

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**CRUZAMENTOS ENTRE LINHAGENS TROPICAIS DE MILHO DOCE  
E TESTADORES COM INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA  
TEMPERADO**

**ANA PAULA MAIA PAIVA**

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU - SP  
Janeiro – 2014

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”  
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS  
CAMPUS DE BOTUCATU

**CRUZAMENTOS ENTRE LINHAGENS TROPICAIS DE MILHO DOCE  
E TESTADORES COM INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA  
TEMPERADO**

**ANA PAULA MAIA PAIVA**

Orientador: Prof. Dr. Norberto da Silva

Coorientador: Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP - Campus de Botucatu, para obtenção do título de Mestre em Agronomia (Horticultura).

BOTUCATU - SP  
Janeiro – 2014

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - SERVIÇO TÉCNICO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Paiva, Ana Paula Maia, 1988-  
P149c Cruzamentos entre linhagens tropicais de milho doce e testadores com introgressão de germoplasma temperado / Ana Paula Maia Paiva. - Botucatu : [s.n.], 2014  
viii, 62 f. : tabs., grafs.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2014  
Orientador: Norberto da Silva  
Coorientador: Maurício Dutra Zanotto  
Inclui bibliografia

1. Milho doce - Cultivo. 2. Milho doce - Melhoramento genético. 3. Linhagem (Genética). 4. Cruzamento (Genética).  
I. Silva, Norberto da. II. Zanotto, Maurício Dutra. III. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Campus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas.  
IV. Título.

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA "JÚLIO DE MESQUITA FILHO"**  
**FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRONÔMICAS**  
**CAMPUS DE BOTUCATU**

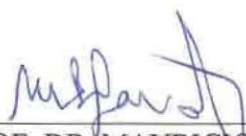
**CERTIFICADO DE APROVAÇÃO**

**TÍTULO: CRUZAMENTOS ENTRE LINHAGENS TROPICAIS DE MILHO DOCE  
E TESTADORES COM INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA  
TEMPERADO**

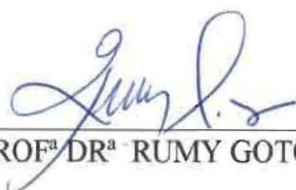
ALUNA: ANA PAULA MAIA PAIVA

ORIENTADOR: PROF. DR. NORBERTO DA SILVA  
CO-ORIENTADOR: PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO

Aprovado pela Comissão Examinadora



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. MAURICIO DUTRA ZANOTTO



\_\_\_\_\_  
PROF<sup>ª</sup> DR<sup>ª</sup> RUMY GOTO



\_\_\_\_\_  
PROF. DR. ANIELLO ANTONIO CUTOLO FILHO

Data da Realização: 23 de janeiro de 2014.

*A Família Maia Paiva em especial meus pais, Raimundo e Maria Teodora, que me incentivaram e acreditaram na concretização desse projeto, mostrando-me sempre a importância da união, frisando que é preciso ter coragem, determinação e confiança para realização dos nossos objetivos. Aos meus irmãos, Cleide, Neto, Ítalo e Gilmário, que me deram força nessa caminhada. Aos meus sobrinhos Alexandre, Letícia e Arthur Vitor que está quase chegando.*

*Dedico*

*A Família Tomchinsky pelo carinho e acolhimento, em especial a Bernardo Tomchinsky meu amado, amigo e companheiro, pelo amor, cumplicidade, incentivo e por está sempre ao meu lado.*

*Ofereço*

## AGRADECIMENTOS

À energia grandiosa que rege o Universo, disseminando força e coragem para realização de buscas que complementam o sentido da vida.

Ao Prof. Dr. Norberto da Silva, pela orientação na concretização deste projeto, pelos ensinamentos e amizade, um exemplo de competência e profissionalismo.

Ao Prof. Dr. Maurício Dutra Zanotto, pela disponibilidade e coorientação.

À Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, através da Coordenação de Pós-Graduação em Agronomia/Horticultura, pela oportunidade de realizar o curso de mestrado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de estudo.

Aos professores que contribuíram de forma grandiosa para minha formação acadêmica.

Aos Dr.s Ricardo Lima e Carlos Jorge pela colaboração e ensinamentos.

Aos funcionários da Fazenda Experimental São Manuel, em especial, Luiz (Pilombeta), Mário, Fábio, Daniel, Rocha, Willian, Márcio, Otávio, Zico, Nilton e todos que auxiliaram nas atividades de campo.

Aos funcionários da Biblioteca “Prof. Paulo de Carvalho Mattos” (FCA/UNESP) pelo auxílio e convívio.

A minha irmã de coração Cláudia Amaral Cruz, que mesmo longe continua sempre perto, incentivando-me e acreditando em mim.

A Família Camargo Batista pelo apoio, compreensão e amizade, em especial a Renata Aparecida minha amiga-irmã, pelo incentivo e carisma, pessoa admirável e de tamanha generosidade.

A Ronaldo Felitti pelo incentivo, apoio e colaboração.

A Wellington Gustavo Bendinelli pela amizade.

A Milena Leite pelo carinho, apoio e amizade.

A Sara Penachio pelo carinho e amizade.

A Kamila Monako, Ludmila Fukunaga e Luciana Brunelli, pelos dias compartilhados de diversão, conversas, apoio e principalmente amizade.

Aos amigos, Felipe Vitório, Natalia Brito, Josiane Pereira, Cristiane Melo, Késsia Pantoja, Leonardo Ishisaki e Miguel Sandri pelo auxílio e amizade.

Aos Doutores Aniello Antonio Cutolo Filho e Romy Goto membros da banca, pela contribuição a este trabalho.

A todos que direta e indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

**Muitíssimo Obrigada!**

**SUMÁRIO**

LISTA DE TABELAS .....	VIII
LISTA DE FIGURAS.....	X
1. RESUMO .....	1
2. SUMMARY .....	3
3. INTRODUÇÃO.....	5
4. REVISÃO DE LITERATURA .....	8
4.1. Milho doce .....	8
4.2. Utilização do milho doce no Brasil.....	9
4.3. Melhoramento do milho doce no Brasil .....	10
4.4. Análise dialéctica.....	13
4.5. Uso de testadores no melhoramento do milho.....	17
5. MATERIAL E MÉTODOS.....	19
5.1. Localização experimental e caracterização do clima.....	19
5.2. Populações e condução experimental .....	19
5.3. Características avaliadas .....	20
5.4. Análise estatística .....	22
5.5. Análise genética.....	23
6. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
6.1. Análise estatística .....	24
6.1.1. Agrupamento de médias.....	27
6.2. Análise genética.....	36
6.2.1. Análise da capacidade combinatória.....	37
7. CONCLUSÕES .....	46
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	47

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Esquema da análise de variância dos quadrados médios e desdobramento dos tratamentos, o desdobramento dos híbridos topcrosses corresponde a análise das capacidades geral e específica de combinação. .... 22
- Tabela 2.** Quadrados médios obtidos da análise de variância conjunta de características de plantas de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce cultivados em duas épocas. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 25
- Tabela 3.** Quadrados médios obtidos da análise de variância conjunta de características de produção de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce cultivados em duas épocas. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 25
- Tabela 4.** Quadrados médios obtidos da análise de variância conjunta de características de espigas de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce cultivados em duas épocas. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 26
- Tabela 5.** Quadrados médios de número de dias para florescimento feminino (FF) e comprimento de espiga comercial sem palha (CC) obtidos da análise de variância individual de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce com base na média de cada época de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 26
- Tabela 6.** Médias de altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e porcentagem de acamamento (PA) de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 28
- Tabela 7.** Médias de produção total com palha (PTCP), porcentagem de palha (PP), produção total sem palha (PTSP) e produção comercial sem palha (PCSP) de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 30
- Tabela 8.** Médias de diâmetro de espiga comercial sem palha (DC), número de fileiras de grãos em espigas comerciais (N<sup>o</sup>F), comprimento do grão (CG), enchimento de ponta (EP) e cobertura de palha (CP) de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 32
- Tabela 9.** Médias de número de dias para florescimento feminino (FF) na I e II época, comprimento de espiga comercial sem palha (CC) na I e II época, de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de cada época de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 34
- Tabela 10.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) referente a diferentes características de 11 linhagens e 2 testadores de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013). .... 39



**Tabela 11.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) referente ao número de dias para florescimento feminino (FF) e comprimento de espiga comercial sem palha (CC) de 11 linhagens e 2 testadores de milho doce com base na média de cada época de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013)..... 42

**Tabela 12.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referente à altura de planta (AP) produção comercial sem palha (PCSP) diâmetro de espiga comercial sem palha (DC) e número de dias para florescimento feminino (FF). São Manuel – SP, (2012-2013)..... 43

**LISTA DE FIGURAS**

<b>Figura 1.</b> Balanço hídrico climatológico para dados de T (°C) e P (mm) segundo Thornthwaite e Mather (1955) durante o período de 35 anos para a cidade de São Manuel, SP. (Fonte: Cunha e Martins, 2009).....	36
---	----

