, como altura da planta, produtividade, competitividade, entre outros (DESTRO & MONTALVÁN, 1999).

A heterose pode ser considerada um fenômeno oposto à depressão causada pela endogamia. Linhas endogâmicas, quando cruzadas, apresentam aumento dos caracteres reduzidos pelas autofecundações sucessivas (FALCONER, 1987). Este fenômeno tem sido altamente explorado em programas de melhoramento de milho híbrido, permitindo a identificação de populações divergentes que servirão de base para o desenvolvimento de linhagens endogâmicas que serão, posteriormente, empregadas em cruzamentos (SILVA & MIRANDA FILHO, 2003).

A ação gênica responsável pela manifestação da heterose ainda é tema de discussões e várias hipóteses têm sido propostas para explicá-la. Segundo Crow em 1948, as duas principais teorias são: (1) dominância, segundo a qual a heterose ocorre pelo acúmulo, no híbrido, de genes dominantes oriundos de ambos os pais. Pelo ponto de vista desta teoria os alelos recessivos potencialmente deletérios ficariam ocultos nos heterozigotos obtidos em F1 e os prejuízos decorrentes da homozigose para esses alelos seriam evitados; (2) a hipótese da sobredominância, explica que o vigor apresentado pelas plantas F1 ocorre devido ao elevado grau de heterozigosidade. A união das duas formas alélicas do heterozigoto é superior à ação separada de qualquer um dos alelos em homozigose (CROW, 1948).

SILVA & MIRANDA FILHO (2003), citam que a expressão da heterose depende do grau de dominância controlando o caráter. Para peso de grãos, é esperado que os

cruzamentos exibam heterose como consequência da presença de genes de dominância completa ou parcial que controlam a expressão deste caráter. Além disso, a expressão da heterose também depende do nível de divergência genética entre os parentais, ou seja, é necessário que haja diferenças nas frequências alélicas para haver expressão da heterose.

2.6. Índices de seleção no melhoramento genético de plantas

Em programas de melhoramento, as estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos, são informações importantes e úteis para ajudar o melhorista nas tomadas de decisões. A teoria do índice de seleção permite combinar as múltiplas informações contidas na unidade experimental e selecionar os genótipos superiores com base em um complexo de variáveis (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Os índices de seleção constituem técnicas multivariadas que associam as informações relativas a várias características de interesse agrônomo com as propriedades genéticas da população avaliada. Com os índices de seleção criam-se valores numéricos, que funcionam como uma característica adicional, teórica, resultante da combinação de determinadas características selecionadas pelo melhorista, sobre as quais se deseja manter seleção simultânea (CRUZ & REGAZZI, 2001; SANTOS et al., 2007). Diferentes índices representam variadas alternativas de seleção nos programas de melhoramento, e conseqüentemente, de ganhos percentuais.

SMITH (1936) propôs o uso de índice de seleção nos programas de melhoramento de plantas como critério de seleção simultânea de duas ou mais características correlacionadas. Este procedimento foi adaptado ao melhoramento genético animal por HAZEL (1943). Segundo esses autores, para se estabelecer o índice de seleção são necessários o valor econômico e as variâncias genotípicas e fenotípicas relativos a cada característica e as covariâncias genotípicas e fenotípicas entre cada par de características.

PESEK E BAKER (1969) sugeriram o uso de ganhos genéticos desejados de características individuais, num programa de seleção, para substituir os pesos

econômicos relativos no cálculo dos índices de seleção. Para se usar a modificação proposta, necessitam-se da média dos genótipos e das matrizes de variância e covariância genotípica e fenotípica. Assim, é possível calcular os coeficientes dos índices sem designar pesos econômicos; dessa forma, o índice obtido resultará em um ganho máximo para cada característica, de acordo com a importância relativa assumida pelo melhorista na especificação do ganho desejado, sujeito às restrições impostas pela constituição fenotípica e genotípica da população.

WILLIAMS (1962) propôs o denominado índice-base, objetivando-se evitar a interferência de imprecisões das matrizes de variâncias e covariâncias fenotípicas e genotípicas, na estimação dos coeficientes que constituem o índice. Esse método propõe o estabelecimento de índices, mediante a combinação linear dos valores fenotípicos médios das características, os quais são ponderados diretamente pelos seus respectivos pesos econômicos (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

MULAMBA & MOCK (1978) propuseram o índice com base na soma de postos ou "ranking", que consiste em classificar os materiais genotípicos em relação a cada uma das características, em ordem favorável ao melhoramento. Este índice dispensa estabelecer pesos econômicos e estimativas das variâncias e covariâncias genotípicas e fenotípicas. Uma vez classificados, são somadas as ordens de cada material genético referente a cada característica, resultando em uma medida adicional, tomada como índice de seleção.

2.7. Interação Genótipo x Ambiente

O genótipo diz respeito à constituição genética do indivíduo, com relação aos caracteres considerados. Ao se reproduzirem, os organismos repassam para seus descendentes os seus genes (BORÉM & MIRANDA, 2009).

O ambiente consiste no conjunto das circunstâncias ou condições sob as quais os organismos se desenvolvem e podem ser representadas por regiões, locais, épocas, anos, práticas culturais ou de manejo ou pela combinação de todas essas condições ao mesmo tempo (BORÉM & MIRANDA, 2009).

O fenótipo é o resultado do efeito do genótipo, do ambiente e da interação destes fatores (interação genótipo x ambiente). Assim, o valor fenotípico dos descendentes é resultado do efeito do genótipo somado ao ambiente, aliado ao efeito da interação, que influenciam conjuntamente na manifestação das características dos indivíduos, tornando mais difícil a recomendação de cultivares (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Sabe-se, há muito, que ocorre interação genótipo x ambiente (MATHER & JINKS, 1971; BORÉM & MIRANDA, 2009) e o comportamento dos genótipos, em cada ambiente, pode ser distinto. Interação genótipo-ambiente tem sido o grande desafio para os melhoristas de plantas por muitos anos (EBERHART & RUSSELL, 1966). Podem-se citar vários trabalhos que relatam a importância da interação genótipo x ambiente na cultura do milho no Brasil (SOUZA, 1989; CARVALHO et al., 1992; ARIAS, 1995; GONÇALVES, 1997).

As variações ambientais podem ser classificadas como previsíveis ou não previsíveis. A variação ambiental classificada como previsível é atribuída a fatores permanentes do ambiente, como tipo de clima, tipo de solo e outros aspectos influenciados pela decisão do agricultor, tais como época de semeadura, adubação, etc. A imprevisível é atribuída a fatores variáveis do ambiente, como por exemplo, regime de chuvas, variação de temperatura, ocorrência de pragas e doenças (ALLARD & BRADSHAW, 1964).

O comportamento de um genótipo, exposto a uma gama de ambientes, pode ser classificado em quatro grupos (CECCARELLI, 1989): a) genótipos com elevada produtividade média e baixa interação genótipo x ambiente, considerados com ampla adaptação; b) genótipos com elevada produtividade média e alta interação, considerados responsivos; c) genótipos com reduzida produtividade e baixa interação genótipo x ambiente; d) genótipos com reduzida produtividade e elevada taxa de interação genótipo x ambiente.

A identificação de cultivares específicos para cada ambiente, a realização de zoneamento ecológico e a identificação de cultivares com maior estabilidade fenotípica são opções para se trabalhar com a interação genótipo x ambiente (RAMALHO et al., 1993; BORÉM & MIRANDA, 2009).

2.8. Seleção de genótipos para sistema radicular

O principal objetivo em qualquer programa de melhoramento vegetal, incluindo o melhoramento genético de milho, é a obtenção de genótipos cada vez mais produtivos, em relação aos já existentes no mercado. Entre os vários fatores agronômicos, genéticos e fisiológicos que limitam o aumento da produtividade de grãos de milho, destaca-se a maior ou menor eficiência na absorção de água e nutrientes do solo (DURÂES et al., 1995). Assim sendo, genótipos de milho melhor adaptados e com maior produtividade poderiam ser mais eficientes e efetivos se atributos que conferem rendimento sob condições ambientais ótimas, pudessem ser identificados e usados como critério de seleção (PEREIRA, 1991).

A ampla variabilidade genética existente no milho tem favorecido o desenvolvimento de genótipos adaptados às mais diversificadas condições ambientais, necessitando-se assim, identificar e selecionar quais genótipos tem maior potencial e menos risco de exploração para os sistemas agrícolas (MIRANDA et al., 2003). Neste contexto, e visando as futuras alterações ambientais, proporcionadas pelo crescente aquecimento global, informações sobre o desenvolvimento do sistema radicular de genótipos de milho e sua relação com a parte aérea são de interesse agronômico, genético e fisiológico.

A quantidade de água disponível para a cultura encontra-se na dependência da profundidade explorada pelas raízes, da capacidade de armazenamento de água do solo e da densidade radicular da planta (LOZADA & ANGELOCCI, 1999; TERUEL et al., 2000). Porém, pouco se sabe sobre o sistema radicular e sua interação com a parte aérea durante o crescimento e o desenvolvimento das culturas, quando comparado aos fenômenos somente de parte aérea (HORN et al., 2006). Isso se deve, simplesmente ao fato de a aquisição de amostras e a análise de atributos morfológicos como comprimento total, superfície, diâmetro médio e volume de raízes, serem muito mais tediosas, demoradas e frequentemente, apresentarem baixa precisão quando comparadas com características de parte aérea (TERUEL et al., 2000; VASCONCELOS et al., 2003). A disponibilidade dos nutrientes aos vegetais é influenciada por fatores de solo, que determinam o movimento até as raízes, e por atributos morfológicos e

fisiológicos das plantas, que determinam a absorção. A morfologia do sistema radicular é determinada pelo comprimento, volume, superfície e raio das raízes e dos pelos radiculares (LIEDGENS et al., 2000; HORN et al., 2006). Desta forma, um sistema radicular mais desenvolvido deve, aparentemente, ser mais eficiente na absorção de nutrientes e de água do solo e assim, influenciar a produtividade. Segundo KOFFLER (1986) citado por MAZZA (1998) as altas produtividades alcançadas estão diretamente relacionadas com as maiores profundidades exploradas pelo sistema radicular das plantas.

O suprimento de água e de nutrientes para as plantas depende das interações entre os complexos processos fisiológicos e celulares ocorrentes no sistema radicular, que resultam numa arquitetura específica (habilidade da planta em adquirir os recursos do solo), e os não menos complexos processos iônicos e de transporte no solo (TERUEL et al., 2000).

A formação de um sistema radicular bem desenvolvido favorece não só o aproveitamento eficiente da água e nutrientes do solo, no processo produtivo, como garante uma boa formação e sustentação da parte aérea da planta (BROUWER, 1962; PEREIRA, 1991), minimizando os riscos de acamamento e quebramento das mesmas. Desta forma, a avaliação do sistema radicular de uma cultura pode ser considerada como fundamental no diagnóstico de sistemas de manejo que visam a otimização da produtividade agrícola (VASCONCELOS et al., 2003).

Dependendo dos objetivos de estudo, a avaliação das raízes pode exigir a aplicação de metodologias distintas (FANTE JUNIOR, 1999). A avaliação do sistema radicular em plantas adultas necessita de escavações sistematizadas (BÖHM, 1979; KÖPKE, 1981) ou amostragens a diferentes profundidades no solo (VASCONCELOS et al., 2003), o que limita o número de plantas a estudar e, muitas vezes, danifica o sistema radicular em estudo, comprometendo assim, o desenvolvimento da planta e as suas futuras avaliações agronômicas. Por isso, a análise da raiz e parte aérea de plantas jovens cultivadas em solução nutritiva (hidropônica), constitui uma alternativa de fácil e rápida execução, não destrutiva, econômica e que permite avaliar um grande número de plantas simultaneamente, o que é de fundamental importância em trabalhos que

visam o melhoramento genético para essa característica (CANÇADO et al., 2002). No entanto, apesar das suas vantagens, a solução nutritiva deve ser empregada para discriminar os extremos de genótipos, por exemplo, os mais tolerantes e os sensíveis, os maiores e os menores, os superiores e os inferiores, etc., em um estágio preliminar do programa de melhoramento, reduzindo o número de genótipos que posteriormente deverão ser avaliados (VASCONCELOS et al., 2003). Isto permite uma significativa redução no uso de área e no custo das avaliações (MAGNAVACA & BAHIA-FILHO, 1991)

Previsões ambientais sinalizam o aumento do aquecimento global nas próximas décadas. Este fenômeno certamente será acompanhado de um aumento dos períodos de estiagem e instabilidade das condições climáticas. Assim sendo, a seleção e desenvolvimento de genótipos mais tolerantes às adversidades ambientais será essencial na manutenção da produção agrícola mundial. Genótipos com sistema radicular bem desenvolvido e, conseqüentemente, com maior capacidade de exploração de um maior volume de solo, é fundamental na estratégia de desenvolvimento de materiais tolerantes a estresses abióticos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho

Para avaliar o desenvolvimento inicial do sistema radicular de 113 linhagens endogâmicas de milho (PH1 a PH113), provenientes do programa de melhoramento de milho do Departamento de Biologia Aplicada à Agropecuária da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) da Universidade Estadual Paulista (UNESP), campus de Jaboticabal, 14 sementes de cada linhagem foram enroladas em papel de germinação umedecido. Os rolos de papel foram colocados verticalmente em vasos plásticos perfurados e mantidos em recipientes contendo água destilada (Figura 1), sob aeração contínua, em casa de vegetação durante 72 horas e temperatura controlada de 30 °C.

Cinco dias após germinação, sete plântulas de cada linhagem que apresentavam maior homogeneidade do material avaliado foram transferidas para caixas opacas, com capacidade para 30 litros de solução, cobertas com tampa de acrílico perfurada com 126 orifícios (18 fileiras com 7 orifícios), contendo solução nutritiva de acordo com procedimento descrito por MAGNAVACA (1982) (Tabela 1). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso, com 113 tratamentos e duas repetições. Em cada fileira das caixas foi acomodada uma linhagem, resultando em 18 linhagens por caixa e 7 plântulas por linhagem (Figura 1). Após sete dias de desenvolvimento e, sob condições controladas de aeração contínua, temperatura de 25 °C e 12 horas contínuas de luz, foram avaliadas as seguintes características radiculares (HORN et al., 2006):

- *Comprimento (L)* – determinado pela medição, em cm, da raiz principal.
- *Peso Fresco da raiz (Pf)* – determinado pela pesagem, em gramas, da raiz principal.
- *Raio médio (r)* – calculado pela fórmula $R=(Pf/L)^{1/2}$.
- *Área (A)* – calculada pela fórmula $A=(2\pi RL)$.
- *Volume (V)* – calculado pela fórmula $V=(\pi R^2)L$.