## **CRUZAMENTOS ENTRE LINHAGENS TROPICAIS DE MILHO DOCE E TESTADORES COM INTROGRESSÃO DE GERMOPLASMA TEMPERADO.**

Botucatu, 2014. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Autora: ANA PAULA MAIA PAIVA

Orientador: NORBERTO DA SILVA

Coorientador: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

### **1. RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a capacidade de combinação de linhagens tropicais e testadores com introgressão de germoplasma temperado para a produção de híbridos de milho doce adaptados as condições brasileiras. Foram obtidos vinte e dois híbridos topcrosses originários dos cruzamentos de onze linhagens tropicais de milho super doce em cruzamento com dois testadores super doce que apresentavam introgressão de germoplasma temperado. As linhagens tropicais foram obtidas por meio de seis gerações de endogamia e seleção, após a incorporação do gene *shrunken-2* em seis diferentes populações de milhos brasileiros amiláceos, utilizando o método de retrocruzamento parcial. Os dois testadores utilizados denominados de 106 e 107 foram constituídos pela mistura equitativa de sementes de vinte e duas linhagens S3 obtidas a partir de dois híbridos simples comerciais diferentes, de origem asiática tropical, com introgressão de germoplasma temperado. Os vinte e dois híbridos topcrosses, juntamente com as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Syngenta) e ‘AF-428<sup>®</sup>’ (Sakata Seed Sudamerica), os testadores temperados 106 e 107, bem como o híbrido entre as populações originais de 106 e 107 em equilíbrio (S0), totalizando 27 tratamentos, foram avaliados em duas épocas de cultivo, primavera e verão com semeadura em outubro de 2012 e janeiro de 2013, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Foram avaliadas as seguintes características agronômicas: número de dias para florescimento feminino, altura de planta, altura de espiga e porcentagem de acamamento. Após a colheita foi avaliada a produção total com

palha, porcentagem de palha, produção total sem palha, produção comercial sem palha e cobertura de palha. Nas espigas comerciais avaliou-se o comprimento da espiga sem palha, diâmetro da espiga sem palha, número de fileiras de grãos por espiga, enchimento de ponta e comprimento do grão. Foi realizada análise conjunta e desdobramentos para os quadrados médios significativos. As médias das características foram comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade e estimou-se o efeito da CGC e CEC. A combinação entre linhagens tropicais e testadores com introgressão de germoplasma temperado produz híbridos mais produtivos do que as testemunhas comerciais, além de melhorar outras características relacionadas à qualidade da espiga. Híbridos superiores podem ser obtidos para ambas as épocas de cultivo, devido à ausência de interação genótipo por ambiente. O comportamento superior dos híbridos topcrosses em relação às testemunhas comerciais é principalmente devido à CGC das linhagens.

---

**Palavras-chave:** *Zea mays* L., análises dialélicas, melhoramento.

**CROSSES BETWEEN SWEET CORN TROPICAL LINEAGES AND TESTERS WITH TEMPERATE GERMOPLASM INTROGRESSION.** Botucatu, 2014. 64p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista.

Author: ANA PAULA MAIA PAIVA

Adviser: NORBERTO DA SILVA

Co-Adviser: MAURÍCIO DUTRA ZANOTTO

## 2. SUMMARY

This study aims to evaluate the combining ability of tropical lines and testers with introgression of temperate germplasm for the production of sweet corn hybrids adapted to Brazilian conditions. Twenty-two topcrosses hybrids originated from crosses of eleven super sweet tropical corn lines crossed with two super sweet testers who had temperate germplasm introgression were obtained. The tropical strains were obtained through six generations of inbreeding and selection after the incorporation of the shrunken-2 gene in six different populations of Brazilian amylaceous corn, using the method of partial backcross. The two testers used, called 106 and 107, were made by equal mixture of seeds of lines S3 obtained from two different commercial single cross hybrids, of tropical Asian origin, with temperate germplasm introgression. The twenty-two topcrosses hybrids, along with the commercial controls ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Syngenta) and ‘AF-428<sup>®</sup>’ (Sakata Seed Sudamerica), temperate testers 106 and 107, as well as the hybrid between the original populations of 106 and 107 in equilibrium (S0), totaling 27 treatments were evaluated in two cropping seasons, spring and summer, with sowing in October 2012 and January 2013, respectively. The experimental design was the randomized block design with three repetitions. The following agronomic traits were evaluated: number days to female flowering, plant height, ear height, and plant lodging percentage. After harvesting, total production with straw, straw percentage, total production without straw, commercial production without straw and straw cover were assessed. In the commercial ones, ear length without straw, ear diameter without straw, number of rows of kernels per ear, filling

tip and grain size were evaluated. Joint analysis and splits was performed for significant mean square. The averages of the characters were compared by Scott-Knott test at 5% probability and the effect of GCA and SCA was estimated. The combination of tropical lineages and testers with temperate germplasm introgression produces hybrids more productive than the witnesses, besides improving other characteristics related to the quality of spike. Superior hybrids can be obtained for both growing seasons, due to the absence of genotype by environment interaction. The superior performance of hybrids top crosses in relation to the commercial controls is mainly due to the CGC lineages.

---

Keywords: *Zea mays* L., diallel analysis, breeding.

### 3. INTRODUÇÃO

O milho doce (*Zea mays* L.) classificado como especial destina-se exclusivamente ao consumo humano. É utilizado principalmente como milho verde, tanto *in natura* como para processamento pelas indústrias de produtos vegetais em conserva (OLIVEIRA JUNIOR et al., 2006).

O milho doce é conhecido por seus grãos possuírem altos teores de açúcar, o que os diferenciam do milho comum é a presença de genes mutantes que atuam na síntese de carboidratos impedindo a conversão do açúcar em amido. Seus diversos tipos diferem quanto à cor, que pode ser amarelo, branco, laranja ou bicolor, quanto ao teor de açúcar, textura, tamanho da espiga, dias para colheita, entre outras. Estão divididos em quatro tipos básicos, *sugary* (su), *sugary enhancer* (se), *brittle* (bt2) e *shrunk-2* (sh2) em função da qualidade pós-colheita e vigor das sementes (FARIA, 2013).

O principal gene utilizado atualmente é o *shrunk-2* (sh2), aproximadamente 90% do milho doce cultivado no mundo possui esse gene. Milhos portadores do alelo sh2 são conhecidos por super doce, pois possuem maiores teores de sacarose, o açúcar de maior poder adoçante (Tosello, 1978), além de terem a vantagem de maior período de colheita e maior durabilidade da doçura pós-colheita (LAUGHNAN, 1953, HUELSEN, 1954).

O milho doce é muito popular nos Estados Unidos e no Canadá. Nesses países, este cereal é tradicionalmente consumido *in natura* (BORDALLO et al., 2005). Atualmente, a área mundial cultivada é de 1,04 milhões de hectares. No Brasil são cultivados 38 mil hectares, onde praticamente 100% da produção destinam-se ao processamento industrial. A produção concentra-se nos estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Distrito Federal e Pernambuco. Porém mais de 90% está localizada no estado de Goiás, que devido ao clima característico, propicia o cultivo dessa hortaliça nos doze meses do ano.

A exploração da cultura é realizada durante todo o ano utilizando-se irrigação e o escalonamento da produção, permitindo um fluxo constante do produto para a comercialização. Este segmento tem crescido nos últimos anos e a tendência é a manutenção deste crescimento, visando principalmente o mercado para exportação (BARBIERI et al., 2005).

O Brasil, como um grande produtor de milho comum, apresenta grande potencial para a produção de milho doce. Entretanto, alguns dos fatores que contribuem para que o consumo de milho doce no país não seja muito expressivo é a pequena quantidade de genótipos adaptados para condições tropicais, bem como o reduzido número de genótipos adequados à comercialização. Atualmente o híbrido com maior importância comercial disponível no mercado brasileiro é o ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ desenvolvido pela Syngenta.

Com a expansão do mercado de milho doce para a indústria de enlatamento de milho verde e maior preocupação com sua qualidade, algumas empresas governamentais e privadas vêm desenvolvendo programas de melhoramento para produção de híbridos de milho doce adaptados as condições do clima brasileiro (SCAPIM et al., 1995a; ARAGÃO et al., 2003).

A alta tecnologia que vem sendo empregada no cultivo do milho doce e exigências industriais requerem materiais que, além de produtivos, sejam uniformes quanto à maturação, tamanho e forma das espigas. A utilização de híbridos simples auxilia na uniformidade de plantas e espigas, conseqüentemente, na qualidade do produto final.

Segundo Cutolo Filho (2003) uma das maneiras mais rápidas para combinar as características desejáveis de milho doce temperado, tais como porte baixo, ciclo precoce e boa qualidade de grão, sem perder a adaptação do germoplasma tropical, seria a combinação de linhagens tropicais e temperadas na forma de híbrido simples.



Desde a década de 1990 a Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu – FCA/UNESP vem desenvolvendo linhagens tropicais após a incorporação do gene *shrunkn-2*. Recentemente linhagens tropicais, com introgressão de genes de populações temperadas, foram também desenvolvidas visando a produção de híbridos adaptados obtidos pelo cruzamento entre os dois grupos (SILVA, 2013) (Comunicação Pessoal)<sup>1</sup>.

Para a obtenção de híbridos simples entre os dois grupos, a análise da capacidade combinatória é utilizada com a finalidade de auxiliar na detecção de combinações híbridas de interesse.

O presente trabalho tem por objetivo avaliar a capacidade de combinação de linhagens tropicais e testadores com introgressão de germoplasma temperado para a produção de híbridos de milho doce adaptados as condições brasileiras.

## 4. REVISÃO DE LITERATURA

### 4.1. Milho doce

O milho doce, assim como o milho comum, é pertencente à espécie *Zea mays* L. ( $2n = 20$  cromossomos), gênero *Zea*, família Poaceae e tribo Maydeae. Contudo, por suas características diferenciadas em relação ao acúmulo de açúcares nos grãos, encontra-se classificado no grupo saccharata (TRACY, 1994).

Originário da América Central, possivelmente dos territórios do México, o milho doce possui origem semelhante ao milho comum. Entretanto, de acordo com Machado et al. (1980), este tipo especial de milho provavelmente tenha ocorrido na natureza como produto de uma mutação seguido de uma domesticação.

O milho doce é um tipo de milho específico para o consumo humano e que por ser colhido *in natura*, com 75% de umidade nos grãos (Oliveira Junior et al., 2006; Borin, 2005), é considerado uma hortaliça (KAUKIS E DAVIS, 1986).

O caráter doce no milho deve-se a presença de alelos mutantes que resulta no acúmulo de açúcares nos grãos (TRACY, 2001). Os grãos de milho doce tornam-se enrugados quando secos devido ao alto teor de açúcar e baixo teor de amido no

endosperma, característica esta que os diferenciam do milho comum, que são lisos e amiláceos (BARBIERI, 2008).

Os principais alelos mutantes são *shrunk-2* (*sh2*), *brittle* (*bt*), *brittle-2* (*bt2*), *sugary* (*su*) e *sugary enhancer* (*se*) que atuam na biossíntese de carboidratos no endosperma dos grãos, causando o acúmulo de polissacarídeos solúveis. A diferença entre esses alelos que são de caráter recessivo está na proporção de amido e tipo de açúcar presentes no endosperma, bem como nos cromossomos em que estão localizados (TRACY, 2001).

O milho doce está dividido em dois grupos: “doce”, que contém o gene *sugary* e o “superdoce”, que contém os genes *brittle*, *shrunk* ou *sugary enhancer*. O gene *sugary* condiciona fitoglicogênio ou polissacarídeos solúveis em água, aumenta o teor de açúcares simples e apresenta baixo teor de amido (TRACY, 2001; SILVA, 2002). Os genes *brittle* e *shrunk* acumulam excepcionais teores de açúcar e apresentam baixos teores de carboidrato total no estágio de maturação (TRACY, 2001).

Esses genes tornam o milho doce atrativo ao consumo e conseqüentemente, abrem oportunidades para o desenvolvimento de programas de melhoramento, devido ao alto nível de açúcares presentes na semente, acumulando mais açúcares do que o milho normal no endosperma dos grãos (KAUKIS E DAVIS, 1986).

Os açúcares presentes no milho portador do gene *shrunk-2*, que atualmente é o mais utilizado, são sacarose, maltose, glicose e frutose, porém o que predomina é a sacarose, considerada de maior poder adoçante (TOSELLO, 1978).

#### **4.2. Utilização do milho doce no Brasil**

A produção de milho doce no Brasil é voltada para indústria de conservas. É plantado durante o ano todo, com o uso de irrigação e o escalonamento da produção, garantem um fluxo constante do produto para comercialização. Este seguimento tem crescido nos últimos anos e a tendência é aumentar, visando o mercado para exportação e o consumo *in natura* (BARBIERI et al., 2005).

A pequena tradição no consumo e a falta de híbridos disponíveis no mercado adaptados aos trópicos são os responsáveis pela baixa exploração da cultura no país, quando comparado com o comércio de milho doce nos países de clima temperado

(CUTOLO FILHO, 2003). Araújo et al., (2006) porém, registram uma expectativa de que, em pouco tempo, o milho doce se tornará uma importante hortaliça no Brasil, podendo ser uma alternativa agrônômica bastante rentável.

O Brasil, como grande produtor de milho comum, apresenta enorme potencial para a produção de milho doce possibilitando a expansão de novos mercados, tanto para o consumo interno quanto para o mercado de exportação na forma de conservas e congelados. Contudo, em virtude do pouco conhecimento por parte dos consumidores e da baixa disponibilidade de sementes (Teixeira et al., 2001) seu cultivo tem sido restrito, pois existem poucos híbridos comerciais de milho doce no mercado, sendo os principais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ desenvolvido pela Syngenta e ‘Honey Sweeter<sup>®</sup>’ da Seminis.

Com o aumento do mercado de milho doce para a indústria de enlatados no Brasil, surgiu maior preocupação com a qualidade. Para proporcionar as condições necessárias para o aumento da produção no país, algumas empresas governamentais e privadas, vêm desenvolvendo programas de melhoramento, para produção de híbridos e cultivares de milho doce mais adaptadas às condições tropicais (SILVA, 1994; SCAPIM et al., 1995a).

### **4.3. Melhoramento do milho doce no Brasil**

Os programas de melhoramento de milho doce no Brasil tiveram início em 1936, no Departamento de Genética da ESALQ, utilizando genótipos com o gene *sugary*. Em 1979 a EMBRAPA/CNPH iniciou um programa de milho doce resultando no lançamento das cultivares Super Doce e Doce Ouro, portadoras do gene *brittle-2*, e da cultivar Doce Cristal, portadora do gene *sugary-1*, além dos híbridos Lili e Doce Mel, portadores do gene *brittle-2*.

A utilização do gene *shrunk* no Brasil iniciou-se em 1980 com híbridos desenvolvidos pelo Dr. Willian José da Silva a partir de material introduzido dos Estados Unidos utilizado como genitor doador para populações de milho amiláceo do Instituto Agrônomo de Campinas. O primeiro híbrido denominou-se DO-01, seguindo-se mais três híbridos denominados DO-02, DO-03 e DO-04.

Em 1989, o programa de melhoramento de milho doce da Faculdade de Ciências Agronômicas de Botucatu, UNESP, também desenvolveram híbridos experimentais portadores do gene *shrunk-2* em germoplasma tropical (Cutolo Filho, 2003), além de cultivares, linhagens e híbridos mais adaptados às condições brasileiras (SILVA, 1994).

O melhoramento genético de cultivares de milho doce no Brasil segue duas formas de ação, a principal é a introdução de alelos via retrocruzamento, ou seja, o caráter doce monogênico recessivo de uma fonte genética qualquer é introduzido em uma população de endosperma amiláceo já utilizado comercialmente. Outra forma é submeter um germoplasma doce em um programa de seleção recorrente (PARENTONI et al., 1990; EMBRAPA, 1992).

O método dos retrocruzamentos, segundo Borém (2001), consiste na realização de cruzamentos sucessivos entre a progênie resultante de duas populações selecionadas com um de seus genitores. Uma das populações participa apenas do cruzamento inicial, recebendo o nome de genitor doador. Já a população que continua sendo usada nos cruzamentos subsequentes, desde o cruzamento inicial, é chamada de genitor recorrente. Assim, o retrocruzamento entrevê recuperar o genótipo do genitor recorrente, utilizado por repetidas vezes, a exceção de algumas características que se busca obter do genitor doador.

Introduzir o gene *shrunk-2* de milhos doces temperados em populações tropicais, por meio de retrocruzamento, possui pontos positivos e negativos, pois as plantas obtidas são adaptadas, resistentes a pragas e doenças e possuem alta produtividade, contudo apresentam grãos com qualidade inferior às populações de clima temperado, por apresentar pericarpo espesso nos grãos, porte e inserção das espigas altas (Cutolo Filho, 2003), fatores que promovem acamamento de plantas e dificultam a colheita mecânica (FARIA, 2013).

Segundo Cutolo Filho (2003), o milho tropical caracteriza-se, principalmente, por ser uma planta adaptada a fotoperíodos curtos além de ser menos tolerante ao frio e apresentar maior resistência a doenças nas condições brasileiras quando comparado a populações temperadas.

O milho tropical tem sido utilizado em programas de melhoramento genético de milho doce temperado, como fonte de resistência a doenças (DAVIS E GRIER, 1978; MARTON E MAHOENY, 1932). Entretanto, o potencial do

germoplasma tropical para melhor capacidade de combinação para produção, vigor, desempenho agrônômico e qualidade do milho doce adaptado ao clima temperado não tem sido estudada adequadamente (RUBINO E DAVIS, 1990).

Segundo Uhr e Goodman (1995) em clima temperado, como nos Estados Unidos, o milho tropical tende a ser sensível ao fotoperíodo, de florescimento tardio, com baixa coincidência entre florescimento masculino e feminino, com alta porcentagem de acamamento e pouco tolerante ao frio. Contudo, segundo os mesmos autores, o milho tropical tem alto potencial de produção e é resistente a maioria das doenças, apesar de possuírem um número muito grande de genes deletérios, por não terem sido submetidos a um processo intenso de endogamia.