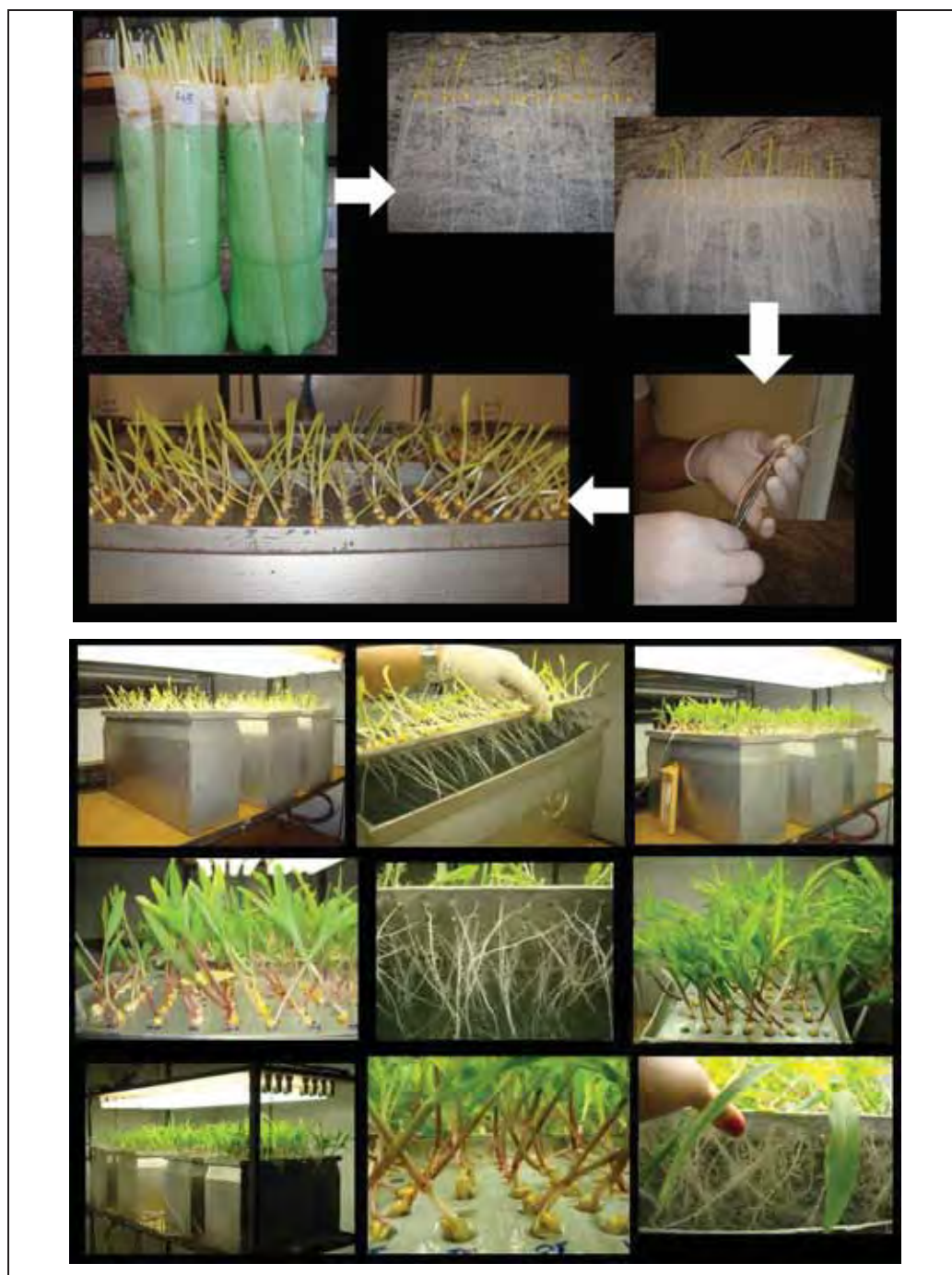


Figura 1. Crescimento inicial do sistema radicular de linhagens endogâmicas de milho em solução nutritiva, ano de 2009, Jaboticabal-SP.

Tabela 1. Composição da solução nutritiva, segundo procedimento recomendado por MAGNAVACA (1982), utilizada no experimento de seleção de linhagens endogâmicas de milho para o crescimento inicial do sistema radicular, no ano de 2009, em Jaboticabal-SP.

Solução estoque				Solução nutritiva final				
Elemento	Fonte	g/l	ml est/l	mg elemento/l		Composição		
				Cátion	Ânion	Elemento	mg/L	µM
Ca	Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	270.0	3.088	Ca: 141.1	NO ₃ -N: 98.6	Ca	141.1	3257
	NH ₄ NO ₃	33.8		NH ₄ -N: 18.2	NO ₃ -N: 18.2	K	90.1	2310
K	KCl	18.6	2.31	K: 22.5	Cl: 20.4	Mg	20.8	855
	K ₂ SO ₄	44.0		K: 45.6	SO ₄ -S: 18.7	NO ₃ -N	152.0	10857
	KNO ₃	24.6		K: 22.0	NO ₃ -N: 7.9	NH ₄ -N	18.2	1300
Mg	Mg(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O	142.4	1.54	Mg	NO ₃ -N: 24.0	O	1.4	45
P	KH ₂ PO ₄	17.6	0.35	K: 1.7	H ₂ PO ₄ : 1.4	S	18.8	587
						B	0.27	25
Fe	Fe(NO ₃) ₃ ·9H ₂ O	20.3	1.54	Fe :4.3	NO ₃ -N: 3.3	Fe	4.3	77
	HEDTA	13.4			HEDTA: 0.26	Mn	0.5	9.1
Mn	MnCl ₂ ·4H ₂ O	2.34	0.77	Mn: 0.5	Cl: 0.65	Cu	0.04	0.63
						BO ₃ -B: 0.27	Na	0.04
B	H ₃ BO ₃	2.04				HEDTA	20.6	75
Zn	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	0.88		Zn: 0.15	SO ₄ -S: 0.07			
Cu	CuSO ₄ ·5H ₂ O	0.2		Cu: 0.40	SO ₄ -S: 0.02			
Mo	Na ₂ MoO ₄ ·2H ₂ O	0.26		Na: 0.04	MoO ₄ -Mo:0.08			

Para ranquear as linhagens quanto ao comprimento, área e volume do seu sistema radicular, foi utilizado o índice de seleção de MULAMBA E MOCK (1978), na proporção de 1:1:1. Este índice hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos postos, que assinala a classificação dos genótipos (CRUZ & REGAZZI, 2001).

As quatorze primeiras e cinco últimas linhagens ranqueadas pelo índice de Mulamba e Mock foram selecionadas como superiores e inferiores, respectivamente, para desenvolvimento do sistema radicular.

3.2. Dialelos

Para obtenção de híbridos simples, as linhagens selecionadas anteriormente como, superiores e inferiores, foram cruzadas em esquema de dialelos, na Fazenda Experimental da FCAV/UNESP, Câmpus de Jaboticabal (altitude 605 metros, latitude 21°15'22"S e longitude 48°18'58"O).

Cada linhagem foi semeada em linhas de 3 metros de comprimento, com espaçamento entre linhas de 0,8 metros e entre plantas de 0,2 metros, com stand final de 15 plantas por linha, totalizando 62.500 plantas por hectare.

A semeadura dos dialelos foi realizada manualmente e as plantas foram mantidas em condições ideais de sanidade indicadas para a cultura do milho, fazendo-se o controle de insetos-praga, doenças foliares e de plantas invasoras.

Todas as espigas trabalhadas foram colhidas e debulhadas manualmente.

3.2.1. Dialelo das linhagens superiores

Para avaliação das combinações híbridas resultantes do grupo de linhagens superiores, 14 linhagens foram cruzadas entre si em esquema de dialelo completo, obtendo-se, conforme método 4 proposto por GRIFFING (1956), 91 híbridos simples (Tabela 2).

3.2.2. Dialelo das linhagens inferiores

Para avaliação das combinações híbridas resultantes do grupo de linhagens inferiores, cinco linhagens foram cruzadas entre si em esquema de dialelo completo, obtendo-se, conforme método 4 proposto por GRIFFING (1956), 10 híbridos simples (Tabela 2).

3.2.3. Dialelo entre as linhagens superiores x inferiores

Para avaliação dos híbridos resultantes dos cruzamentos entre os dois grupos distintos de genitores (superiores x inferiores), $n_1 \times n_2$ linhagens de cada grupo foram cruzadas em esquema de dialelo parcial, originando 25 híbridos simples (Tabela 2).

Tabela 2. Grupo de linhagens, tipo de dialelos e híbridos obtidos na safra 2009/2010 em Jaboticabal-SP.

Grupo	Dialelo	Fórmula	N. linhagens	N. híbridos obtidos
Superiores	Completo (Método 4)	$([n \times (n-1)/2])$	14	91
Inferiores		$([n \times (n-1)/2])$	5	10
Superiores x Inferiores	Parcial	$(n_1 \times n_2)$	5x5	25

3.3. Avaliação de híbridos

3.3.1. Local dos experimentos

Todos os 91, 10 e 25 possíveis cruzamentos dos dialelos completos e dialelo parcial foram realizados (Tabela 2). Porém, devido à baixa granação de algumas combinações híbridas, não houve disponibilidade de sementes para avaliação de todos os híbridos obtidos. Assim, na safra de 2010/2011, apenas alguns híbridos (Tabela 3) dos respectivos grupos, foram avaliados em três ambientes: (1) Barretos-SP: altitude 530 metros, latitude 20°33'22"S e longitude 48°34'04"O; (2) Monte Azul Paulista-SP: altitude 611 metros, latitude 20°54'26"S e longitude 48°38'29"O; (3) Santa Helena de Goiás-GO: altitude 562 metros, latitude 17°48'49"S e longitude 50°35'49"O.

Tabela 3. Número e tipo de híbridos dialélicos avaliados na safra 2010/2011, em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.

Híbridos dialélicos	Local		
	Barretos-SP	Monte Azul Paulista-SP	Santa Helena de Goiás-GO
Superiores	65	60	60
Inferiores	8	7	7
Superiores x Inferiores	21	18	18
Total	94	85	85

3.3.2. Instalação e condução dos experimentos

Para avaliação de desempenho dos híbridos dialélicos superiores, inferiores e superiores x inferiores e três testemunhas comerciais (2B707, AG7000 e DKB390), os delineamentos experimentais utilizados foram de blocos ao acaso, com três repetições em cada ambiente. Cada parcela foi constituída de duas linhas de 5 metros de comprimento, espaçadas de 0,8 metros entre linhas e 0,2 metros entre plantas, totalizando um stand final de 62.500 plantas por hectare.

A semeadura foi realizada manualmente e as plantas foram mantidas em condições ideais de sanidade indicadas para a cultura do milho, fazendo-se o controle de insetos-praga, doenças foliares e de plantas invasoras. Os experimentos foram conduzidos sob condições de irrigação nos três ambientes e as parcelas foram colhidas manualmente e debulhadas mecanicamente.

3.3.3. Avaliação das características agronômicas

No decorrer do período experimental foram avaliadas as seguintes características agronômicas:

- *Plantas acamadas (PA)* – contadas como acamadas, na parcela, as plantas que apresentaram ângulo de inclinação superior a 30° com a vertical e, para análise de variância, os dados foram transformados em percentagem de arco seno da raiz da percentagem de $(x+0,5)$.

- *Plantas quebradas (PQ)* – contadas como quebradas, as plantas que se apresentaram quebradas abaixo da espiga superior e, para análise de variância, os dados foram transformados em percentagem de arco seno da raiz da percentagem de $(x+0,5)$.

- *Altura da planta (AP)* – determinada em seis plantas de cada parcela pela distância, em centímetros, entre a superfície do solo e a inserção da folha bandeira, antes da colheita.

- *Altura da espiga (AE)* – determinada em seis plantas de cada parcela pela distância, em centímetros, entre a superfície do solo e da inserção da espiga superior, antes da colheita.

- *Produtividade* – determinada após a colheita, através da pesagem dos grãos da parcela experimental, com os grãos corrigidos para o teor de umidade de 13%, com dados expressos em kg/ha.

3.4. Análise estatística dos dados

3.4.1. Seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho

Os resultados obtidos para desenvolvimento do sistema radicular das linhagens foram submetidos à análise de variância conjunta pelo teste F e os genótipos classificados como, superiores e inferiores, pelo índice de seleção de MULAMBA & Mock (1978).

3.4.2. Avaliação de híbridos

Para avaliação do desempenho dos híbridos, os resultados obtidos foram submetidos às análises de variância individuais e conjuntas e pelo teste F; as médias das variáveis foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade e as médias dos grupos superiores, inferiores e superiores x inferiores foram comparadas por contrastes ortogonais.

As somas de quadrados dos tratamentos foram decompostas em capacidade geral e específica de combinação, por meio de análises dialélicas, utilizando o método 4 proposto por GRIFFING (1956), de acordo com o modelo:

$$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \bar{e}_{ij},$$

onde:

Y_{ij} : é o valor médio do híbrido ij ($i, j=1, 2, 3 \dots p, i < j$);

m : é a média geral;

g_i, g_j : é o efeito da capacidade geral de combinação (CGC) do i-ésimo e j-ésimo genitor, respectivamente;

s_{ij} : é o efeito da capacidade específica de combinação (CEC) para as combinações híbridas entre os genitores i e j;

\bar{e}_{ij} : é o erro experimental médio.

Todas as análises estatísticas foram realizadas com auxílio dos programas SAS 9.1 (SAS, 2004) e Genes (CRUZ, 2006).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho

A análise de variância do experimento em solução nutritiva, para avaliação do desenvolvimento inicial do sistema radicular de 113 linhagens endogâmicas de milho, indicou significância ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas (Tabela 4), evidenciando variabilidade genética entre as linhagens avaliadas.

Tabela 4. Resumo da análise de variância das características comprimento, área e volume de raízes de linhagens endogâmicas de milho, selecionadas para o crescimento inicial do sistema radicular no ano de 2009, em Jaboticabal-SP.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios		
		Comp. (cm)	Área (cm ²)	Volume (cm ³)
Blocos	1	24,5 ^{ns}	0,004 ^{ns}	0,000007 ^{ns}
Tratamento	112	39,7 ^{**}	0,018 ^{**}	0,0002 ^{**}
Resíduo	113	4,1	0,003	0,00007
Média geral		27,1	3,4	0,03
C.V (%)		7,9	17,4	24,7

ns=não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

De acordo com o índice de MULAMBA e MOCK (1978) e, na proporção de 1:1:1, a hierarquia dos genótipos para comprimento, área e volume do sistema radicular, classificou, como superiores, as linhagens: PH13, PH22, PH39, PH45, PH56, PH60, PH63, PH99, PH100, PH103, PH105, PH110, PH112 e PH113 (Tabela 5). As linhagens dispostas classificadas como inferiores para as características avaliadas foram: PH17, PH29, PH34, PH38, PH84 (Tabela 5). Este índice hierarquiza os genótipos, inicialmente, para cada característica, por meio da atribuição de valores absolutos mais elevados àqueles de melhor desempenho. Por fim, os valores atribuídos a cada característica são somados, obtendo-se a soma dos postos, que assinala a classificação dos genótipos (CRUZ & REGAZZI, 2001). Com o objetivo de estimar a predição de ganhos por vários índices de seleção, de duzentas famílias de irmãos-

completos de milho pipoca, FREITAS JUNIOR et al. (2006) concluíram que o índice que proporcionava ganhos superiores e melhor distribuídos entre as características era o índice baseado na soma de postos de MULAMBA E MOCK (1978). Este índice também apresenta a vantagem de não ser afetado pela desigualdade das variâncias das características, bem como a simplicidade de uso e não necessidade de estimar de parâmetros genéticos.

Tabela 5. Valores médios de comprimento, área e volume do sistema radicular de linhagens endogâmicas de milho selecionadas como superiores (S_i) e inferiores (I_j), pelo índice de seleção de MULAMBA E MOCK (1978) no ano de 2009, em Jaboticabal-SP.

Grupo	Código linhagem	Linhagens	Origem	Valores médios		
				Comprimento (cm)	Área (cm ²)	Volume (cm ³)
Superiores	S ₁	PH63	STR028-2	34,88	7,28	0,06
	S ₂	PH 60	SRT010-1(1)	34,45	5,14	0,04
	S ₃	PH110	D8480036-2	31,42	5,06	0,04
	S ₄	PH105	D8480011-1	30,50	4,60	0,04
	S ₅	PH103	D8480004-2(2)	35,02	5,34	0,04
	S ₆	PH56	D333b008-5(1)	33,42	5,87	0,05
	S ₇	PH112	D333b008-5(2)	31,40	5,07	0,04
	S ₈	PH113	D333b008-5(3)	34,90	4,70	0,04
	S ₉	PH100	A2555013-1(1)	34,43	5,51	0,04
	S ₁₀	PH99	A2555003-1	35,94	5,39	0,04
	S ₁₁	PH45	9560019-2(10)	29,27	4,76	0,04
	S ₁₂	PH39	7575050-1	26,25	5,79	0,06
	S ₁₃	PH22	577017-1(2)	27,35	7,54	0,07
	S ₁₄	PH13	350017-1(1)	29,25	4,77	0,04
Inferiores	I ₁	PH17	350036-1(1)	17,11	1,44	0,02
	I ₂	PH84	30F88045-2	20,79	3,37	0,03
	I ₃	PH34	7575011-1(2)	21,12	2,74	0,03
	I ₄	PH38	7575043-2	18,79	3,42	0,03
	I ₅	PH29	599033-3	22,24	3,09	0,03



Figura 2. Aspecto do sistema radicular, em cultivo hidropônico, das linhagens endogâmicas de milho selecionadas como superiores (S_i) e inferiores (I_j), pelo índice de seleção de MULAMBA E MOCK (1978), no ano de em 2009, em Jaboticabal-SP.

As linhagens classificadas como superiores apresentaram valores de comprimento, área e volume de raízes compreendidos entre 26,25 a 35,94 cm, 4,5 a 7,54 cm² e 0,04 a 0,07 cm³, respectivamente. Já as linhagens pertencentes ao grupo das inferiores, apresentaram raízes com comprimento, área e volume compreendidos entre 17,11 a 22,24 cm, 1,44 a 3,42 cm² e 0,02 a 0,03 cm³ (Tabela 5) (Figura 1).

4.2. Efeito da seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho para sistema radicular

4.2.1 Análises individuais

4.2.1.1. Barretos-SP

Na tabela 6 estão apresentados os resultados da análise de variância individual para o ambiente de Barretos-SP. De uma forma geral, o coeficiente de variação (C.V %) indica uma boa precisão experimental, apresentando valores iguais ou inferiores a 25% para todas as características avaliadas, com exceção da porcentagem de plantas quebradas (%PQ) com 36%, devido à ocorrência de ventos fortes na região, durante o período experimental (Tabela 6).

As testemunhas apresentaram desempenhos similares para todas as características avaliadas (Tabela 6).

Entre os híbridos superiores houve diferenças significativas ($P < 0,01$) para as características de altura de espiga (AE), altura da planta (AP) e produtividade e ($P < 0,05$) para plantas quebradas (%PQ) (Tabela 6). A produtividade (PROD), característica de maior valor econômico, apresentou variações entre este grupo, com valores compreendidos entre 3.291 Kg/ha a 10.947 Kg/ha (Tabela 7). Já os híbridos inferiores e superiores x inferiores, apesar de não apresentarem diferenças significativas para as características de porcentagem de plantas acamadas (%PA), %PQ, AE e AP, apresentaram variação nos seus desempenhos produtivos (Tabela 6).

A produtividade das testemunhas foi significativamente diferente dos híbridos dialélicos (Tabela 6), com uma produtividade média de 11.734 Kg/ha, superior à do experimento (Tabela7).

Os híbridos superiores, quando comparados com os restantes, apresentaram, em média, piores desempenhos que os demais híbridos (Tabela 6), com, respectivamente, 9.213 kg/ha versus 10.657 Kg/ha para os inferiores e 10.591 kg/ha para superiores x inferiores (Tabela 7).

Importante ressaltar que, em Barretos-SP, o desempenho médio dos híbridos dialélicos foi inferior ao das testemunhas e entre os híbridos experimentais, os inferiores e superiores x inferiores não diferenciaram entre si (Tabela 7), exceto para produtividade dos híbridos superiores (Tabela 6).

Tabela 6. Resumo da análise de variância das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011, em Barretos-SP.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
Repetição	2	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	25,90 ^{ns}	10,5 ^{ns}	8255890 ^{**}
Híbridos	96	0,07 ^{ns}	0,25 ^{ns}	285,90 ^{**}	529,6 ^{**}	3666061 ^{**}
Testemunhas	2	0,13 ^{ns}	0,09 ^{ns}	30,08 ^{ns}	373,00 ^{ns}	536924 ^{ns}
Superiores	64	0,08 ^{ns}	0,30 [*]	291,30 ^{**}	643,50 ^{**}	2179762 ^{**}
Inferiores	7	0,04 ^{ns}	0,16 ^{ns}	337,80 ^{ns}	240,90 ^{ns}	3541647 ^{**}
Superiores x inferiores	20	0,03 ^{ns}	0,12 ^{ns}	278,40 ^{ns}	345,00 ^{ns}	1671445 ^{**}
Dialelos vs testemunha	1	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	462,30 ^{ns}	301,70 ^{ns}	39976973 ^{**}
Superiores vs demais	1	0,14 ^{ns}	0,01 ^{ns}	650,80 ^{ns}	71,40 ^{ns}	116629765 ^{**}
Superiores x Inferiores vs inferiores	1	0,00 ^{ns}	1,25 ^{**}	26,90 ^{ns}	194,20 ^{ns}	48181 ^{ns}
Resíduo	192	0,08	0,12	118,80	185,10	1157089
C.V (%)		25,2	36,0	9,2	23,6	11,1

ns=não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 7. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP.

Híbrido	Valores médios				
	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁ x S ₃	1,00 a	1,50 a	113,3 a	234,2 b	8.769 b
S ₁ x S ₄	1,00 a	1,43 a	125,0 a	243,3 b	9.420 b
S ₁ x S ₅	1,00 a	2,43 b	121,7 a	250,0 b	8.759 b
S ₁ x S ₆	1,23 a	1,00 a	116,7 a	248,3 b	9.656 b
S ₁ x S ₇	1,43 a	1,23 a	131,7 a	265,0 a	9.397 b
S ₁ x S ₈	1,00 a	1,77 a	131,7 a	260,0 a	3.291 d
S ₁ x S ₉	1,00 a	1,00 a	126,7 a	250,0 b	7.732 b
S ₁ x S ₁₀	1,00 a	1,30 a	123,3 a	235,0 b	8.814 b
S ₁ x S ₁₂	1,00 a	1,27 a	133,3 a	275,0 a	8.772 b
S ₁ x S ₁₃	1,00 a	1,23 a	115,8 a	258,3 b	10.261 a
S ₁ x S ₁₄	1,00 a	1,67 a	139,2 a	264,2 a	9.646 b
S ₂ x S ₃	1,00 a	1,43 a	105,0 a	226,3 b	9.643 b
S ₂ x S ₈	1,23 a	1,47 a	120,0 a	245,0 b	4.556 d
S ₂ x S ₉	1,53 a	1,27 a	133,3 a	250,0 b	10.013 a
S ₂ x S ₁₀	1,00 a	1,47 a	127,5 a	236,7 b	8.575 b
S ₂ x S ₁₄	1,23 a	1,00 a	138,3 a	266,7 a	10.592 a
S ₃ x S ₆	1,00 a	1,00 a	113,3 a	228,3 b	9.583 b
S ₃ x S ₇	1,00 a	1,00 a	111,7 a	225,0 b	9.938 b
S ₃ x S ₈	1,00 a	1,40 a	101,7 b	211,7 b	8.806 b
S ₃ x S ₉	1,57 a	1,23 a	118,3 a	225,0 b	9.456 b
S ₃ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	110,0 a	225,8 b	10.526 a
S ₃ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	115,0 a	239,2 b	9.820 b
S ₃ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	98,3 b	228,3 b	8.307 b
S ₄ x S ₆	1,00 a	1,23 a	115,0 a	220,0 b	8.884 b
S ₄ x S ₇	1,00 a	1,00 a	110,0 a	220,0 b	9.721 b
S ₄ x S ₈	1,00 a	1,36 a	101,7 b	210,0 b	9.148 b
S ₄ x S ₉	1,37 a	1,27 a	125,0 a	240,0 b	8.864 b
S ₄ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	125,0 a	231,7 b	10.412 a
S ₄ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	122,5 a	230,0 b	10.146 a
S ₄ x S ₁₂	1,23 a	1,70 a	121,7 a	240,0 b	10.226 a
S ₄ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	102,5 b	223,3 b	8.109 b
S ₄ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	120,0 a	232,5 b	10.298 a

Continua...

Tabela 7. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₅ x S ₆	1,00 a	1,27 a	108,3 a	238,3 b	9.193 b
S ₅ x S ₇	1,00 a	1,00 a	105,8 a	243,3 b	10.110 a
S ₅ x S ₈	1,00 a	1,40 a	105,8 a	211,7 b	10.049 a
S ₅ x S ₁₁	1,23 a	1,23 a	106,7 a	221,7 b	9.069 b
S ₅ x S ₁₂	1,00 a	1,77 a	111,7 a	248,3 b	7.752 b
S ₅ x S ₁₃	1,00 a	1,53 a	106,7 a	230,0 b	8.505 b
S ₅ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	116,7 a	241,7 b	9.547 b
S ₆ x S ₉	1,40 a	2,40 b	108,3 a	218,3 b	7.375 c
S ₆ x S ₁₀	1,00 a	1,23 a	100,0 b	213,3 b	8.718 b
S ₆ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	103,3 b	211,7 b	9.409 b
S ₆ x S ₁₂	1,40 a	1,50 a	109,2 a	220,0 b	7.824 b
S ₆ x S ₁₃	1,00 a	1,23 a	107,5 a	233,3 b	9.396 b
S ₆ x S ₁₄	1,00 a	1,23 a	120,0 a	230,0 b	8.382 b
S ₇ x S ₉	1,00 a	1,00 a	125,0 a	240,0 b	8.427 b
S ₇ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	108,3 a	227,5 b	8.829 b
S ₇ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	123,3 a	236,6 b	8.943 b
S ₇ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	123,3 a	251,7 b	6.311 c
S ₇ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	115,0 a	249,2 b	10.072 a
S ₇ x S ₁₄	1,53 a	1,00 a	120,0 a	256,7 b	9.883 b
S ₈ x S ₉	1,00 a	1,70 a	120,0 a	225,8 b	8.856 b
S ₈ x S ₁₁	1,00 a	1,27 a	119,2 a	231,7 b	8.838 b
S ₈ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	106,7 a	223,3 b	8.498 b
S ₈ x S ₁₃	1,23 a	1,00 a	108,3 a	240,0 b	9.223 b
S ₈ x S ₁₄	1,23 a	1,87 b	124,2 a	231,7 b	9.605 b
S ₉ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	118,3 a	227,8 b	8.371 b
S ₉ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	115,0 a	240,8 b	8.258 b
S ₉ x S ₁₃	1,27 a	1,00 a	128,3 a	240,0 b	9.801 b
S ₉ x S ₁₄	1,23 a	1,43 a	133,3 a	246,7 b	8.707 b
S ₁₀ x S ₁₃	1,43 a	1,00 a	118,3 a	246,6 b	10.947 a
S ₁₀ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	128,3 a	243,3 b	9.958 b
S ₁₁ x S ₁₂	1,23 a	1,00 a	128,3 a	256,7 b	9.126 b
S ₁₁ x S ₁₃	1,40 a	1,23 a	121,7 a	245,8 b	9.947 b
S ₁₃ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	120,0 a	250,0 b	9.899 b
I ₁ x I ₃	1,00 a	1,53 a	120,0 a	241,7 b	10.551 a
I ₁ x I ₄	1,00 a	1,43 a	133,3 a	250,0 b	11.709 a
I ₁ x I ₅	1,00 a	1,27 a	116,7 a	243,3 b	11.069 a
I ₂ x I ₃	1,23 a	1,73 a	120,0 a	228,3 b	10.961 a
I ₂ x I ₅	1,00 a	1,50 a	133,3 a	253,3 b	9.784 b

Continua...

Tabela 7. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
I ₃ x I ₄	1,00 a	1,00 a	104,2 a	238,3 b	9.858 b
I ₃ x I ₅	1,23 a	1,40 a	128,3 a	236,7 b	12.078 a
I ₄ x I ₅	1,00 a	1,53 a	116,7 a	233,3 b	9.141 b
S ₁ x I ₁	1,00 a	1,27 a	125,0 a	240,0 b	11.373 a
S ₁ x I ₂	1,00 a	1,27 a	130,8 a	240,8 b	10.502 a
S ₁ x I ₃	1,00 a	1,23 a	128,3 a	255,0 b	10.342 a
S ₁ x I ₄	1,00 a	1,50 a	135,0 a	246,7 b	10.232 a
S ₁ x I ₅	1,00 a	1,27 a	105,0 a	220,0 b	9.464 b
S ₂ x I ₁	1,00 a	1,23 a	125,0 a	245,0 b	9.846 b
S ₂ x I ₂	1,00 a	1,00 a	125,0 a	240,8 b	10.596 a
S ₂ x I ₃	1,23 a	1,00 a	116,7 a	221,7 b	10.925 a
S ₃ x I ₁	1,00 a	1,00 a	103,3 a	223,3 b	10.207 a
S ₃ x I ₂	1,00 a	1,40 a	105,0 a	222,5 b	10.245 a
S ₃ x I ₃	1,23 a	1,23 a	131,7 a	246,6 b	12.515 a
S ₃ x I ₄	1,00 a	1,00 a	130,0 a	240,0 b	10.411 a
S ₃ x I ₅	1,00 a	1,00 a	110,0 a	236,7 b	10.628 a
S ₄ x I ₁	1,00 a	1,00 a	116,7 a	230,0 b	11.041 a
S ₄ x I ₂	1,00 a	1,23 a	130,0 a	241,7 b	10.161 a
S ₄ x I ₃	1,27 a	1,67 a	117,5 a	238,3 b	9.474 b
S ₄ x I ₅	1,23 a	1,00 a	121,7 a	241,7 b	10.109 a
S ₅ x I ₁	1,00 a	1,00 a	127,5 a	256,7 b	12.133 a
S ₅ x I ₂	1,00 a	1,00 a	111,7 a	236,7 b	10.780 a
S ₅ x I ₃	1,00 a	1,00 a	113,3 a	238,3 b	10.514 a
S ₅ x I ₅	1,00 a	1,00 a	117,5 a	220,4 b	10.917 a
DKB390	1,00 a	1,27 a	129,2 a	251,7 b	12.049 a
AG7000	1,37 a	1,00 a	124,8 a	230,7 b	11.296 a
2B707	1,00 a	1,33 a	123,0 a	247,7 b	12.007 a
Superiores	1,90	1,24	117,4	237,1	9.213
Inferiores	1,06	1,40	121,8	240,5	10.657
Superiores x Inferiores	1,04	1,56	120,4	237,7	10.591
Testemunhas	1,12	1,20	125,7	243,3	11.734
Média geral	1,08	1,24	118,6	237,6	9.709
C.V (%)	25,2	36,0	9,2	5,7	11,1

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

4.2.1.2. Monte Azul Paulista-SP

Os C.V (%) de 22,6% para PA 5,79% para AE, 3,83% para AP e 11,6% para produtividade, obtidos no experimento de Monte Azul Paulista-SP, indicam uma boa precisão experimental. Porém, similarmente ao ocorrido no ambiente de Barretos-SP, a %PQ apresentou 43,3% de C.V (%), valor maior que o das restantes características avaliadas, devido à ocorrência de ventos fortes na região durante o período experimental (Tabela 8).