É um método comum o cruzamento de germoplasma exótico com germoplasma adaptado para melhorar o desempenho agrônômico antes da seleção recorrente. Várias gerações de acasalamento ao acaso, com ou sem seleção recorrente para adaptação é recomendada (Lonnquist, 1974; Hallauer, 1978) para reduzir o desequilíbrio de ligações e aumentar a frequência de alelos favoráveis (COMPTON et al., 1979).

O milho doce temperado é caracterizado, principalmente por ser uma planta adaptada a fotoperíodo longo, comparativamente ao milho tropical, além de ser mais tolerante ao frio, e apresentar melhor qualidade de grãos para consumo, devido à presença de pericarpo mais fino, apresentando um formato mais cilíndrico das espigas e grãos mais estreitos, características desejáveis para a indústria, resultante de um processo de melhoramento de mais de 100 anos (CUTOLO FILHO, 2003).

Segundo Cutolo Filho (2003), apesar da qualidade superior do produto final do milho temperado, este apresenta a desvantagem de ser bastante sensível a temperatura e ao fotoperíodo quando cultivado em condições tropicais, pois apresenta porte baixo de planta, menor número de nós e entrenós do que o característico da cultivar, plantas precoces e baixa produção. Essa precocidade, em condições de campo, é variável em função da época de semeadura, como resposta ao fotoperíodo e que, agrupada à baixa produção que estas plantas apresentam em condições tropicais, dificultam a utilização destes genótipos no melhoramento de milho tropical.

O processo industrial do milho doce exige espigas com comprimento e diâmetro uniformes e grãos com tamanhos semelhantes, para que o produto final seja de alta qualidade, bem como, uniformidade no teor de umidade nos grãos, que auxilia na palatabilidade do produto e na manutenção do sabor, alta produção de grãos por

espiga, além da textura dos grãos que deve ser uniforme e possuir pericarpo fino, características essas que devem ser obtidas em híbridos simples pelo cruzamento em dialelos parciais entre linhagens tropicais e temperadas (TOSELLO, 1978; KWIATROWSKI E CLEMENTE, 2009).

O híbrido simples é obtido mediante o 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 o genitor feminino de um híbrido simples é uma linhagem com produtividade baixa (MIRANDA FILHO E VIÉGAS, 1987).

O uso de cruzamentos dialélicos tem ganhado espaço entre os melhoristas de milho doce, pois permite avaliar os genótipos envolvidos (germoplasma tropical e temperado) e suas diversas combinações híbridas. Neste caso é possível avaliar o tipo de ação gênica atuante, bem como a capacidade geral e a capacidade específica de combinação (HALLAUER E MIRANDA FILHO, 1981).

#### **4.4. Análise dialélica**

A análise dialélica é amplamente utilizada em várias espécies cultivadas, apresentando como vantagens a contribuição na escolha dos genitores e de populações segregantes, bem como o fornecimento de informações sobre o controle genético dos caracteres (CRUZ E REGAZZI, 1997).

A análise dialélica é utilizada para estimar a capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) (CRUZ E REGAZZI, 1997). Os dialelos são simples de ser utilizados em milho, podendo fornecer informações importantes sobre o estudo de populações, como capacidade combinatória, variância genética e herdabilidade (Vacaro et al., 2002), além de permitirem a escolha dos genitores promissores com base principalmente nos conceitos de capacidade geral de combinação, capacidade específica de combinação e heterose (MELO et al., 2001; LEMOS et al., 2002; OLIVEIRA et al., 2004; RODRIGUES, 2007).

A capacidade de combinação pode ser usada para a escolha de genitores e híbridos potencialmente superiores. Os valores genéticos dos genitores e das combinações híbridas presentes em um dialelo são efetuados sobre os efeitos gênicos

envolvidos na determinação da característica sob análise, revelando informações importantes para o planejamento de programas de melhoramento quanto à estratégia de seleção e escolha dos seus métodos (RAMALHO et al., 1993).

O cruzamento dialélico tem sido definido como o conjunto de todas as possibilidades de cruzamentos entre vários genótipos. A principal restrição aos cruzamentos dialélicos, segundo Veiga et al. (2000), é que quando o número de genitores é grande, o número de combinações híbridas a serem avaliadas se torna excessivo.

As metodologias de análise dialélica tem por finalidade analisar o delineamento genético, provendo estimativas de parâmetros úteis na seleção e na compreensão dos efeitos genéticos envolvidos na determinação dos caracteres (Cruz e Regazzi, 1997) e se classificam como balanceados ou desbalanceados, completos, parciais, circulantes, entre outros.

Griffing (1956) denominou de sistema de cruzamento dialélico aquele pelo qual um grupo de  $n$  genótipos (linhagens, híbridos, entre outros) são escolhidos e cruzamentos são feitos entre eles. Este procedimento dá origem a um máximo de  $n^2$  combinações. As combinações são avaliadas em experimentos com repetições e as médias de tratamentos, representando as combinações mencionadas, são utilizadas para formar uma tabela dialélica  $n \times n$ . As  $n^2$  combinações podem ser divididas em três grupos: os  $n$  genitores, um grupo de  $1/2 n(n-1)$  híbridos e o grupo de  $1/2 n(n-1)$  híbridos recíprocos.

A partir destes três grupos, Griffing (1956) idealizou quatro possíveis métodos de análise que se diferenciam pelo fato de incluir os genitores ou recíprocos ou ambos: Método 1 - são incluídos os pais, os híbridos F1 e os híbridos recíprocos, totalizando  $n^2$  combinações; Método 2 - são incluídos somente os pais e os híbridos F1, totalizando  $1/2 n(n+1)$  combinações; Método 3 - são incluídos somente os híbridos F1 e os recíprocos, totalizando  $n(n-1)$  combinações; Método 4 - que inclui somente os híbridos F1, com um total de  $1/2 n(n-1)$ . Cada um desses métodos pode ser analisado considerando um modelo fixo ou aleatório, dependendo da natureza amostral dos genitores (CRUZ E REGAZZI, 1997).

Para Bordallo et al. (2005), dentre as metodologias de análise dialélica, a proposta por Griffing (1956), permite obter as estimativas da capacidade geral de combinação, além de proporcionar informações sobre a concentração de genes predominantemente aditivos em seus efeitos e são de grande utilidade na indicação de genitores a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional.



O termo capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de um genitor em cruzamento com os demais do conjunto (MIRANDA FILHO E GORGULHO, 2001).

A baixa estimativa de capacidade geral de combinação do genitor, obtida com base em suas populações híbridas, indica que este não difere muito da média geral dos genitores da população dialélica. Por outro lado, quanto mais altos forem os valores referentes à CGC, positivos ou negativos, determinado genitor será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no dialelo e se apresentar próximo de zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos (CRUZ E REGAZZI, 1997).

Oliveira Júnior et al. (1999) relataram que os genitores que apresentam maiores estimativas positivas ou negativas de CGC seriam potencialmente favoráveis quanto as suas contribuições para programas de melhoramento intrapopulacional.

A capacidade específica de combinação (CEC) é interpretada como um efeito na expressão do híbrido que é adicional aos efeitos de CGC dos pais, podendo ser positivo ou negativo. Em outras palavras, a CEC resulta da interação dos efeitos de CGC dos pais e pode melhorar ou piorar a expressão do híbrido em relação ao efeito esperado com base somente na CGC (MIRANDA FILHO E GORGULHO, 2001).

Os efeitos da capacidade específica de combinação, estimados como desvio do comportamento em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação, são medidas dos efeitos gênicos não aditivos. São desejáveis combinações híbridas com estimativas de capacidade específica de combinação mais favorável, que envolvam pelo menos um dos genitores que tenha apresentado o mais favorável efeito de capacidade geral de combinação (BORDALLO et al., 2005; AGUIAR et al., 2004).

A estimativa do efeito da capacidade de combinação de uma variedade com ela mesma é importante na indicação da direção dos desvios de dominância. Se tal estimativa for negativa, os desvios são predominantemente positivos e, como consequência, tem-se a heterose positiva. Do contrário, se CEC for positiva, a heterose será negativa. A magnitude de CEC, por sua vez, é indicativa da divergência genética do parental em relação à média dos demais parentais do dialelo (MIRANDA et al., 1988; CRUZ E REGAZZI, 1997).

Melo et al. (2001), em um trabalho realizado para estimar as capacidades geral e específica de combinação entre dez híbridos comerciais de milho, observaram que houve diferenças significativas tanto para CGC quanto para CEC. A significância de CGC indicou que os genitores diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo genitores com maior possibilidade de formar híbridos mais produtivos. A CEC significativa indicou que alguns híbridos F1's apresentaram desempenho superior, ou inferior ao previsto com base na CGC dos genitores.