As testemunhas não apresentaram diferenças significativas para nenhuma característica avaliada (Tabela 8).

Ao contrário dos híbridos superiores, que apresentaram diferenças entre si ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas, exceto (%PQ) com ($P < 0,05$), os híbridos inferiores apresentaram, neste local, desempenhos similares (Tabela 8).

Tabela 8. Resumo da análise de variância das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Monte Azul Paulista-SP.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
Repetição	2	0,01 ^{ns}	0,52 ^{ns}	35,4 ^{ns}	23,2 ^{ns}	591579 ^{ns}
Híbridos	87	0,09 ^{**}	0,81 ^{**}	463,4 ^{**}	670,5 ^{**}	4168275 ^{**}
Testemunhas	2	0,22 ^{ns}	0,82 ^{ns}	27,10 ^{ns}	181,4 ^{ns}	809679 ^{ns}
Superiores	59	0,11 ^{**}	0,39 [*]	457,1 ^{**}	717,4 ^{**}	2741234 ^{**}
Inferiores	6	0,06 ^{ns}	0,18 ^{ns}	247,2 ^{ns}	177,8 ^{ns}	3375941 ^{ns}
Superiores x inferiores	17	0,02 ^{ns}	2,56 ^{**}	493,5 ^{**}	559,9 ^{**}	7165301 ^{**}
Dialelos vs testemunha	1	0,08 ^{ns}	0,21 ^{ns}	2849,2 ^{**}	1442,4 [*]	48657758 ^{**}
Superiores vs demais	1	0,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	583,7 ^{ns}	2074,6 ^{**}	1321252 ^{ns}
Superiores x Inferiores vs inferiores	1	0,04 ^{ns}	0,57 ^{ns}	172,3 ^{ns}	1629,4 ^{**}	7827556 ^{ns}
Resíduo	174	0,06	0,30	57,5	84,8	1436028
C.V (%)		22,6	43,3	5,8	3,8	11,6

ns=não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 9. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Monte Azul Paulista-SP.

Híbrido	Valores médios				
	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁ x S ₃	1,00 a	1,00 a	130,8 b	239,2 b	8.104 b
S ₁ x S ₄	1,23 a	1,23 a	149,2 a	259,2 a	10.571 a
S ₁ x S ₅	1,23 a	1,23 a	136,7 b	275,5 a	9.669 a
S ₁ x S ₆	1,23 a	1,47 a	141,7 a	251,7 a	10.514 a
S ₁ x S ₇	2,00 b	1,00 a	142,4 a	256,7 a	10.587 a
S ₁ x S ₈	1,00 a	1,37 a	135,8 b	249,2 a	8.657 b
S ₁ x S ₉	1,00 a	1,00 a	145,8 a	253,3 a	9.308 b
S ₁ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	150,0 a	265,0 a	11.523 a
S ₁ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	153,3 a	275,8 a	12.497 a
S ₁ x S ₁₃	1,43 a	1,67 a	141,7 a	266,7 a	10.627 a
S ₁ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	146,8 a	260,0 a	10.710 a
S ₂ x S ₃	1,00 a	1,00 a	122,5 b	231,7 b	10.263 a
S ₂ x S ₉	1,00 a	1,00 a	148,3 a	250,8 a	11.410 a
S ₂ x S ₁₀	1,40 a	1,00 a	129,2 b	234,2 b	9.505 a
S ₂ x S ₁₄	1,00 a	1,23 a	144,2 a	250,8 a	12.268 a
S ₃ x S ₆	1,00 a	1,23 a	115,0 b	214,2 c	10.160 a
S ₃ x S ₇	1,00 a	1,43 a	115,0 b	220,8 b	10.521 a
S ₃ x S ₈	1,00 a	1,70 a	104,2 c	212,5 c	9.688 a
S ₃ x S ₉	1,00 a	1,00 a	122,5 b	226,7 b	10.241 a
S ₃ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	113,3 b	214,2 c	10.360 a
S ₃ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	118,3 b	228,3 b	11.760 a
S ₃ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	112,5 b	227,5 b	9.113 b
S ₄ x S ₆	1,00 a	1,67 a	113,3 b	210,8 c	9.859 a
S ₄ x S ₇	1,00 a	1,00 a	125,8 b	228,3 b	11.097 a
S ₄ x S ₈	1,00 a	1,40 a	116,7 b	210,8 c	8.927 b
S ₄ x S ₉	1,00 a	1,43 a	133,3 b	225,8 b	10.212 a
S ₄ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	125,8 b	232,5 b	10.874 a
S ₄ x S ₁₂	1,00 a	1,83 a	133,3 b	240,0 b	10.704 a
S ₄ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	110,0 b	226,7 b	7.652 b
S ₄ x S ₁₄	1,00 a	1,23 a	123,3 b	223,3 b	10.680 a
S ₅ x S ₆	1,00 a	1,23 a	131,2 b	247,5 a	10.208 a
S ₅ x S ₇	1,00 a	2,90 b	128,3 b	235,8 b	10.562 a

Continua...

Tabela 9. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₅ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	115,8 b	229,2 b	10.070 a
S ₅ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	113,3 b	247,5 a	8.258 b
S ₅ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	115,8 b	241,7 b	9.972 a
S ₅ x S ₁₄	1,00 a	1,23 a	126,7 b	236,7 b	10.469 a
S ₆ x S ₉	1,00 a	1,27 a	129,2 b	230,8 b	10.222 a
S ₆ x S ₁₀	1,00 a	1,23 a	114,2 b	216,7 b	8.820 b
S ₆ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	128,3 b	230,0 b	10.437 a
S ₆ x S ₁₂	1,00 a	1,50 a	129,2 b	235,0 b	10.325 a
S ₆ x S ₁₃	1,00 a	1,23 a	121,7 b	230,8 b	9.844 a
S ₆ x S ₁₄	1,47 a	1,93 a	121,7 b	229,2 b	9.112 b
S ₇ x S ₉	1,00 a	1,00 a	139,2 b	237,5 b	9.755 a
S ₇ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	128,3 b	232,5 b	10.310 a
S ₇ x S ₁₁	1,00 a	1,27 a	123,3 b	229,2 b	10.202 a
S ₇ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	144,2 a	261,7 a	11.124 a
S ₇ x S ₁₃	1,00 a	1,70 a	130,8 b	250,8 a	10.579 a
S ₇ x S ₁₄	1,00 a	1,23 a	153,3 a	252,5 a	12.019 a
S ₈ x S ₉	1,00 a	1,30 a	120,0 b	220,8 b	9.987 a
S ₈ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	112,5 b	215,0 c	9.391 b
S ₈ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	123,3 b	226,7 b	9.598 a
S ₈ x S ₁₃	1,00 a	1,43 a	107,5 c	229,2 b	10.376 a
S ₈ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	133,3 b	234,2 b	10.494 a
S ₉ x S ₁₃	1,87 b	1,27 a	140,8 a	250,8 a	10.210 a
S ₉ x S ₁₄	1,00 a	1,23 a	140,8 a	239,2 b	10.204 a
S ₁₀ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	127,5 b	247,5 a	11.667 a
S ₁₀ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	135,8 b	236,7 b	9.581 a
S ₁₁ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	145,0 a	264,2 a	11.369 a
S ₁₁ x S ₁₃	1,00 a	1,27 a	130,0 b	235,8 b	9.176 b
S ₁₃ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	122,5 b	240,8 b	10.060 a
I ₁ x I ₃	1,00 a	1,23 a	125,8 b	241,7 b	9.991 a
I ₁ x I ₄	1,00 a	1,27 a	119,2 b	244,8 b	9.586 a
I ₁ x I ₅	1,00 a	1,00 a	121,7 b	235,0 b	11.851 a
I ₂ x I ₅	1,00 a	1,00 a	139,2 b	240,8 b	10.798 a
I ₃ x I ₄	1,00 a	1,60 a	139,2 b	237,5 b	12.516 a
I ₃ x I ₅	1,27 a	1,00 a	137,7 b	230,2 b	11.179 a
I ₄ x I ₅	1,27 a	1,00 a	128,3 b	224,2 b	10.265 a
S ₁ x I ₁	1,00 a	1,43 a	126,7 b	270,0 a	9.677 a
S ₁ x I ₂	1,00 a	1,00 a	110,8 b	234,7 b	7.425 b

Continua...

Tabela 9. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁ x I ₃	1,00 a	1,00 a	127,5 b	254,2 a	9.993 a
S ₁ x I ₄	1,00 a	1,00 a	118,3 b	250,8 a	8.875 b
S ₁ x I ₅	1,23 a	1,00 a	120,8 b	257,5 a	6.846 c
S ₂ x I ₂	1,00 a	1,00 a	151,7 a	264,2 a	10.437 a
S ₂ x I ₃	1,00 a	1,70 a	123,3 b	237,5 b	8.716 b
S ₃ x I ₁	1,00 a	4,93 c	145,8 a	236,7 b	12.201 a
S ₃ x I ₂	1,00 a	1,00 a	129,2 b	231,7 b	12.019 a
S ₃ x I ₃	1,27 a	1,47 a	131,2 b	235,8 b	9.676 a
S ₃ x I ₄	1,00 a	1,00 a	135,8 b	232,5 b	9.387 b
S ₃ x I ₅	1,00 a	1,00 a	138,3 a	251,7 a	11.610 a
S ₄ x I ₁	1,00 a	1,57 a	156,7 a	270,0 a	11.740 a
S ₄ x I ₂	1,00 a	1,00 a	132,5 b	236,7 b	11.249 a
S ₄ x I ₃	1,00 a	1,23 a	129,2 b	247,5 a	9.747 a
S ₅ x I ₁	1,00 a	1,00 a	158,3 a	263,3 a	11.811 a
S ₅ x I ₂	1,00 a	1,00 a	133,3 b	234,2 b	11.068 a
S ₅ x I ₃	1,00 a	1,00 a	133,3 b	234,2 b	10.480 a
DKB390	1,00 a	1,23 a	147,5 a	251,7 a	13.088 a
AG7000	1,47 a	1,00 a	145,8 a	245,0 a	12.061 a
2B707	1,00 a	2,00 a	151,7 a	260,5 a	12.711 a
Superiores	1,06	1,24	129,3	237,7	10.208
Inferiores	1,08	1,14	130,9	235,6	11.032
Superiores x Inferiores	1,03	1,35	133,5	246,8	10.164
Testemunhas	1,16	1,41	148,3	252,4	12.620
Média geral	1,06	1,26	130,8	240,0	10.335
C.V (%)	22,5	43,3	5,8	3,8	11,6

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Os híbridos superiores x inferiores também se comportaram de forma diferente para %PQ, AE, AP e produtividade (Tabela 8), apresentando valores entre 1,00% a 4,93% para %PQ, 110,8 cm a 158,3 cm para AE, 231,7 cm a 270,0 cm para AP e 6.846 kg/ha a 12.201 Kg/ha para produtividade (Tabela 9).

Comparando os diferentes grupos de híbridos observou-se que os 85 híbridos dialélicos testados em Monte Azul Paulista-SP apresentaram valores médios de AE, AP e produtividade inferiores aos híbridos comerciais (Tabela 9).

4.2.1.3. Santa Helena de Goiás-GO

Tanto os híbridos superiores como os superiores x inferiores apresentaram diferenças entre si para as características de %PQ, AE, AP e produtividade. Diferentemente, os híbridos inferiores apenas diferiram na AE e AP (Tabela10).

Conforme resultados apresentados nas Tabelas 10 e 11, as três testemunhas comerciais, apresentaram desempenho similar para todas as características, exceto (%PQ).

Os grupos dialélicos apenas se diferenciaram para AE (Tabela10), com os híbridos superiores apresentando para esta característica menor valor médio (118,7 cm) que os inferiores (124,9 cm) e superiores x inferiores (122 cm) (Tabela 11).

Tabela 10. Resumo da análise de variância das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Santa Helena de Goiás-GO.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
Repetição	2	0,01 ^{ns}	2,52 ^{ns}	227,6 ^{ns}	281,3 ^{ns}	536997 ^{ns}
Híbridos	87	0,01 ^{ns}	7,12 ^{**}	391,3 ^{**}	610,5 ^{**}	3064694 ^{**}
Testemunhas	2	0,10 ^{ns}	7,11 [*]	8,3 ^{ns}	154,9 ^{ns}	1541105 ^{ns}
Superiores	59	0,01 ^{ns}	8,21 ^{**}	373,2 ^{**}	700,2 ^{**}	2213592 ^{**}
Inferiores	6	0,01 ^{ns}	1,26 ^{ns}	507,8 ^{**}	423,0 ^{**}	2666761 ^{ns}
Superiores x inferiores	17	0,02 ^{ns}	5,60 ^{**}	355,5 ^{**}	472,0 ^{**}	4623970 ^{**}
Dialelos vs testemunha	1	0,00 ^{ns}	0,53 ^{ns}	2450,0 ^{**}	564,3 ^{ns}	30591634 ^{**}
Superiores vs demais	1	0,01 ^{ns}	9,30 ^{ns}	856,9 [*]	250,4 ^{ns}	3797908 ^{ns}
Superiores x Inferiores vs inferiores	1	0,01 ^{ns}	7,61 ^{ns}	107,5 ^{ns}	92,9 ^{ns}	6595832 ^{ns}
Resíduo	174	0,01	1,16	94,7	113,3	865607
C.V (%)		8,5	38,4	8,08	4,6	9,32

ns=não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 11. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Santa Helena de Goiás-GO.