Aguiar et al. (2003), na avaliação da capacidade de combinação de cinco linhagens endogâmicas de milho, verificaram que a CGC foi significativa para os caracteres produção de grãos, altura de planta, altura de espiga, enquanto que a CEC foi não significativa apenas para posição da espiga. Para o caráter produção de grãos, tanto os efeitos aditivos (CGC) quanto não aditivos (CEC) foram igualmente importantes, enquanto que para as demais variáveis, houve predominância dos efeitos aditivos.

Freitas Júnior et al. (2006), estudando a capacidade combinatória em milho pipoca por meio de dialelo circulante, observaram a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos aditivos e não aditivos no controle da expressão gênica para as características altura de plantas, produção de grãos e capacidade de expansão e que a análise de dialelo circulante em um conjunto de ambientes, provê resultados mais adequados do que a avaliação em um único ambiente.

Teixeira et al. (2001), através da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce em dois dialelos, constataram efeitos significativos para CGC, CEC e para interação CGC x ambiente em ambos os dialelos para o caráter peso de espigas sem palha. Essa significância para as capacidades combinatórias revelou a existência de variabilidade tanto para efeitos gênicos aditivos como não aditivos. Resultados semelhantes foram encontrados por Gomes et al. (2000) e Aguiar et al. (2004).

Para Locatelli et al. (2002), que avaliaram a capacidade combinatória de nove linhagens endogâmicas de milho em dois ambientes, a significância da interação da CGC e CEC com dois locais comprovaram haver diferenças de comportamento dos genótipos nos diferentes locais. A interação da CGC com o local apresentou quadrados médios maiores para as características observadas, demonstrando que os efeitos aditivos foram os maiores responsáveis pelas diferenças de comportamento dos genótipos.

#### 4.5. Uso de testadores no melhoramento do milho

O uso de topcrosses no melhoramento de milho tem como objetivo avaliar a capacidade combinatória de linhagens, visando à estimação de valores genéticos para a melhoria da população (SANTOS, 2012).

De acordo com Hallauer et al. (2010), a principal diferença entre a capacidade geral e específica de combinação é atribuída à base genética do testador (base ampla ou estreita). Tais diferenças são essencialmente uma questão na diferença das frequências genéticas. No testador de base ampla, a frequência genética para determinado loco pode assumir valores entre 0 e 1, enquanto, para um testador de base estreita, esses valores se limitam a 1 ou 0. Já para o uso de testadores resultantes do cruzamento de duas linhagens homozigotas, como, por exemplo, o uso de híbridos simples, tais valores podem ser de 0, 0,5 ou 1. Em ambos os casos (base ampla ou base estreita), a seleção pode ocasionar mudança na média da população em função da predominância dos efeitos aditivos quando são utilizados testadores de base ampla ou a predominância dos efeitos de dominância quando são utilizados testadores de base estreita.

Ao considerar os genótipos que estão sendo avaliados em topcrosses, parece ser difícil distinguir entre capacidade geral e específica de combinação (LONNQUIST E LINDSEY, 1964; SOUZA, 2000). Neste caso, a expressão capacidade de combinação deve ser usada no sentido mais amplo.

Segundo Hallauer (1975), a questão central para aplicação da metodologia do topcross é a escolha do testador. O objetivo é encontrar um testador que discrimine com maior eficiência os genótipos de acordo com os fins da seleção.

Davis (1927) efetuou seleção de linhagens com base na capacidade geral de combinação com um testador de base ampla. Johnson e Hayes (1936) também relataram que as linhagens com rendimentos elevados foram mais propensas a produzir híbridos simples melhores.

Para Matzinger (1953), um testador desejável é aquele que combina praticidade no uso com o máximo de informação sobre o desempenho esperado das linhagens usadas em outras combinações ou cultivadas em outros ambientes. Porém, este mesmo autor ressalta que um só testador não pode cumprir todos esses requisitos.

Rawling e Thompson (1962) definiram o melhor testador como aquele que maximiza o desempenho em relação a linhagens e discrimina de forma eficiente as linhagens que estão sendo testadas.

De acordo com Alisson e Curnow (1966), para o melhoramento populacional, o melhor testador é aquele que maximiza o rendimento médio esperado da população a partir de cruzamentos aleatórios de genótipos selecionados. Por sua vez, Hallauer (1975) preconiza que, em geral, um testador adequado deve ser de fácil manipulação, fornecer informações que classifiquem o mérito relativo de linhagens e maximizar o ganho genético.

Ferreira et al. (2009) utilizaram um testador de base genética ampla para avaliar a capacidade geral de combinação de linhagens parcialmente endogâmicas em topcross. Os resultados deste trabalho mostram que alguns híbridos topcrosses possuem elevado potencial produtivo, com a vantagem do menor custo de produção, tendo sido também encontradas linhagens S3 com elevados valores de CGC.

Guimarães et al. (2012) avaliaram testadores quanto a capacidade de identificar linhagens endogâmicas de milho e concluíram que os testadores com base genética ampla foram os mais adequados para identificar os maiores efeitos da CGC quando comparados com os de base genética estreita.

## **5. MATERIAL E MÉTODOS**

### **5.1. Localização experimental e caracterização do clima**

Os experimentos foram conduzidos e avaliados na Fazenda Experimental de Ensino, Pesquisa e Produção de São Manuel, SP, pertencente à Faculdade de Ciências Agrônomicas, Campus de Botucatu/UNESP, cujas coordenadas geográficas são de 22° 44' 50" de latitude Sul e 48° 34' 00" de longitude Oeste de Greenwich com altitude de 765 metros.

Segundo Espíndola et al. (1974), o clima da região é mesotérmico, CWA (subtropical úmido com estiagem no período do inverno). A média da precipitação total anual é de 1534 mm, sendo o mês de janeiro, com 242 mm, o mais chuvoso e os meses de julho e agosto, com 38 mm, os meses mais secos. A temperatura média anual é de 21° C.

### **5.2. Populações e condução experimental**

Foram obtidos vinte e dois híbridos topcrosses originários dos cruzamentos de onze linhagens tropicais de milho super doce em cruzamento com dois

testadores super doce que apresentavam introgressão de germoplasma temperado. As linhagens tropicais foram obtidas por meio de seis gerações de endogamia e seleção, após a incorporação do gene *shrunk-2* em seis diferentes populações brasileiras de milhos amiláceos, utilizando o método de retrocruzamento parcial. Os dois testadores utilizados denominados de 106 e 107 foram constituídos pela mistura equitativa de sementes de 22 linhagens S3 obtidas a partir de dois híbridos simples comerciais diferentes, de origem asiática tropical, com introgressão de germoplasma temperado. Todas as linhagens e testadores foram desenvolvidas na Área do Departamento de Produção e Melhoramento Vegetal da Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, FCA/UNESP (SILVA, 2013) (Comunicação Pessoal)<sup>1</sup>.

Os vinte e dois híbridos topcrosses, juntamente com as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Syngenta) e ‘AF-428<sup>®</sup>’ (Sakata Seed Sudamerica), os testadores temperados 106 (Mistura de S3 ‘G’) e 107 (Mistura de S3 ‘M’), bem como o híbrido entre as populações originais de 106 e 107 em equilíbrio (S0), totalizando vinte e sete tratamentos, foram avaliados em duas épocas de cultivo, Primavera (outubro/janeiro) e Verão (janeiro/abril) com semeadura em 26/10/2012 e 29/01/2013, respectivamente.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com três repetições. Cada parcela experimental foi composta por 25 plantas em linhas de 5 m, espaçadas 0,90 m entre linhas e 0,20 m entre plantas na linha.

A adubação e os tratos culturais foram feitos conforme as exigências da cultura, sendo a adubação realizada de acordo com as recomendações técnicas e resultado da análise de solo. A irrigação utilizada, quando necessário, foi por aspersão.

### 5.3. Características avaliadas

Durante o ciclo da cultura avaliaram-se:

- Número de dias para florescimento feminino (FF): refere-se ao número de dias, a partir da semeadura, necessário para a emissão da inflorescência feminina em 50% das plantas da parcela;
- Altura de planta (AP): altura média, em metros, obtida de dez plantas por parcela medidas desde o nível do solo até a inserção da folha bandeira;

---

<sup>1</sup>Prof. Dr. Norberto da Silva (Faculdade de Ciências Agrônômicas – UNESP – Campus de Botucatu). Comunicação pessoal, 2013.

- Altura de espiga (AE): altura média, em metros, obtida de dez plantas por parcela medidas desde o nível do solo até a inserção da primeira espiga;

A altura da planta e da espiga foi medida após o florescimento feminino.

- Porcentagem de acamamento (PA): número de plantas que apresentaram ângulo de inclinação superior a 45° com a vertical, no momento da colheita, em porcentagem;

Após a colheita foram avaliados:

- Produção total com palha (PTCP): peso total de primeiras espigas com palha colhidas na parcela, em kg.  $\text{parc}^{-1}$ ;

- Porcentagem de palha (PP): obtida pela relação entre a diferença do peso de dez espigas com e sem palhas colhidas na parcela, e o peso de dez espigas com palha, multiplicada por 100.