Híbrido	Valores médios				
	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁ x S ₃	1,00 a	1,23 b	118,3 c	228,3 b	9.792 a
S ₁ x S ₄	1,00 a	3,23 c	123,3 b	240,0 b	10.290 a
S ₁ x S ₅	1,00 a	1,90 b	129,3 b	253,7 a	9.214 a
S ₁ x S ₆	1,00 a	5,40 e	120,0 c	236,7 b	10.038 a
S ₁ x S ₇	1,00 a	4,37 e	127,7 b	238,3 b	10.712 a
S ₁ x S ₈	1,00 a	1,67 b	111,7 c	220,0 b	10.016 a
S ₁ x S ₉	1,00 a	3,90 d	130,0 b	235,0 b	10.019 a
S ₁ x S ₁₀	1,00 a	1,33 b	137,0 a	250,3 a	10.168 a
S ₁ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	143,3 a	275,3 a	10.634 a
S ₁ x S ₁₃	1,23 a	4,60 e	123,3 b	251,7 a	10.108 a
S ₁ x S ₁₄	1,00 a	2,10 b	126,7 b	253,3 a	10.803 a
S ₂ x S ₃	1,00 a	1,33 b	113,7 c	229,3 b	9.953 a
S ₂ x S ₉	1,00 a	1,00 a	141,3 a	250,0 a	10.712 a
S ₂ x S ₁₀	1,00 a	5,80 f	120,0 c	231,3 b	9.675 a
S ₂ x S ₁₄	1,13 a	1,00 a	141,3 a	258,9 a	11.430 a
S ₃ x S ₆	1,00 a	3,30 d	98,3 e	210,0 c	9.185 a
S ₃ x S ₇	1,00 a	3,60 d	111,7 c	210,0 c	9.034 a
S ₃ x S ₈	1,00 a	1,53 b	102,9 d	212,2 c	9.247 a
S ₃ x S ₉	1,00 a	4,30 e	126,7 b	218,3 b	10.011 a
S ₃ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	111,7 c	220,3 b	10.443 a
S ₃ x S ₁₂	1,00 a	2,13 b	113,3 c	221,7 b	10.439 a
S ₃ x S ₁₃	1,00 a	5,30 e	105,0 d	220,0 b	10.889 a
S ₄ x S ₆	1,00 a	6,03 f	98,3 e	200,0 c	10.759 a
S ₄ x S ₇	1,00 a	6,43 g	116,7 c	220,0 b	10.081 a
S ₄ x S ₈	1,00 a	5,23 e	96,7 e	195,0 c	9.243 a
S ₄ x S ₉	1,00 a	5,60 f	129,7 b	223,3 b	10.641 a
S ₄ x S ₁₁	1,00 a	3,27 c	108,3 d	218,3 b	10.586 a
S ₄ x S ₁₂	1,00 a	4,50 e	116,7 c	228,3 b	10.378 a
S ₄ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	106,3 d	225,0 b	7.880 b
S ₄ x S ₁₄	1,00 a	2,77 c	108,3 d	223,3 b	11.486 a
S ₅ x S ₆	1,00 a	4,73 e	100,0 e	220,0 b	9.355 a

Continua...

Tabela 11. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₅ x S ₇	1,00 a	3,23 c	113,3 c	215,0 c	9.325 a
S ₅ x S ₁₁	1,00 a	1,90 b	110,0 d	213,3 c	9.436 a
S ₅ x S ₁₂	1,00 a	1,37 b	122,5 c	247,9 a	8.005 b
S ₅ x S ₁₃	1,00 a	3,53 d	108,3 d	233,3 b	9.696 a
S ₅ x S ₁₄	1,00 a	1,13 a	121,7 c	239,2 b	10.008 a
S ₆ x S ₉	1,00 a	4,33 e	111,7 c	216,7 b	9.963 a
S ₆ x S ₁₀	1,00 a	1,23 b	107,1 d	215,1 c	8.769 a
S ₆ x S ₁₁	1,00 a	3,47 d	116,7 c	211,7 c	9.736 a
S ₆ x S ₁₂	1,20 a	1,50 b	119,2 c	227,5 b	9.074 a
S ₆ x S ₁₃	1,00 a	1,27 b	114,6 c	232,1 b	9.620 a
S ₆ x S ₁₄	1,00 a	1,80 b	116,7 c	230,0 b	10.499 a
S ₇ x S ₉	1,00 a	2,93 c	106,7 d	221,8 b	9.190 a
S ₇ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	118,4 c	230,0 b	9.570 a
S ₇ x S ₁₁	1,00 a	3,83 d	121,7 c	218,3 b	9.417 a
S ₇ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	133,8 a	256,7 a	8.717 a
S ₇ x S ₁₃	1,00 a	4,47 e	130,0 b	235,0 b	10.316 a
S ₇ x S ₁₄	1,00 a	2,33 b	136,7 a	251,7 a	11.119 a
S ₈ x S ₉	1,00 a	5,03 e	118,3 c	218,3 b	9.623 a
S ₈ x S ₁₁	1,00 a	1,13 a	115,9 c	223,2 b	9.115 a
S ₈ x S ₁₂	1,00 a	3,57 d	108,3 d	218,3 b	9.290 a
S ₈ x S ₁₃	1,00 a	5,97 f	110,0 d	231,7 b	10.382 a
S ₈ x S ₁₄	1,00 a	1,63 b	125,0 b	228,3 b	10.610 a
S ₉ x S ₁₃	1,00 a	2,60 c	136,7 a	238,8 b	10.570 a
S ₉ x S ₁₄	1,00 a	1,00 a	131,7 b	231,7 b	9.909 a
S ₁₀ x S ₁₃	1,00 a	2,13 b	122,7 b	240,0 b	12.894 a
S ₁₀ x S ₁₄	1,00 a	1,23 b	120,0 c	231,7 b	10.524 a
S ₁₁ x S ₁₂	1,00 a	2,03 b	123,3 b	243,3 a	11.557 a
S ₁₁ x S ₁₃	1,00 a	3,50 d	118,3 c	230,0 b	9.168 a
S ₁₃ x S ₁₄	1,00 a	1,47 b	125,0 b	246,7 a	10.149 a
I ₁ x I ₃	1,00 a	1,23 b	122,9 b	241,7 b	10.271 a
I ₁ x I ₄	1,00 a	2,00 b	106,7 d	235,0 b	10.972 a
I ₁ x I ₅	1,00 a	3,27 b	110,0 d	216,7 b	10.227 a
I ₂ x I ₅	1,00 a	1,33 b	136,3 a	247,1 a	10.291 a
I ₃ x I ₄	1,00 a	2,20 b	133,3 a	231,7 b	10.195 a
I ₃ x I ₅	1,00 a	1,87 b	131,7 b	216,7 b	8.421 a
I ₄ x I ₅	1,00 a	1,83 b	131,7 b	223,3 b	11.023 a
S ₁ x I ₁	1,20 a	2,07 b	113,3 c	246,7 a	9.048 a

Continua...

Tabela 11. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁ x I ₂	1,23 a	2,43 b	103,3 d	226,7 b	9.826 a
S ₁ x I ₃	1,00 a	2,60 c	106,7 d	218,3 b	8.257 b
S ₁ x I ₄	1,00 a	1,00 a	126,4 b	249,0 a	9.553 a
S ₁ x I ₅	1,00 a	1,13 a	113,0 c	238,7 b	8.155 b
S ₂ x I ₂	1,00 a	3,67 d	123,3 b	236,7 b	10.273 a
S ₂ x I ₃	1,00 a	5,13 b	120,0 b	228,3 b	7.898 b
S ₃ x I ₁	1,00 a	3,67 d	136,7 a	233,3 b	8.639 a
S ₃ x I ₂	1,00 a	2,07 b	106,7 d	211,7 c	8.639 a
S ₃ x I ₃	1,00 a	3,90 d	126,7 b	220,0 b	8.915 a
S ₃ x I ₄	1,00 a	2,27 b	123,3 b	220,0 b	8.296 b
S ₃ x I ₅	1,00 a	1,76 b	121,7 c	233,3 b	9.918 a
S ₄ x I ₁	1,00 a	2,17 b	145,0 a	258,3 a	11.063 a
S ₄ x I ₂	1,00 a	5,90 f	123,3 b	233,3 b	11.732 a
S ₄ x I ₃	1,00 a	2,80 c	126,7 b	246,7 a	11.617 a
S ₅ x I ₁	1,00 a	1,60 b	136,7 a	236,7 b	10.482 a
S ₅ x I ₂	1,00 a	1,00 a	122,3 b	235,7 b	10.924 a
S ₅ x I ₃	1,00 a	3,73 d	120,0 c	216,7 b	8.474 a
DKB390	1,00 a	3,20 c	138,3 a	236,7 b	11.877 a
AG7000	1,00 a	4,50 e	135,0 a	235,7 b	11.033 a
2B707	1,00 a	1,43 b	136,7 a	216,7 b	12.458 a
Superiores	1,00	2,92	118,7	230,0	9.992
Inferiores	1,00	2,10	124,9	228,4	10.188
Superiores x Inferiores	1,03	2,70	122,0	232,8	9.540
Testemunhas	1,00	3,04	136,7	238,6	11.789
Média geral	1,01	2,81	120,5	230,8	9.977
C.V (%)	8,5	38,4	8,1	4,6	9,3

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

Igualmente aos ambientes de Barretos-SP e Monte Azul Paulista-SP, os C.V (%) das características avaliadas são baixos, com exceção da %PQ que apresentou muita variação devido à ocorrência de ventos fortes durante o período de condução do experimento.

4.2.2. Análise conjunta

Na Tabela 12 estão apresentados os resultados da análise de variância conjunta para os 85 híbridos comuns, avaliados nos os três ambientes. Os locais escolhidos para o desenvolvimento dos experimentos influenciaram os resultados obtidos, apresentando diferenças significativas ($P < 0,01$) em todas as características avaliadas.

Tabela 12. Resumo da análise de variância conjunta das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
Local	2	0,36 **	212,6 **	11502 **	6163,1 **	26912301,3 **
Repetição (Local)	6	0,046 ns	1,02 ns	96,3 ns	104,9 ns	3128155,4 *
Híbridos	96	0,068 **	2,71 **	777,2 **	1389,2 **	6112166,9 **
Testemunhas	2	0,23 ns	0,75 ns	22,1 ns	605,2 **	2446116,6 **
Superiores	64	0,08 **	3,08 **	861,7 **	1727,3 **	4626325,6 **
Inferiores	7	0,053 ns	0,35 ns	430,5 **	606,3 **	949171,3 *
Superiores x inferiores	20	0,026 ns	2,65 **	477,4 **	689,4 **	5611490,1 **
Dialelos vs testemunha	1	0,045 ns	0,38 ns	5159,2 **	2086,6 **	118180676,4 **
Superiores vs demais	1	0,064 ns	2,55 ns	2078,2 **	1667,4 *	30235291,6 **
Superiores x Inferiores vs inferiores	1	0,005 ns	2,13 ns	1,5 ns	390,4 ns	10812979,3 *
Híbridos x Local	174	0,05 ns	2,61 **	156,3 **	166,3 *	2266908,8 **
Dialelos vs testemunha x Local	2	0,027 ns	0,19 ns	607,8 ns	111,7 ns	220795,9 ns
Testemunhas x Local	4	0,06 ns	3,63 **	21,7 ns	52,1 ns	1150463,2 *
Superiores x local	118	0,06 ns	2,79 **	105,7 *	120,9 ns	4576836,5 **
Inferiores x local	10	0,02 ns	0,602 *	321,9 **	81,1 ns	3576962,4 **
Superiores x Inferiores x Local	34	0,019 ns	2,59 **	307,5 **	313,3 *	522844,0 ns
Superiores vs resto x Local	2	0,05 ns	3,56 ns	9,3 ns	408,6 ns	42578348,2 **
Superiores x Inferiores vs inferiores x Local	2	0,023 ns	3,86 *	152,1 ns	763,1 *	2254710,9 ns
Resíduo	540	0,047	0,54	91,3	129,7	1153047,0
C.V (%)		20,66	42,0	7,8	4,82	10,7

ns=não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 13. Valores médios das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.

Híbrido	Valores médios				
	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁ x S ₃	1,00 a	1,24 b	120,0 c	233,9 b	8.888 d
S ₁ x S ₄	1,08 a	1,97 b	132,5 b	247,5 a	10.093 c
S ₁ x S ₅	1,08 a	1,86 b	129,2 b	253,7 a	9.214 d
S ₁ x S ₆	1,16 a	2,62 c	126,1 b	245,6 b	10.069 c
S ₁ x S ₇	1,48 b	2,20 c	133,9 a	253,3 a	10.252 c
S ₁ x S ₈	1,00 a	2,93 c	126,4 b	243,1 a	9.321 d
S ₁ x S ₉	1,00 a	1,97 b	134,2 a	246,1 a	9.020 d
S ₁ x S ₁₀	1,00 a	1,22 b	136,8 a	250,1 a	10.168 c
S ₁ x S ₁₂	1,00 a	1,09 a	143,3 a	275,4 a	10.634 c
S ₁ x S ₁₃	1,00 a	1,59 b	137,6 a	259,2 a	10.386 c
S ₁ x S ₁₄	1,00 a	1,26 b	113,7 d	229,1 b	9.953 c
S ₂ x S ₃	1,00 a	1,47 b	120,0 c	245,0 b	9.457 d
S ₂ x S ₈	1,23 a	1,09 a	141,0 a	250,4 a	10.712 b
S ₂ x S ₉	1,18 a	2,50 c	126,9 b	258,9 a	10.332 c
S ₂ x S ₁₀	1,22 a	2,76 c	125,6 b	234,1 b	9.251 d
S ₂ x S ₁₄	1,13 a	1,08 a	141,3 a	258,8 a	11.430 b
S ₃ x S ₆	1,12 a	1,84 b	108,9 d	217,5 c	9.643 c
S ₃ x S ₇	1,00 a	2,01 b	112,8 d	218,6 c	9.831 c
S ₃ x S ₈	1,00 a	1,54 b	102,9 d	212,1 c	9.247 d
S ₃ x S ₉	1,19 a	2,18 b	122,5 c	223,3 b	9.903 c
S ₃ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	111,7 d	220,0 b	10.449 c
S ₃ x S ₁₂	1,00 a	1,38 b	115,6 c	229,7 b	10.673 b
S ₃ x S ₁₃	1,00 a	2,43 c	105,3 d	225,3 b	9.436 d
S ₄ x S ₆	1,00 a	2,98 c	108,9 d	210,3 c	9.834 c
S ₄ x S ₇	1,00 a	2,81 c	117,5 c	222,8 b	10.300 c
S ₄ x S ₈	1,00 a	2,67 c	105,0 d	205,3 c	9.106 d
S ₄ x S ₉	1,09 a	2,77 c	129,3 b	229,7 b	9.906 c
S ₄ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	125,0 b	231,7 b	10.412 c
S ₄ x S ₁₁	1,00 a	1,76 b	118,9 c	226,9 b	10.535 c
S ₄ x S ₁₂	1,08 a	2,60 c	123,9 b	236,1 b	10.436 c

Continua...