- Produção total sem palha (PTSP): peso total de primeiras espigas sem palha colhidas na parcela, em kg.  $\text{parc}^{-1}$ ;

- Produção comercial sem palha (PCSP): peso espigas comerciais sem palha por parcela, em kg.  $\text{parc}^{-1}$ ;

- Comprimento de espiga comercial sem palha (CC): comprimento médio de cinco espigas comerciais sem palha, em cm;

- Diâmetro de espiga comercial sem palha (DC): diâmetro médio na parte mediana de cinco espigas comerciais sem palha, em cm;

- Número de fileiras de grãos em espigas comerciais (N°F): média do número de fileiras de grãos obtido de cinco espigas comerciais;

- Comprimento do grão (CG): obtido pela diferença entre o diâmetro da espiga e o diâmetro do sabugo de cinco espigas comerciais, dividido por dois, em cm;

- Enchimento de ponta (EP): obtido por meio da razão entre o comprimento da espiga comercial ocupada pelos grãos, e o comprimento total da mesma, como média de cinco espigas comerciais, em %.

- Cobertura de palha (CP): obtida por meio da diferença entre o comprimento médio de dez espigas com e sem palha, em cm.

As espigas foram consideradas como comerciais quando apresentavam comprimento acima de 15 cm e formato cilíndrico.

#### 5.4. Análise estatística

Após a coleta dos dados as características avaliadas em números e em porcentagem, foram transformadas em raiz quadrada do número e arco seno da raiz quadrada da proporção antes da análise de variância, respectivamente.

Os dados coletados foram analisados individualmente para cada época de cultivo, ou seja, para cada experimento segundo o delineamento estatístico de blocos ao acaso. Quando a relação entre os quadrados médios residuais dos dois experimentos foi inferior ou igual a quatro, procedeu-se a análise conjunta dos mesmos, para se detectar a existência de interação tratamentos por épocas de plantio. Quando esta interação foi significativa, a interpretação dos resultados foi feita separadamente por época.

Observando-se significância dos quadrados médios dos tratamentos os mesmos foram desdobrados em seus componentes de acordo com a Tabela 1.

**Tabela 1.** Esquema da análise de variância dos quadrados médios e desdobramento dos tratamentos, o desdobramento dos híbridos topcrosses corresponde a análise das capacidades geral e específica de combinação.

FV	GL	SQ	QM
Blocos/Épocas	4	SQ <sub>b</sub>	SQ <sub>b</sub> /GL <sub>b</sub>
Épocas	1	SQ <sub>e</sub>	SQ <sub>e</sub> /GL <sub>e</sub>
Tratamentos	26	SQ <sub>t</sub>	SQ <sub>t</sub> /GL <sub>t</sub>
Híbridos Topcrosses	21	SQ <sub>htc</sub>	SQ <sub>htc</sub> /GL <sub>htc</sub>
(CGC) Linhagens	10	SQ <sub>lin</sub>	SQ <sub>lin</sub> /GL <sub>lin</sub>
(CGC) Testadores	1	SQ <sub>tt</sub>	SQ <sub>tt</sub> /GL <sub>tt</sub>
(CEC) Linhagens x Testadores	10	SQ <sub>lxtt</sub>	SQ <sub>lxtt</sub> /GL <sub>lxtt</sub>
Linhagens/T1	10	SQ <sub>t1</sub>	SQ <sub>t1</sub> /GL <sub>t1</sub>
Linhagens/T2	10	SQ <sub>t2</sub>	SQ <sub>t2</sub> /GL <sub>t2</sub>
Testemunhas	4	SQ <sub>test</sub>	SQ <sub>test</sub> /GL <sub>test</sub>
Híbridos vs Testemunhas	1	SQ <sub>h<sub>v</sub>stest</sub>	SQ <sub>h<sub>x</sub>stest</sub> /GL <sub>h<sub>v</sub>stest</sub>
Tratamentos x Épocas	26	SQ <sub>txe</sub>	SQ <sub>txe</sub> /GL <sub>txe</sub>
Erro Médio	104	SQ <sub>erro</sub>	

CGC = Capacidade Geral de Combinação CEC = Capacidade Especifica de Combinação

Para todas as características avaliadas as médias dos vinte e sete tratamentos foram agrupadas e comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, para verificar o potencial dos híbridos topcrosses em relação às testemunhas comerciais. Para as características que foram transformadas, as comparações foram feitas



na escala transformada, mas estão apresentadas na unidade original em que foram coletadas.

### 5.5. Análise genética

As análises genéticas foram feitas utilizando-se os quadrados médios obtidos da análise de variância no delineamento de blocos ao acaso, referentes aos cruzamentos, considerando-se apenas os vinte e dois híbridos topcrosses, excluindo-se, neste caso, as testemunhas. Utilizando-se as médias dos híbridos foram calculados os seguintes parâmetros: capacidade geral de combinação (CGC) dos dois grupos, correspondente a linhagens e a testadores, bem como a capacidade específica de combinação (CEC) quanto às combinações híbridas, correspondente à interação das linhagens x testadores (Tabela 1).

Para o cálculo das capacidades combinatórias o modelo estatístico adotado foi o de Griffing (1956) adaptado por Cruz (2006), indicado para dialelos parciais, incluindo apenas as gerações F1, segundo o modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g'_j + s_{ij} + \bar{\epsilon}_{ij}$$

Onde:

$Y_{ij}$ : média do cruzamento envolvendo o  $i$ -ésimo progenitor do grupo 1 (Linhagens) e o  $j$ -ésimo progenitor do grupo 2 (Testadores);

$\mu$ : média geral do dialelo;

$g_i$ : efeito da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo progenitor do grupo 1 (Linhagens);

$g'_j$ : efeito da capacidade geral de combinação do  $j$ -ésimo progenitor do grupo 2 (Testadores);

$s_{ij}$ : efeito da capacidade específica de combinação; e

$\bar{\epsilon}_{ij}$ : erro experimental médio.

## **6. RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **6.1. Análise estatística**

Na análise de variância conjunta, não houve significância na interação tratamentos por épocas para doze das quatorze características avaliadas, com exceção para florescimento feminino e comprimento de espiga comercial sem palha, cuja a discussão foi feita separadamente para cada época de cultivo.

Considerando que para as características de planta, produção e espigas comerciais de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce, com base na análise de variância conjunta de duas épocas de cultivo, os valores e as significâncias dos quadrados médios e coeficientes de variação experimental, estão apresentados na Tabela 2, 3 e 4.

Para as características em que houve interação tratamentos por épocas de cultivo, como número de dias para florescimento feminino e comprimento de espiga comercial sem palha, os resultados da análise de variância individual para cada época de cultivo, estão apresentados na Tabela 5.

**Tabela 2.** Quadrados médios obtidos da análise de variância conjunta de características de plantas de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce cultivados em duas épocas. São Manuel – SP, (2012-2013).

F.V.	G.L.	Q.M.		
		AP	AE	PA
Blocos/Épocas	4	0,0592	0,0248	0,0251
Épocas	1	0,3258 *	0,4710 *	0,0793 *
Tratamentos	26	0,1728 *	0,0749 *	0,0292 *
Híbridos Topcrosses	21	0,0704 *	0,0250 *	0,0036 <sup>ns</sup>
CGC Linhagens	10	0,0916 *	0,0261 *	-
CGC Testadores	1	0,3487 *	0,1914 *	-
CEC Linhagens x Testadores	10	0,0212 *	0,0072 <sup>ns</sup>	-
Linhagens/T1	10	0,0608 *	-	-
Linhagens/T2	10	0,0520 *	-	-
Testemunhas	4	0,3365 *	0,0898 *	0,1228 *
Híbridos vs Testemunhas	1	1,6690 *	1,0651 *	0,1923 *
Tratamentos x Épocas	26	0,0143 <sup>ns</sup>	0,0055 <sup>ns</sup>	0,0055 <sup>ns</sup>
Erro Médio	104	0,0100	0,0042	0,0059
<b>CV%</b>		4,51	5,21	9,17

<sup>ns</sup> não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste F.

AP = Altura de planta; AE = Altura de espiga; PA = Porcentagem de acamamento;

**Tabela 3.** Quadrados médios obtidos da análise de variância conjunta de características de produção de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce cultivados em duas épocas. São Manuel – SP, (2012-2013).

F.V.	G.L.	Q.M.			
		PTCP	PP	PTSP	PCSP
Blocos/Épocas	4	1,2212	0,0009	0,3885	0,5898
Épocas	1	0,0001 <sup>ns</sup>	0,0101 *	0,2120 <sup>ns</sup>	8,6992 *
Tratamentos	26	14,6843 *	0,0065 *	6,6740 *	9,5856 *
Híbridos Topcrosses	21	3,8830 *	0,0057 *	1,6522 *	2,6249 *
CGC Linhagens	10	6,6405 *	0,0104 *	2,8707 *	4,1227 *
CGC Testadores	1	1,0602 <sup>ns</sup>	0,0008 <sup>ns</sup>	0,5204 <sup>ns</sup>	0,3331 <sup>ns</sup>
CEC Linhagens x Testadores	10	1,4077 <sup>ns</sup>	0,0016 <sup>ns</sup>	0,5470 <sup>ns</sup>	1,3562 *
Linhagens/T1	10	-	-	-	2,3383 *
Linhagens/T2	10	-	-	-	3,1407 *
Testemunhas	4	25,5182 *	0,0085 *	10,3670 *	16,4663 *
Híbridos vs Testemunhas	1	198,1765 *	0,0145 *	97,3588 *	128,2381 *
Tratamentos x Épocas	26	1,0153 <sup>ns</sup>	0,0015 <sup>ns</sup>	0,4781 <sup>ns</sup>	0,7762 <sup>ns</sup>
Erro Médio	104	1,3505	0,0011	0,5092	0,6975
<b>CV%</b>		18,39	5,49	17,01	21,91

<sup>ns</sup> não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste F.