Tabela 13. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₄ x S ₁₃	1,00 a	1,00 a	106,3 d	225,0 b	7.880 f
S ₄ x S ₁₄	1,00 a	1,67 b	117,2 c	226,4 b	10.822 b
S ₅ x S ₆	1,00 a	2,41 c	113,3 d	235,3 b	9.585 d
S ₅ x S ₇	1,00 a	2,38 c	115,8 c	231,4 b	9.999 c
S ₅ x S ₈	1,00 a	1,40 b	105,8 d	211,7 c	10.049 c
S ₅ x S ₁₁	1,08 a	1,38 b	110,8 d	221,4 b	9.525 d
S ₅ x S ₁₂	1,00 a	1,38 b	122,5 c	247,9 a	8.005 e
S ₅ x S ₁₃	1,00 a	2,02 b	110,3 d	235,0 b	9.391 d
S ₅ x S ₁₄	1,00 a	1,12 a	121,7 c	239,2 b	10.008 c
S ₆ x S ₉	1,13 a	2,27 c	116,4 c	221,9 b	9.187 d
S ₆ x S ₁₀	1,00 a	1,23 b	107,1 d	215,0 c	8.769 e
S ₆ x S ₁₁	1,00 a	1,82 b	116,1 c	217,8 c	9.861 c
S ₆ x S ₁₂	1,20 a	1,50 b	119,2 c	227,5 b	9.074 d
S ₆ x S ₁₃	1,20 a	1,24 b	114,6 c	232,1 b	9.620 d
S ₆ x S ₁₄	1,00 a	1,66 b	119,4 c	229,7 b	9.331 d
S ₇ x S ₉	1,16 a	1,64 b	123,6 b	233,1 b	9.124 d
S ₇ x S ₁₀	1,00 a	1,00 a	118,3 c	230,0 b	9.570 d
S ₇ x S ₁₁	1,00 a	2,03 b	122,8 c	228,1 b	9.521 d
S ₇ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	133,8 a	256,7 a	8.717 e
S ₇ x S ₁₃	1,00 a	2,39 c	125,3 b	245,0 b	10.322 c
S ₇ x S ₁₄	1,18 a	1,52 b	136,7 a	253,6 a	11.007 b
S ₈ x S ₉	1,00 a	2,68 c	119,4 c	221,7 b	9.489 d
S ₈ x S ₁₁	1,00 a	1,13 a	115,9 c	223,3 b	9.115 d
S ₈ x S ₁₂	1,00 a	1,86 b	112,8 d	222,8 b	9.129 d
S ₈ x S ₁₃	1,07 a	2,80 c	108,6 d	233,6 b	9.994 c
S ₈ x S ₁₄	1,08 a	1,50 b	127,5 b	231,4 b	10.237 c
S ₉ x S ₁₁	1,00 a	1,00 a	118,3 c	227,8 b	8.371 e
S ₉ x S ₁₂	1,00 a	1,00 a	115,0 c	240,8 b	8.258 e
S ₉ x S ₁₃	1,38 b	1,62 b	135,3 a	243,1 a	10.193 c
S ₉ x S ₁₄	1,08 a	1,22 b	135,3 a	239,2 b	9.606 d
S ₁₀ x S ₁₃	1,14 a	1,38 b	122,9 c	244,7 a	11.836 a
S ₁₀ x S ₁₄	1,00 a	1,08 a	128,1 b	237,2 b	10.021 c
S ₁₁ x S ₁₂	1,08 a	1,34 b	132,2 b	245,7 b	10.684 b
S ₁₁ x S ₁₃	1,13 a	2,00 b	123,3 b	237,2 b	9.430 d
S ₁₃ x S ₁₄	1,00 a	1,56 b	122,5 c	245,8 b	10.036 c
I ₁ x I ₃	1,00 a	1,33 b	122,9 c	241,7 a	10.271 c
I ₁ x I ₄	1,00 a	1,63 b	119,7 c	243,6 a	10.756 b

Continua...

Tabela 13. (Continuação)

Híbrido	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
I ₁ x I ₅	1,00 a	1,84 b	116,1 c	231,7 b	11.049 b
I ₂ x I ₃	1,23 a	1,73 b	120,0 c	228,3 b	10.961 b
I ₂ x I ₅	1,00 a	1,28 b	136,3 a	247,1 a	10.291 c
I ₃ x I ₄	1,00 a	1,60 b	125,6 b	235,8 b	10.856 b
I ₃ x I ₅	1,17 a	1,42 b	132,6 b	227,8 b	10.559 c
I ₄ x I ₅	1,09 a	1,46 b	125,6 b	226,9 b	10.143 c
S ₁ x I ₁	1,07 a	1,59 b	121,7 c	252,2 a	10.033 c
S ₁ x I ₂	1,08 a	1,57 b	115,0 c	234,1 b	9.251 d
S ₁ x I ₃	1,00 a	1,61 b	120,8 c	242,5 a	9.531 d
S ₁ x I ₄	1,00 a	1,17 a	126,7 b	248,8 a	9.553 d
S ₁ x I ₅	1,11 a	1,13 a	112,9 d	238,7 b	8.155 e
S ₂ x I ₁	1,00 a	1,23 b	125,0 b	245,0 b	9.846 c
S ₂ x I ₂	1,00 a	1,89 b	133,3 a	247,2 a	10.435 c
S ₂ x I ₃	1,08 a	2,61 c	120,0 c	229,2 b	9.180 d
S ₃ x I ₁	1,00 a	3,10 c	128,6 b	231,1 b	10.349 c
S ₃ x I ₂	1,00 a	1,49 b	113,6 d	221,9 b	10.301 c
S ₃ x I ₃	1,17 a	2,20 c	130,0 b	234,2 b	10.368 c
S ₃ x I ₄	1,00 a	1,42 b	129,7 b	230,8 b	9.365 d
S ₃ x I ₅	1,00 a	1,26 b	123,3 b	240,6 b	10.719 b
S ₄ x I ₁	1,00 a	1,58 b	139,4 a	252,8 a	11.281 b
S ₄ x I ₂	1,00 a	2,71 c	128,6 b	237,2 b	11.047 b
S ₄ x I ₃	1,09 a	1,90 b	124,4 b	244,2 a	10.279 c
S ₄ x I ₅	1,23 a	1,00 a	121,7 c	241,7 a	10.109 c
S ₅ x I ₁	1,00 a	1,20 a	140,8 a	252,2 a	11.475 b
S ₅ x I ₂	1,00 a	1,00 a	122,4 c	235,5 b	10.924 b
S ₅ x I ₃	1,00 a	1,91 b	122,2 c	229,7 b	9.823 c
S ₅ x I ₅	1,00 a	1,00 a	117,5 c	220,4 b	10.917 b
DKB390	1,00 a	1,90 b	138,3 a	247,8 a	12.338 a
AG7000	1,28 a	2,17 b	135,2 a	235,5 b	11.463 b
2B707	1,00 a	1,59 b	137,1 a	251,1 a	12.392 a
Superiores	1,10	1,79	121,7	235,0	9.788
Inferiores	1,10	1,55	125,6	235,1	10.628
Superiores x Inferiores	1,04	1,71	125,0	238,9	10.124
Testemunhas	1,10	1,89	136,9	244,8	12.064
Média geral	1,05	1,75	123,2	236,2	9.997
C.V (%)	20,7	42,0	7,8	4,8	10,7

Médias seguidas por letras iguais na mesma coluna não são diferentes entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Scott-Knott.

De acordo com os resultados da Tabela 12, tanto as testemunhas como os híbridos superiores e inferiores, apresentaram interação genótipo x ambiente, variando o seu desempenho produtivo, nas três localidades. Além disso, todos os grupos de híbridos avaliados também apresentaram interação genótipo x ambiente para a %PQ, apresentando maior ou menor quebramento dependendo da frequência e grau dos fortes ventos que ocorreram em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO. Os 42% de C.V para %PQ reforçam estes resultados, embora para as restantes características, os C.V (%) da análise conjunta são considerados bons (<20,6%), reforçando, assim, a boa precisão experimental na avaliação dos híbridos dialélicos, nos três ambientes.

No geral, as testemunhas comerciais DKB390 e 2B707, apresentaram melhor desempenho produtivo e maior AP que o AG7000, com respectivamente, produtividades médias de 12.338 Kg/ha, 12.392 kg/ha e 11.463 Kg/ha e 247,8 cm 251,1 cm e 235,5 cm (Tabelas 12 e 13). As testemunhas também apresentaram diferenças significativas em relação aos híbridos experimentais, se destacando com uma altura e produtividade média de 244,8 e 12.064 Kg/ha (Tabela13).

Avaliando isoladamente os três grupos de híbridos testados, nos três ambientes, verificou-se que os 65 híbridos dialélicos superiores apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$) para todas as características avaliadas (Tabela 12), com valores médios de 1,10% de PA, 1,79% de PQ, 121,7 cm de AE, 235 cm de AP e 9.788 Kg/ha de produtividade (Tabela 13); os oito híbridos inferiores diferenciaram-se entre si nas características de AE, AP e produtividade (Tabela 12), apresentando em média 125,6 cm de AE, 235,1 cm de AP e 10.628 Kg/ha de produtividade (Tabela 13); e os 21 híbridos superiores x inferiores apresentaram comportamentos diferentes para todas as características avaliadas, exceto %PA (Tabela 12), com valores médios de 1,71%PQ, 125 cm de AE, 239 cm de AP e 10.124 Kg/ha de produtividade (Tabela 13). Porém, quando o grupo de híbridos superiores foi comparado com os demais, observou-se que, em média, apresentou maior %PQ e menores AE, AP e produtividade. Contrariamente, o grupo de híbridos inferiores se destacou apenas em produtividade do grupo superior x inferior, apresentando a maior produtividade média dos três grupos.

A compactação e estrutura do solo modifica o comprimento, diâmetro e distribuição das raízes de milho no solo (VASCONCELOS et al., 2003), que por sua vez pode interferir no crescimento e na taxa de absorção de nutrientes (TERUEL et al., 2000;) e água pela raiz (HORN, et al., 2006). O nível de água no solo é o principal fator que afeta a taxa de crescimento da raiz de milho (LIEDGENS et al., 2000). MACKAY & BARBER (1985), observaram que o comprimento da raiz aumentava de 41 a 52% quando o conteúdo volumétrico de água foi incrementado de 0,22 a 0,27 mm³, mas a partir deste teor o crescimento diminuiu. O conteúdo de água no solo afeta a relação entre resistência do solo à penetração e o alongamento da raiz (HORN et al., 2006). Muitos estudos têm também revelado mudanças morfológicas e anatômicas em plantas frente ao excesso hídrico (VASELLATI et al., 2001; JACKSON, 2008; VODNIK et al., 2009). Assim sendo, os resultados anteriormente apresentados, talvez possam ser explicados pelas condições de condução dos experimentos, uma vez que em todos ambientes os experimentos foram irrigados. Como os híbridos não passaram por nenhuma restrição hídrica, não apresentaram necessidade de procurar água nas camadas mais profundas do solo, não se criando as condições necessárias para que os híbridos superiores pudessem expressar sua maior capacidade de exploração do solo pelo maior desenvolvimento radicular.

Segundo MAGALHÃES et al.(2002), dentre os vários mecanismos que podem contribuir para a resistência à seca, o sistema radicular extenso ou a maior relação raiz/parte aérea têm sido considerados em programas de melhoramento genético. Acredita-se, por isso, que não seja possível concluir com clareza que a seleção prévia de linhagens, para sistema radicular, não traga benefícios aos programas de melhoramento de milho que procurem genótipos cada vez mais resistentes a períodos de estiagem. Assim sendo, antevê-se a necessidade de condução de futuros experimentos para avaliar as mesmas linhagens sob condições de estresse híbrido, de forma a verificar o seu comportamento sob condições consideradas ótimas para a cultura.

4.3. Estimativa das capacidades geral e específica de combinação

Na tabela 14 estão apresentados os resultados da análise de variância conjunta dos dialelos, para os três ambientes, com os respectivos desdobramentos das somas de quadrados dos tratamentos para capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC).

A significância dos efeitos das capacidades geral e específica de combinação revela que, como fontes de variação para %PQ, AE, AP e produtividade (Tabela 14), estão envolvidos tanto os efeitos genéticos aditivos, como os efeitos de dominância. Entretanto, os valores dos quadrados médios para CGC foram superiores aos quadrados médios para CEC (Tabela 14), indicando que os efeitos aditivos dos genes tiveram predominância na manifestação dos fenótipos destas quatro características. Também, LOCATELLI et al. (2002), estudando capacidades combinatórias de nove linhagens de milho em dois ambientes, comprovaram diferenças dos genótipos para porcentagem de tombamento, altura da espiga e planta, pela significância da interação da CGC e CEC com os locais, demonstrando que os efeitos aditivos dos genes eram os principais responsáveis pelas diferenças de comportamento.

A não significância das causas de variação para a porcentagem de plantas acamadas (Tabela 14) demonstrou falta de variabilidade entre os genótipos nas frequências alélicas favoráveis a esta característica, provavelmente pelo fato das linhagens terem passado por um processo de seleção recorrente, sendo amplamente selecionadas para resistência de colmo. Isto também explica o alto C.V (%) para quebramento (42%) e a interação significativa do local para %PA e %PQ (Tabela 14), pois dependendo da intensidade dos ventos, os híbridos responderam de forma diferente nos três ambientes e apenas os híbridos com menor resistência de colmo quebraram.

Tabela 14. Resumo da análise de variância conjunta para o desdobramento dos tratamentos em Capacidade Geral de Combinação (CGC) e Capacidade Específica de Combinação (CEC) das características porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios				
		PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
Local	2	0,360 **	212,60 **	11501,9 **	6163,1 **	26912301,3 **
Repetição (Local)	6	0,046 ns	1,02 ns	96,3 ns	104,9 ns	3128155,4 *
Híbridos	96	0,068 **	2,71 **	777,2 **	1389,2 **	6112166,9 **
Testemunhas	2	0,230 ns	0,75 ns	22,1 ns	605,2 **	2446116,6 **
Dialelos	93	0,008 ns	0,34 *	86,4 **	163,4 **	608880,6 *
CGC	18	0,009 ns	0,60 *	205,9 **	566,1 **	935245 *
CEC	75	0,008 ns	0,28 *	57,7 **	66,8 **	530553 *
Dialelos vs testemunha	1	0,045 ns	0,38 ns	5159,2 **	2086,6 **	118180676,4 **
Resíduo	540	0,047	0,54	91,3	129,7	1153047,0
Média geral		1,05	1,75	123,2	236,2	9997,3
C.V (%)		20,7	42,0	7,8	4,8	10,7

ns=não significativo; * e ** = significativo a 5% e 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Com o objetivo de selecionar os possíveis híbridos superiores para as regiões de São Paulo e Goiás, deve-se dar ênfase não só ao desempenho médio da linhagem nas suas combinações híbridas (Tabela 15), mas também em combinações específicas (Tabela 16).

Enquanto a CGC indica qual a linhagem que contribui favoravelmente para o aumento médio da característica desejada estimada como desvio da combinação de um genitor em relação à média, a CEC indica em qual combinação houve maior complementaridade dos alelos para essa determinada característica e é estimada como o desvio de comportamento em relação ao que seria esperado com base na CGC dos seus genitores (FERREIRA et al., 2010). Assim, quanto maior a CGC de um genitor, maior sua capacidade de combinação com os demais. Para CEC, valores próximos de zero, indicam que as combinações híbridas envolvendo os genitores, comportam-se

conforme o esperado na CGC de suas linhagens (PATERNIANI et al., 2008) e, por outro lado, valores altos, positivos ou negativos, indicam que o desempenho da combinação híbrida é relativamente superior ou inferior ao esperado, com base na CGC (BORÉM & MIRANDA, 2009).