PTCP = Produção total com palha; PP = Porcentagem de palha; PTSP = Produção total sem palha; PCSP = Produção comercial sem palha.

**Tabela 4.** Quadrados médios obtidos da análise de variância conjunta de características de espigas de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce cultivados em duas épocas. São Manuel – SP, (2012-2013).

F.V.	G.L.	Q.M.				
		DC	N°F	CG	EP	CP
Blocos/Épocas	4	0,0477	0,0166	0,0294	0,0034	0,7683
Épocas	1	0,2480 *	0,1057 *	0,0398 <sup>ns</sup>	0,2699 *	60,4363 *
Tratamentos	26	0,2434 *	0,0403 *	0,0531 *	0,0070 *	6,5524 <sup>ns</sup>
Híbridos Topcrosses	21	0,1284 *	0,0382 *	0,0348 *	0,0074 *	-
CGC Linhagens	10	0,1546 *	0,0628 *	0,0364 *	0,0113 *	-
CGC Testadores	1	0,3641 *	0,0303 <sup>ns</sup>	0,0967 *	0,0003 <sup>ns</sup>	-
CEC Linhagens x Testadores	10	0,0787 *	0,0144 <sup>ns</sup>	0,0270 <sup>ns</sup>	0,0042 <sup>ns</sup>	-
Linhagens/T1	10	0,1193 *	-	-	-	-
Linhagens/T2	10	0,1140 *	-	-	-	-
Testemunhas	4	0,2339 *	0,0392 *	0,0798 *	0,0036 <sup>ns</sup>	-
Híbridos vs Testemunhas	1	2,6943 *	0,0891 *	0,3309 *	0,0108 *	-
Tratamentos x Épocas	26	0,0396 <sup>ns</sup>	0,0068 <sup>ns</sup>	0,0190 <sup>ns</sup>	0,0024 <sup>ns</sup>	3,7160 <sup>ns</sup>
Erro Médio	104	0,0393	0,0113	0,0180	0,0026	5,4221
<b>CV%</b>		4,34	2,58	13,26	4,10	35,03

<sup>ns</sup> não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste F.

DC = Diâmetro de espiga comercial sem palha; N°F = Número de fileiras de grãos em espigas comerciais; CG = Comprimento do grão; EP = Enchimento de ponta e CP = Cobertura de palha.

**Tabela 5.** Quadrados médios de número de dias para florescimento feminino (FF) e comprimento de espiga comercial sem palha (CC) obtidos da análise de variância individual de híbridos topcrosses e testemunhas de milho doce com base na média de cada época de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

F.V.	G.L.	Q.M.			
		FF <sup>(I)</sup>	FF <sup>(II)</sup>	CC <sup>(I)</sup>	CC <sup>(II)</sup>
Blocos	2	0,0274	0,0020	3,2673	3,2002
Tratamentos	26	0,0351 *	0,0623 *	9,0889 *	9,2626 *
Híbridos Topcrosses	21	0,0282 *	0,0321 *	4,1666 *	4,7562 *
CGC Linhagens	10	0,0453 *	0,0478 *	7,7468 *	8,9155 *
CGC Testadores	1	0,0002 *	0,0001 *	0,6520 <sup>ns</sup>	2,2183 <sup>ns</sup>
CEC Linhagens x Testadores	10	0,0138 *	0,0196 *	0,9379 <sup>ns</sup>	0,8507 <sup>ns</sup>
Linhagens/T1	10	0,0243 *	0,0363 *	-	-
Linhagens/T2	10	0,0347 *	0,0311 *	-	-
Testemunhas	4	0,0391 *	0,1236 *	23,6384 *	15,1284 *
Híbridos vs Testemunhas	1	0,1648 *	0,4506 *	54,2584 *	80,4349 *
Erro	52	0,0071	0,0072	1,0975	1,8903
<b>CV%</b>		1,06	1,06	5,23	7,43

<sup>ns</sup> não significativo; \* significativo a 5% de probabilidade, pelo Teste F.

<sup>(I)</sup> Corresponde à primeira (I) época de cultivo Primavera (outubro-janeiro);

<sup>(II)</sup> Corresponde à segunda (II) época de cultivo Verão (janeiro-abril);

Os coeficientes de variação da análise de variância conjunta obtidos para as doze características avaliadas (Tabela 2, 3, 4 e 5) foram considerados baixos em sua maioria e estão dentro dos padrões normais de experimentação em milho, segundo Scapim et al. (1995b), indicando boa precisão experimental. Os maiores valores foram verificados para as características PTCP, PCSP e CP, 18,39%, 21,91% e 35,03% respectivamente (Tabela 3 e 4). O coeficiente de variação que apresentou menor magnitude foi 1,06% para FF, independentemente da época de condução do experimento (Tabela 5), mostrando que este caráter é menos influenciado por variações ambientais não controláveis (OLIBONI, 2009).

As épocas apresentaram diferenças significativas para quase todas as características (Tabela 2, 3 e 4), demonstrando que foram suficientemente distintas para influenciar híbridos e testemunhas, exceto para as características PTCP, PTSP e CG que não houve efeito de significância (Tabela 3 e 4). Este fato também foi observado em outros trabalhos, em que foram utilizados épocas contrastantes, como nos trabalhos de Pfann et al. (2009), Aguiar et al. (2004), Carvalho et al. (2003) e Lemos et al. (2002).

Houve diferença entre os tratamentos, os híbridos topcrosses e as testemunhas para a quase totalidade das características, excetuando-se cobertura de palha (CP) que apresentou igualdade dos tratamentos, porcentagem de acamamento (PA) verificando uniformidade dos híbridos e enchimento de ponta (EP) não apresentando diferença nas testemunhas (Tabela 2 e 4).

Observando o efeito híbridos *vs* testemunhas, nota-se que os híbridos topcrosses diferiram em média das testemunhas para a maioria das características, exceto para cobertura de palha devido a igualdade dos tratamentos (Tabela 2, 3, 4 e 5).

### **6.1.1. Agrupamento de médias**

As médias de altura de plantas (AP), altura de espiga (AE) e porcentagem de acamamento (PA), com base na média de duas épocas de cultivo, estão apresentadas na Tabela 6. Considerando as médias dos vinte e sete tratamentos obtidas na análise conjunta, ocorreu à formação de cinco grupos para a característica (AP), seis grupos para (AE) e dois grupos para porcentagem de acamamento pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

**Tabela 6.** Médias de altura de planta (AP), altura de espiga (AE) e porcentagem de acamamento (PA) de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

<b>Tratamentos</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AE (m)</b>	<b>PA (%)</b>
1 x 106	2,30 c	1,29 d	2,00 a
2 x 106	2,25 c	1,31 e	4,67 a
3 x 106	2,33 c	1,34 e	3,33 a
4 x 106	2,31 c	1,34 e	4,67 a
5 x 106	2,25 c	1,33 e	2,00 a
6 x 106	2,23 c	1,24 d	8,00 a
7 x 106	2,34 c	1,37 e	8,00 a
8 x 106	2,39 d	1,33 e	5,33 a
9 x 106	2,58 e	1,44 f	2,00 a
10 x 106	2,32 c	1,34 e	4,00 a
11 x 106	2,23 c	1,21 d	1,33 a
1 x 107	2,04 b	1,16 c	0,67 a
2 x 107	2,21 c	1,29 d	6,00 a
3 x 107	2,18 c	1,21 d	0,67 a
4 x 107	2,20 c	1,25 d	4,67 a
5 x 107	2,28 c	1,27 d	6,00 a
6 x 107	2,24 c	1,25 d	2,67 a
7 x 107	2,22 c	1,25 d	6,67 a
8 x 107	2,24 c	1,25 d	0,67 a
9 x 107	2,41 d	1,31 e	2,00 a
10 x 107	2,26 c	1,27 d	2,67 a
11 x 107	2,12 b	1,19 d	0,67 a
‘AF-428 <sup>®</sup> ’	2,40 d	1,27 d	4,00 a
‘Tropical Plus <sup>®</sup> ’	2,01 b	1,06 b	0,67 a
106	1,81 a	0,97 a	30,67 b
107	1,83 a	0,97 a	11,33 a
S0(106) x S0(107)	1,99 b	1,10 b	7,33 a

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott - Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Para a característica AP a testemunha ‘AF-428<sup>®</sup>’ apresenta porte mais alto, com 40 cm a mais, que a testemunha ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’, esse fato ocorreu devido ao germoplasma tropical presente neste híbrido, enquanto que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ apresenta introgressão de germoplasma temperado. Em relação aos vinte e dois híbridos topcrosses apenas dois (8 x 106 e 9 x 107) apresentaram-se relacionados ao grupo “d” da testemunha comercial ‘AF-428<sup>®</sup>’ e dois híbridos (1 x 107 e 11 x 107) relacionados ao grupo “b” referente a testemunha ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ de porte mais baixo, os demais híbridos

agruparam-se em “c” apresentando altura de planta entre 2,18 m e 2,34m caracterizando porte intermediário entre as testemunhas comerciais, com exceção do híbrido (9 x 106) que ficou no grupo “e”, apresentando maior altura. Os híbridos topcrosses produzidos entre linhagens tropicais e testadores com introgressão de germoplasma temperado tendem a ser mais altos que a testemunha ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’.