Segundo KOSTETZER et al. (2009) e FREITAS JUNIOR et al. (2006), como os valores de CGC são indicativos da importância de genes com efeitos aditivos, os genitores com maiores estimativas, para as características proporcionalmente desejáveis, são potencialmente superiores. Assim, e conforme os resultados dos efeitos conjuntos das estimativas de CGC de cada uma das linhagens avaliadas (Tabela 15), as linhagens S₁₀ e S₁₄ (entre o grupo das linhagens superiores) e I₁ e I₅ (entre o grupo das linhagens inferiores) apresentam os maiores valores positivos para produtividade (características de maior valor econômico), negativos para as características indesejáveis, como %PA e %PQ, e próximos de zero para características como AP e AE. De acordo com PFANN et al. (2009), a busca por ganhos adicionais na produtividade tem sido complementada com os esforços para o melhoramento de outros importantes caracteres agrônômicos, como redução da altura das plantas e inserção das espigas. A menor altura da planta e da espiga reduz o percentual de acamamento e quebramento da plantas, além de permitir um maior adensamento sem que haja estresse populacional. Híbridos com porte relativamente mais baixo é uma característica desejável nas cultivares modernas de milho (PATERNIANI et al., 2008).

Os efeitos das CEC foram estimados como desvio de comportamento em relação ao que seria esperado com base na CGC dos seus genitores. Dos 97 híbridos dialélicos testados, os efeitos da CEC que mais se destacaram, combinando alto potencial produtivo, resistência a acamamento, quebramento e porte de plantas foram: S₁₀ x S₁₃, S₅ x I₁ e S₂ x S₁₄ (Tabela16). Destes três híbridos, o S₁₀ x S₁₃ e o S₂ x S₁₄ usufruíram tanto dos efeitos de dominância dos alelos como dos efeitos aditivos dos genes, uma vez que apresentaram elevadas CEC e bom comportamento médio dos genitores nas combinações (Tabela 15). Ao contrário, a classificação negativa da CGC para produtividade da linhagem S₅ (Tabela 15) evidencia a importância de interações não aditivas para o híbrido S₅ x I₁, o que caracteriza a complementação entre os genitores,

em relação às frequências dos alelos nos locos com alguma dominância (SOUZAR et al., 2010).

Entre os híbridos avaliados no presente trabalho, os híbridos $S_5 \times I_1$ (11.475 Kg/ha) e $S_2 \times S_{14}$ (11.430 Kg/ha) apresentaram um bom desempenho, com produtividades médias acima da média geral (9.997 Kg/ha) e sem diferenças significativas para produtividade, %PA e AE da testemunha AG7000 (11.463 Kg/ha) (Tabela 13). Ambos os híbridos apresentaram altos valores positivos de CEC e, pelo menos um dos seus genitores foi indicado pela sua boa CGC (Tabela 15 e 16). Porém, o $S_{10} \times S_{13}$ foi o híbrido que mais se destacou, apresentando um desempenho médio produtivo (11.836 Kg/ha) similar as testemunhas DKB390 (12.338 Kg/ha) e 2B707 (12.392 Kg/ha) (Tabela 13). Quanto às restantes características avaliadas este híbrido também se posicionou muito bem, classificando-se igualmente às testemunhas. Interessante ressaltar que este híbrido foi indicado como uma das melhores combinações híbridas para CEC (Tabela 16) e o genitor S_{10} evidenciou um dos maiores valores de CGC em produtividade (361 kg/ha) (Tabela 15). Vários autores (LORENCETTI et al., 2005; FREITAS JUNIOR et al., 2006; SOUZAR et al., 2010; PATERNIANI et al., 2008) também selecionaram combinações híbridas que reuniram estimativas positivas e altas de CEC para, pelo menos, um genitor com alta CGC. Segundo FERREIRA et al. (2010), os melhoristas normalmente se interessam pelas combinações híbridas que apresentarem médias superiores à média geral e superiores ou próximas às médias dos testadores, com elevadas CEC para as características de seleção e que envolvam pelos menos um dos genitores com elevada CGC.

É também importante não esquecer que o comportamento dos híbridos é função da heterose expressa nos cruzamentos entre os genitores selecionados. A heterose geralmente é aumentada em função da distância genética entre os genitores (BORÉM & MIRANDA, 2009). Em outras palavras, linhagens que apresentam elevada heterose em cruzamentos e/ou elevada capacidade específica de combinação são alocados em grupos heteróticos distintos, enquanto que aqueles materiais que não apresentam estes resultados são alocados no mesmo grupo heterótico.

Tabela 15. Estimativa dos efeitos de capacidade geral de combinação (g_i) para porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.

Linhagens	Efeito CGC (g_i)				
	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₁	0,04	0,12	5,38	13,21	-239
S ₂	0,05	-0,16	5,56	8,03	113
S ₃	-0,04	-0,16	-7,10	-8,44	-228
S ₄	0,01	0,31	3,32	1,96	110
S ₅	-0,01	-0,01	0,66	7,16	-463
S ₆	0,01	0,38	-8,11	-10,62	-375
S ₇	0,02	0,27	0,38	0,10	-17
S ₈	-0,01	0,30	-8,57	-11,22	-406
S ₉	0,05	-0,02	3,30	-1,18	-556
S ₁₀	0,00	-0,37	1,00	0,37	361
S ₁₁	0,01	-0,14	-0,93	-1,41	-79
S ₁₂	-0,01	-0,24	1,25	7,32	-408
S ₁₃	0,00	-0,15	-2,82	5,71	20
S ₁₄	0,01	-0,34	5,72	5,85	368
I ₁	-0,04	0,09	0,61	2,97	724
I ₂	-0,04	-0,20	6,43	4,94	589
I ₃	0,07	-0,04	4,73	-4,45	463
I ₄	-0,01	-0,24	2,49	-2,84	218
I ₅	0,03	-0,40	0,24	-1,84	323

Tabela 16. Estimativa dos efeitos de capacidade específica de combinação (S_{ij}) para porcentagem de plantas acamadas (PA), porcentagem de plantas quebradas (PQ), altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e produtividade (PROD) dos híbridos de milho avaliados na safra de 2010/2011 em Barretos-SP, Monte Azul Paulista-SP e Santa Helena de Goiás-GO.

Híbridos	Efeito S_{ij}				
	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
$S_1 \times S_3$	-0,05	-0,48	-1,34	-4,68	-793,4
$S_1 \times S_4$	0,01	0,09	5,15	3,72	235,7
$S_1 \times S_5$	0,01	0,14	3,18	7,32	-358,0
$S_1 \times S_6$	0,08	0,65	4,46	8,11	453,0
$S_1 \times S_7$	0,40	0,30	8,02	10,45	457,1
$S_1 \times S_8$	-0,06	0,99	4,99	5,90	-279,6
$S_1 \times S_9$	-0,09	0,25	6,86	3,88	-505,3
$S_1 \times S_{10}$	-0,07	-0,38	10,61	7,11	183,8
$S_1 \times S_{12}$	-0,06	-0,54	16,98	28,94	1034,4
$S_1 \times S_{13}$	0,15	0,82	2,62	13,24	518,6
$S_1 \times S_{14}$	-0,08	0,01	9,05	13,47	398,3
$S_2 \times S_3$	-0,05	-0,24	-8,53	-6,89	108,5
$S_2 \times S_8$	0,16	-0,27	-1,50	10,40	-298,6
$S_2 \times S_9$	0,08	-0,51	13,57	10,77	552,4
$S_2 \times S_{10}$	0,06	1,36	-0,68	-6,30	-887,2
$S_2 \times S_{14}$	0,04	-0,35	12,66	15,66	1277,3
$S_3 \times S_6$	-0,03	-0,01	-6,49	-9,17	24,7
$S_3 \times S_7$	-0,04	0,24	-6,84	-13,43	33,7
$S_3 \times S_8$	-0,02	-0,27	-12,27	-14,27	-356,0
$S_3 \times S_9$	0,14	0,59	1,40	-8,09	375,3
$S_3 \times S_{11}$	-0,03	-0,55	-7,28	-11,28	676,7
$S_3 \times S_{12}$	-0,02	-0,10	-4,47	-5,94	1071,0
$S_3 \times S_{13}$	-0,03	0,86	-12,74	-9,53	-342,8
$S_4 \times S_6$	-0,06	0,96	-11,70	-21,57	46,7
$S_4 \times S_7$	-0,07	0,81	-7,35	-14,43	333,8
$S_4 \times S_8$	-0,05	0,70	-15,38	-26,27	-665,9
$S_4 \times S_9$	0,01	0,96	2,99	-6,89	209,4
$S_4 \times S_{10}$	-0,05	-0,67	-0,16	-5,67	256,5
$S_4 \times S_{11}$	-0,06	-0,70	-5,29	-9,58	599,8
$S_4 \times S_{12}$	0,03	0,87	-1,38	-4,84	665,1
$S_4 \times S_{13}$	-0,05	-0,78	-16,95	-15,03	-2104,7
$S_4 \times S_{14}$	-0,06	0,02	-10,32	-13,70	663,0
$S_5 \times S_6$	-0,05	0,52	-5,98	0,83	84,0
$S_5 \times S_7$	-0,06	0,57	-7,72	-8,43	319,1
$S_5 \times S_8$	-0,04	-0,45	-13,25	-23,00	563,4

Híbridos	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₅ x S ₁₁	0,03	-0,23	-12,07	-17,68	-123,9
S ₅ x S ₁₂	-0,04	-0,18	-1,46	4,46	-1479,7
S ₅ x S ₁₃	-0,05	0,38	-11,62	-7,64	-307,4
S ₅ x S ₁₄	-0,05	-0,43	-4,49	-3,50	135,3
S ₆ x S ₉	0,05	0,82	-4,19	-8,40	-267,3
S ₆ x S ₁₀	-0,05	-0,51	-12,34	-16,08	-1144,1
S ₆ x S ₁₁	-0,06	-0,02	-2,38	-12,39	168,1
S ₆ x S ₁₂	0,15	-0,27	-0,37	-7,05	-454,6
S ₆ x S ₁₃	-0,05	-0,61	-2,94	-1,65	-122,4
S ₆ x S ₁₄	0,10	-0,02	-2,40	-4,11	-585,6
S ₇ x S ₉	-0,09	-0,23	-1,24	-2,56	-509,2
S ₇ x S ₁₀	-0,06	-0,65	-5,39	-6,44	-522,1
S ₇ x S ₁₁	-0,07	0,23	0,08	-7,45	-350,8
S ₇ x S ₁₂	-0,06	-0,72	9,99	16,79	-990,5
S ₇ x S ₁₃	-0,06	0,64	3,52	5,89	400,7
S ₇ x S ₁₄	0,11	-0,17	10,65	14,43	911,5
S ₈ x S ₉	-0,97	0,86	-0,97	-8,30	50,1
S ₈ x S ₁₁	-0,05	-0,68	-2,35	-6,59	-562,5
S ₈ x S ₁₂	-0,04	0,17	-6,54	-11,45	-384,2
S ₈ x S ₁₃	0,04	1,03	-8,71	0,15	267,0
S ₈ x S ₁₄	0,03	-0,18	5,92	-2,11	335,8
S ₉ x S ₁₁	-0,08	-0,62	-5,89	-7,11	-1231,2
S ₉ x S ₁₂	-0,07	-0,57	-10,28	1,53	-1179,9
S ₉ x S ₁₃	0,31	-0,01	12,06	4,63	541,3
S ₉ x S ₁₄	0,00	-0,32	7,79	0,66	-219,0
S ₁₀ x S ₁₃	0,09	-0,04	0,71	5,46	1725,4
S ₁₀ x S ₁₄	-0,06	-0,25	1,74	-2,11	-263,8
S ₁₁ x S ₁₂	0,03	-0,21	9,04	15,55	1007,5
S ₁₁ x S ₁₃	0,08	0,45	2,17	-1,15	-460,3
S ₁₃ x S ₁₄	-0,05	-0,25	-1,95	3,82	-78,1
I ₁ x I ₃	-0,07	-0,43	-2,77	6,24	-242,8
I ₁ x I ₄	-0,03	-0,02	-4,85	7,34	364,9
I ₁ x I ₅	-0,04	0,25	-7,33	-5,07	605,4
I ₂ x I ₃	0,16	0,12	-8,58	-8,15	515,0
I ₂ x I ₅	-0,04	-0,10	9,97	9,35	-84,8
I ₃ x I ₄	-0,08	0,04	-1,01	3,24	595,4
I ₃ x I ₅	0,07	-0,08	7,11	-5,26	246,0
I ₄ x I ₅	0,03	0,12	1,23	-6,96	-47,3
S ₁ x I ₁	0,02	-0,21	-4,30	7,91	-132,7
S ₁ x I ₂	0,03	-0,06	-13,91	-11,18	-846,9
S ₁ x I ₃	-0,11	-0,14	-7,26	1,92	-504,2
S ₁ x I ₄	-0,07	-0,44	-0,24	7,42	-359,4
S ₁ x I ₅	0,03	-0,46	-12,91	-3,19	-1809,9
S ₂ x I ₁	-0,05	-0,47	-1,08	3,30	-474,7
S ₂ x I ₂	-0,05	0,38	4,31	4,52	182,1
S ₂ x I ₃	-0,03	1,00	-8,15	-8,79	-1010,2
S ₃ x I ₁	-0,01	1,44	8,85	-2,36	180,9

Híbridos	PA (%)	PQ (%)	AE (cm)	AP (cm)	PROD (Kg/ha)
S ₃ x I ₂	-0,01	-0,02	-9,06	-12,55	200,7
S ₃ x I ₃	0,10	0,60	8,18	4,44	330,5
S ₃ x I ₄	-0,03	-0,10	9,01	0,24	-549,8
S ₃ x I ₅	-0,04	-0,12	3,73	9,54	751,7
S ₄ x I ₁	-0,03	-0,30	14,43	14,14	944,0
S ₄ x I ₂	-0,03	0,95	0,73	-2,45	777,8
S ₄ x I ₃	0,00	0,07	-2,63	9,24	72,5
S ₄ x I ₅	0,18	-0,73	-4,21	5,94	25,2
S ₅ x I ₁	-0,02	-0,54	17,16	10,94	1424,3
S ₅ x I ₂	-0,03	-0,60	-4,15	-6,75	941,1
S ₅ x I ₃	-0,08	0,22	-3,50	-7,86	-97,2
S ₅ x I ₅	-0,06	-0,50	-5,95	-18,46	1067,1

Para finalizar, é interessante notar-se que, apesar da análise de variância conjunta para os três ambientes (Tabela 12) apresentar o grupo de linhagens superiores como o grupo com maior média de %PQ e menor de AE, AP e produtividade, os três melhores híbridos experimentais avaliados neste trabalho (S₁₀ x S₁₃, S₅ x I₁ e S₂ x S₁₄) apresentam pelo menos um genitor pertencente ao grupo de linhagens superiores. Isso significa que, o efeito aditivo dos alelos favoráveis de um dos genitores também está sendo considerado na combinação híbrida.

5. CONCLUSÕES

- A linhagem S_{10} pode ser usada como linhagem testadora num programa de melhoramento para obtenção de híbridos em função da boa CGC para os caracteres avaliados.
- A variabilidade genética existentes nos diferentes grupos permitiu a seleção de genótipos superiores para o conjunto de características desejadas.
- Houve efeito na seleção prévia de linhagens endogâmicas de milho para comprimento, área e volume do sistema radicular, com o grupo de linhagens superiores se destacando nas combinações híbridas.
- O híbrido $S_{10} \times S_{13}$ se destacou como híbrido superior para as regiões de São Paulo e Goiás, usufruindo dos efeitos aditivos e de dominância dos genes, pelos elevados valores de CEC de ambos os seus genitores e de CGC do genitor S_{10} .

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W.; BRADSHAW, A. D. Implications of genotype-environmental interactions in applied plant breeding. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 5, p.503-508, 1964.

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. 2ª ed. New York: John Wiley, 1960, 485p.

ARIAS, C. A. A. **Componentes de variância e covariância genética relacionados à seleção recorrente intra e interpopulacional no milho (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: ESALQ, 1995. 139p. (Tese).

BÖHM, W. **Methods of studying root systems**. Berlin, Springer-Verlag, 1979. 188p.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 5ª ed, 2009. 529p.

BROUWER, R. Distribution of dry matter in the plant. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Netherlands, v.10, n.5, p.361-376, 1962.

BUENO, L.C.S, MENDES, A.N.G &, CARVALHO, S.P. **Melhoramento de Plantas: princípios e procedimentos**. Lavras: UFLA, 2001, 282 p.

CANÇADO, G.M.A.; PARENTONI, S. N.; BORÉM, A.; LOPES, M.A. Avaliação de nove linhagens de milho em cruzamentos dialélicos quanto à tolerância ao alumínio. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.37, n.4. p.471-478, 2002.

CARVALHO, H. W. L. de; MAGNAVACA, R.; LEAL, M. L. S. Estabilidade da produção de cultivares de milho no Estado de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.7, p.1073-1082, jul. 1992.

CECCARELLI, S. Wide adaptation: how wide, **Euphytica**, Netherlands, v. 40, p. 197-205, 1989.

CONAB. Acompanhamento da safra Brasileira de grãos. Safra 2011/2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1253&t=2>. Acesso em 28 de outubro 2011.

CROW, J.F. Alternative hypothesis of hybrid vigor. **Genetics**, Pittsburgh, v.33, p.477-487, 1948.

CRUZ, C.D. **Programa Genes: Biometria**. Viçosa: UFV editora, 1^a ed, 2006. 382p.

CRUZ, C.D.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2^a ed. Viçosa: Editora UFV, 2003, 585p.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 2^o ed. Viçosa: UFV, 2001, 390p.

CRUZ, C.D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 425- 438, jun. 1989.

DAVIS, R.L. Report of the plant breeder. **Puerto Rico Agricultural Experimental Station Annual Report**, p.14-15,1927.

DESTRO D.; MONTALVÂN, R. **Melhoramento Genético de Plantas**. Londrina: UEL, 2^a Ed, 1999. 749 p.

DURÃES, F.O.M.; MAGALHÃES, O.C.; COSTA, J.D.; FANCELLI, A.L. Fatores ecofisiológicos que afetam o comportamento do milho em semeadura tardia (safrinha) no Brasil central. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.3, p.491-501, 1995.

EAST, E.M. Inbreeding in corn. **Connecticut Agricultural Experimental Station Report**, Connecticut, v.1907, p.419-428, 1908.

EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Stability parameters for comparing varieties. **Crop Science**, Madison, v.6, n.1, p.36-40,1966.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Cultivo do milho – cultivares. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2010. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em 02 de novembro de 2011.

FALCONER, D.S. **Introduction to Quantitative Genetics**. London: Longman, 2^oed., 1987. 279p.

FANTE JUNIOR, L.; REICHARDT, K.; JORGE, L.A. de C.; BACCHI, O.O.S. Distribuição do sistema radicular de uma cultura de aveia forrageira. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.56, n.4, p.1091-1100, 1999.

FERREIRA, E.A.; ASA, K.P.; BENATI, K.R.; VILELA, E. da S.; BRANDÃO, F.A.L.; GOMES, M. de S.; COSTA-NETO, A. P. da; GUIMARÃES, P. de S.; SOUZA, J.C. de. Potencial de híbridos comerciais de milho para extração de linhagens. **Revista Biociências**, Taubaté, v.16, n.2, p.123-131, 2010.

FORNASIERI FILHO, D. **Manual da cultura do milho**. Jaboticabal: FUNEP, 2007. 576p.

FREITAS JUNIOR, S. de P.; AMARAL JUNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; CRUZ, C.D.; SCAPIM, C.A. Capacidade combinatória em milho-pipoca por meio de dialelo circulante. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11. p.1599-1607, 2006.

GALINAT, W.C. The origin of maize: grain of humanity. **New York Botanical Garden Journal**, New York, v. 44, n.12, p.3-12, 1995.

GAMA, E. E. G.; SANTOS, M. X.; FERRÃO, R. G.; MEIRELES, W. F.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; GUIMARÃES, P. E. O. Potencial genético de um sintético de milho de grão duro para formação de híbridos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.4, p.615-619, 2003.

GARDNER, C. O.; EBERHART, S.A. Analysis and interpretation of variety cross diallel and realated populations. **Biometrics**, Washington, v. 22, n.3, p. 439-52, 1966.

GONÇALVES, F. M. A. **Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho avaliadas em "safrinha" no período de 1993 a 1995**. Lavras: UFLA, 1997. 86p. (Dissertação).

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v. 9, n.4, p.463-493, 1956.

GUIMARÃES, P.S. **Desempenho de Híbridos Simples de Milho (*Zea mays* L.) e Correlação entre Heterose e Divergência Genética entre as Linhagens Parentais**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2007. 111p. (Dissertação).

HALLAUER, A.R. Methods used in developing maize inbreed lines. **Maydica**, Bergamo, v. 35, n.1, p.1-16, 1990.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative Genetics in Maize Breeding**. 2ª ed. Ames: Iowa State University Press, 1995. 468p.

HAYMAN, B.I. The analysis of variance of diallel crosses. **Biometrics**, v.10, n.2, p.235-244, 1954.

HAZEL, L.N. The genetic basis for constructing selection indexes. **Genetics**, Austin, v.28, n.6, p.476-490, 1943.

HORN, D.; ERNANI, P.R.; SANGOI, L.; SCHWEITZER, C.; CASSOL, P.C. Parâmetros cinéticos e morfológicos da absorção de nutrientes em cultivares de milho com variabilidade genética contrastante. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.30, n. 2, p.77-85, 2006.

JACKSON, M. B. Ethylene promoted elongation: an adaptation to submergence stress. **Annals of Botany**, London, v. 101, n. 2, p. 229-248,2008.

JONES, D.F. The effects of inbreeding and crossbreeding upon development. **Bulletin of the Connecticut Agricultural Experimental Station**, v.207, p.5-100, 1918.

KEMPTHORNE, O.; CURNOW, R.N. The partial diallel cross. **Biometrics**, Alexandria, v.17, p.229-250, 1961.

KOFFLER, N.F. **A profundidade do sistema radicular e o suprimento de água às plantas no Cerrado**. Piracicaba: POTAFÓS, 1986. 12p. (Informações Agronômicas, 33).

KÖPKE, V. Methods for studying root growth. In: SYMPOSIUM ON THE SOIL/ROOT SYSTEM. **Proceedings**. Londrina: Fundação Instituto Agronômico do Paraná, 1981. p.303-318.

KOSTETZER, V.; MOREIRA, R.M.P.; FERREIRA, J.M. Cruzamento dialélico parcial entre variedades locais do Paraná e variedades sintéticas de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.9, p.1152-1159, 2009.

LEMOS, M.A.; GAMA, E.E.G.; MENEZES, D.; SANTOS, V.F.; TABOSA, J.N. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superdoce em um dialelo completo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.20, n.2, p.167-170, 2002.

LIEDGENS, M.; SOLDATI, A.; STAMP, P.; RICHNER, W. Root development of maize (*Zea mays* L.) as observed with Minirhizotrons in Lysimeters. **Crop Science**, Madison, v.40, n.3, p.1665-1672, 2000.

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

LOCATELLI, A.B.; FEDERIZII, L.C.; FILHO, V.N. Capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho (*Zea mays* L.) em dois ambientes. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.32, n.3, p.365-370, 2002.

LORENCETTI, C.; CARVALHO, F.F. de; BENIN, G.; MARCHIORO, V.S.; OLIVEIRA, A. de; SILVA, J.A.G.; HARTWIG, I.; SCHMIDT, D.A.M.; VALÉRIO, I.P. Capacidade combinatória e heterose em cruzamento dialélico de aveia (*Avena sativa*). **Pesquisa Brasileira de Agrocência**, Pelotas, v.11, n.2, p.143-148, 2005.

LOZADA, B.I.; ANGELOCCI, L.R. Efeito da temperatura do ar e da disponibilidade hídrica do solo na duração de subperíodos e na produtividade de um híbrido de milho. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v.7, n.1, p.37-43, 1999.

MACHADO, J.C. **Estabilidade de produção e da capacidade de combinação em híbridos de milho**. Lavras: UFLA, 2007. 68p. (Dissertação).

MACKAY, A.D.; BARBER, S.A. Effect of soil moisture and phosphate level on root hair growth of corn roots. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.86, p.321-331, 1985.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M. **Fisiologia da produção de milho**. Circular Técnica 76. Sete Lagoas, MG: Embrapa, 2006. 10p.

MAGALHÃES, P.C.; DURÃES, F.O.M.; CARNEIRO, N.P.; PAIVA, E. **Fisiologia de milho**. Circular Técnica 22. Sete Lagoas: Embrapa, 2002. 23p.

MAGNAVACA, R. **Genetic variability and inheritance of aluminium tolerance in maize**. Lincon: University of Nebraska, 1982, 135p. (Tese).

MAGNAVACA, R.; BAHIA FILHO, A.F.C. **Seleção de milho para tolerância ao alumínio**. Sete Lagoas: Embrapa-CNPMS, 1991. 30p.

MATHER, K. & JINKS, J. L. **Biometrical Genetics**. London: Chapman and Hall, 1971. 382p.

MATTOSO, M.J.; GARCIA, L.C.; DUARTE, J.O.; CRUZ, J.C. Aspectos de produção e mercado do milho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.27, n.233, p.95-104, 2006.

MAZZA, J.A. Importância das características físico-hídricas. In: **Seminário Internacional de CITROS-TRATOS CULTURAIS**, Campinas: Fundação Cargill, 1998. p.189-202.

MIRANDA FILHO, J.B.; GERALDI, I.O. An adapted model for the analysis of partial diallel crosses. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v.7, p.677-688, 1984.

MIRANDA FILHO, J.B.; NASS, L.L. Hibridação no melhoramento. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES-INGLIS, M.C. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. p.603-627.

MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: Paterniani, E.; Viégas, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. 2ª. ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, 1987. p.277-326.

MIRANDA, G.V.; COIMBRA, R.R.; GODOY, C.L.; SOUZA, L.V.; GUIMARÃES, L.J.M.; MELO, A.V.D. Potencial de melhoramento e divergência genética de cultivares de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.6, p.681-688, 2003.

MULAMBA, N.N.; MOCK, J.J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egypt Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v.7, p.40-51, 1978.

NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S. VALADARIS-INGLIS, M.C. **Recursos Genéticos e Melhoramento de Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001, 1183p.

PATERNIANI, E.; CAMPOS, M.S. Melhoramento do milho. In BORÉM, A. **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: UFV, 1999. p. 429-485.

PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de população de milho. In: PATERNIANI, E.; VIEGAS, G.P. **Melhoramento e produção de milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, 1978. p.202-256.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z. Use of heterosis in maize breeding: History, Methods and Perspectives. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v.1, n.2, p.159-178, 2001.

PATERNIANI, M.E.A.G.Z; GUIMARÃES, P.S.; LURDES, R.R.; GALLO, P.B.; SOUZA, A.P.; LABORDA, P.R.; OLIVEIRA, K.M. Capacidade combinatória, divergência genética entre linhagens de milho e correlação com heterose. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.3, p.639-648, 2008.

PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético de milho (*Zea mays*, L.). **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.26, n.5, p.745-751, 1991.

PESEK, J.; BAKER, R.J. Desired improvement in relation to selection indices. **Canadian Journal of Plant Sciences**, Ottawa, v.1, n.1, p.215-274, 1969.

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

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicação no melhoramento do feijoeiro**. Goiania: UFG, cap. 6, p.131-169, 1993.

REZENDE, R.; FREITAS, P.S.L.; MARTOVANI, E.C.; FRIZZONE, J.A. Função de produção da cultura do milho e do feijão para diferentes lâminas e uniformidade de aplicação de água. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.266, n.4, p.503-511, 2004.

SALISBURY, F.B.; ROSS, C.W. **Plant physiology**. 2º ed. Belmont: Wadsworth, 1994, 682p.

SANTOS, F.S.; AMARAL JUNIOR, A.T do; FREITAS JUNIOR, s. de P.; RANGEL, R.M.; PEREIRA, M.G. Predição de ganhos genéticos por índices de seleção na população de milho-pipoca UNB-2U sob seleção recorrente. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.3, p.389-396, 2007.

SAS Institute Inc.2004. **Base SAS[®] 9.1** Procedure Guid. Cary, NC:SAS Institute Inc., USA.

SHULL, G.H. A pure-line method in corn breeding. **American Breeders Magazine**, Washington, v.5, p.51-59, 1909.

SILVA, R.M. da.; MIRANDA FILHO, J.B. Heterosis Expression in Crosses Between Maize Populations: Ear Yield. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.60, n.3, p.519-524, 2003.

SMITH, H.F. A discriminant function for plant selection. **Annals of Eugenics**, London, v.7, n,3, p.240-250, 1936.

SOUZA SOBRINHO, F. de. **Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho**. Lavras: UFLA, 2001, 96p. (Tese).

SOUZA, F.R.S. **Estabilidade de cultivares de milho (*Zea mays* L.) em diferentes épocas e locais de plantio em Minas Gerais**. Lavras: ESALQ, 1989. 80p. (Dissertação).

SOUZAR, 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, v.57, n.5, p.633-641, 2010.

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

TERUEL, D.A.; DOURADO-NETO, D.; HOPMANS, J.W.; REICHARDT, K. Modelagem do crescimento e arquitetura de sistemas radiculares. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.57, n.4, p.683-691, 2000.

USDA. United States Department of Agriculture. Safra 2011/2012. Disponível em:http://www.usda.gov/wps/portal/!ut/p/_s.7_0_A/7_0_1OB?navtype=SU&navid=AGRICULTURE. Acesso em 28 de outubro 2011.

VASCONCELOS, A.C.M.; CASAGRANDE, A.A.; PERECIN, D.; JORGE, L.A.C.; LANDELL, M.G.A. Avaliação do sistema radicular da cana-de-açúcar por diferentes métodos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v.27, n.5, p.849-858, 2003.

VASELLATI, V.; OESTERHELDS, M.; MEDAN, D.; LORETI, J. Effects of flooding and drought on the anatomy of *Paspalum dilatatum*. **Annals of Botany**, London, v. 88, n. 3, p. 355-360, 2001.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. Piracicaba: ESALQ, 1970. 110p. (Tese Livre-Docência).

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. **Melhoramento e produção do milho**. 2ªed. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p.137-214.

VODNIK, D.; STRAJNAR, P.; JEMC, S.; MACEK, I. Respiratory potential of maize (*Zea mays* L.) roots exposed to hypoxia. **Environmental and Experimental Botany**, Paris, v. 65, n. 1, p.107-110, 2009.

WILLIAMS, J.S. The evaluation of a selection index. **Biometrics**, North Carolina, v.18, n.3, p.375-393, 1962.