A altura de espiga é uma característica importante no melhoramento, já que alteram o ponto de equilíbrio das plantas. No entanto, a AE não acompanha a altura da planta, igualando-se em sua maioria ao porte da testemunha ‘AF-428<sup>®</sup>’ (1,27 m), com 54,54% dos híbridos topcrosses. Dos vinte e dois híbridos apenas um o (1 x 107) apresentou menor altura de espiga com 1,16 m, os demais híbridos apresentaram AE superior as testemunhas comerciais, variando entre 1,31 a 1,44 m. Essa maior altura, entretanto, não afetou significativamente a porcentagem de acamamento cuja variação foi entre 0,67% a 8,00% para os híbridos topcrosses, classificados no mesmo grupo “a”.

Na Tabela 7, estão apresentadas as médias dos vinte e sete tratamentos com base nas duas épocas de cultivo para características relacionadas à produção.

As médias para as características, produção total com palha (PTCP), produção total sem palha (PTSP) e produção comercial sem palha (PCSP) foram divididas em quatro grupos e a característica porcentagem de palha (PP) em apenas dois grupos, “a” e “b”.

Observa-se que os híbridos topcrosses apresentaram médias iguais ou superiores as testemunhas comerciais para a característica PTCP. Quatorze (63,6%) dos vinte e dois híbridos foram superiores a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’, que se igualaram estatisticamente na produtividade. A média dos quatorze híbridos superiores foi de 7,30 kg.parc<sup>-1</sup>, que representa uma produtividade de 16,22 t.ha<sup>-1</sup>, sendo 30,1% mais que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’. Os híbridos que apresentaram maior PTCP foram (9 x 106) e (9 x 107) com 8,64 (19,2 t.ha<sup>-1</sup>) e 8,13 kg.parc<sup>-1</sup> (18,1 t.ha<sup>-1</sup>) respectivamente, destacando-se o (9 x 106) como mais produtivo, com 54,0% mais que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’.

**Tabela 7.** Médias de produção total com palha (PTCP), porcentagem de palha (PP), produção total sem palha (PTSP) e produção comercial sem palha (PCSP) de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

Tratamentos	PTCP (kg.parc <sup>-1</sup> )	PP (%)	PTSP (kg.parc <sup>-1</sup> )	PCSP (kg.parc <sup>-1</sup> )
1 x 106	5,67 c	25,68 a	4,17 c	3,97 c
2 x 106	6,77 d	28,43 a	4,83 d	4,01 c
3 x 106	6,32 c	34,27 b	4,15 c	3,59 c
4 x 106	6,35 c	35,42 b	4,10 c	3,61 c
5 x 106	7,75 d	36,25 b	4,90 d	4,75 d
6 x 106	6,03 c	32,08 a	4,07 c	3,67 c
7 x 106	5,76 c	32,63 b	3,91 c	3,81 c
8 x 106	6,74 d	36,40 b	4,25 c	3,86 c
9 x 106	8,64 d	35,67 b	5,52 d	5,52 d
10 x 106	7,04 d	34,39 b	4,60 d	4,39 d
11 x 106	7,27 d	30,53 a	5,04 d	4,88 d
1 x 107	7,04 d	29,66 a	4,94 d	4,72 d
2 x 107	7,44 d	32,24 a	5,04 d	4,87 d
3 x 107	7,06 d	33,20 b	4,71 d	4,24 c
4 x 107	6,93 d	33,09 b	4,64 d	4,47 d
5 x 107	6,80 d	37,40 b	4,24 c	3,55 c
6 x 107	6,49 c	33,87 b	4,30 c	3,78 c
7 x 107	5,17 c	33,45 b	3,43 c	3,12 c
8 x 107	6,59 c	35,60 b	4,23 c	3,46 c
9 x 107	8,13 d	33,98 b	5,38 d	5,38 d
10 x 107	7,21 d	34,22 b	4,76 d	4,52 d
11 x 107	7,44 d	29,58 a	5,24 d	5,05 d
‘AF-428 <sup>®</sup> ’	6,40 c	40,42 b	3,81 c	3,55 c
‘Tropical Plus <sup>®</sup> ’	5,61 c	30,28 a	3,91 c	3,78 c
106	1,40 a	35,26 b	0,90 a	0,18 a
107	2,62 a	35,28 b	1,68 a	0,62 a
S0(106) x S0(107)	3,96 b	35,69 b	2,53 b	1,60 b

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott – Knott ( $P \leq 0,05$ ).

A redução na porcentagem de palha é vantajosa para a indústria porque proporciona maior rendimento no processamento. Porém, é necessária uma porcentagem de palha que garanta a proteção da espiga contra patógenos, pois o milho doce é rico em açúcar. Contudo, em um programa de melhoramento não se recomenda selecionar materiais com porcentagem de palha muito baixa (CUTOLO FILHO, 2003).



Para essa característica PP, todos os híbridos foram iguais às testemunhas comerciais. A testemunha ‘AF-428<sup>®</sup>’, sendo híbrido de linhagens tropicais apresentou maior porcentagem de palha com 40,42%, enquanto que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ apresentou média de 30,28%. Essa tendência manifestou-se na quase totalidade dos híbridos topcrosses produzidos pelo cruzamento de linhagens tropicais com testadores temperados, sendo quinze dos vinte e dois híbridos iguais estatisticamente a ‘AF-428<sup>®</sup>’, agrupados em “b”. Essa maior porcentagem de palha, entretanto, não prejudicou a produção total sem palha (PTSP), já que dos vinte e dois híbridos topcrosses 54,5% (doze) produziram mais que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’, os demais híbridos foram iguais a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Tabela 7). Esse fato é indicativo que outras características como, diâmetro de espiga, comprimento de espiga, comprimento do grão e enchimento de ponta são importantes na determinação de espigas comerciais.

Em última análise para características relacionadas à produtividade, a produção comercial sem palha (PCSP) é o fator determinante para o sucesso de um híbrido, tanto para mercado fresco, como para a indústria. Para essa característica, dos vinte e dois híbridos topcrosses, dez apresentaram-se superiores a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e os demais iguais estatisticamente ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Scott-Knott. A média dos dez híbridos superiores a testemunha foi de 4,90 kg.parc<sup>-1</sup>, representado por 10,88 t.ha<sup>-1</sup>, proporcionando aumento de 29,6% de produtividade comercial em relação à ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ com 8,40 t. ha<sup>-1</sup>. O híbrido (9 x 106) destacou-se com maior produtividade, 12,27 t.ha<sup>-1</sup> e 46% superior a testemunha ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’. Esses híbridos topcrosses são bastante promissores em termos de produtividade do milho doce, porém deve-se considerar que a comparação é feita entre um híbrido de linhagens (‘Tropical Plus<sup>®</sup>’) e um de topcross variável, sendo que híbridos entre linhagens poderão melhorar ainda mais essa produtividade.

Produtividade comercial sem palha é uma característica importante, porém deve-se considerar também as características relacionadas à qualidade de espiga comercial, cujas médias estão apresentadas nas Tabelas 8 e 9.

**Tabela 8.** Médias de diâmetro de espiga comercial sem palha (DC), número de fileiras de grãos em espigas comerciais (N°F), comprimento do grão (CG), enchimento de ponta (EP) e cobertura de palha (CP) de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

Tratamentos	DC (cm)	N°F	CG (cm)	EP (%)	CP (cm)
1 x 106	4,75 c	17,27 b	1,10 b	90,23 b	5,00 a
2 x 106	4,54 b	17,13 b	1,07 b	82,54 a	5,63 a
3 x 106	4,69 b	17,00 b	1,06 b	88,37 a	7,57 a
4 x 106	4,53 b	16,13 a	0,98 a	88,88 b	7,27 a
5 x 106	4,64 b	16,00 a	1,05 b	88,03 a	7,06 a
6 x 106	4,65 b	16,60 a	1,07 b	91,52 b	6,90 a
7 x 106	4,64 b	17,67 c	1,07 b	88,65 b	6,67 a
8 x 106	4,75 c	18,20 c	1,10 b	86,10 a	5,97 a
9 x 106	4,48 b	16,80 a	0,95 a	89,09 b	7,35 a
10 x 106	4,83 c	18,13 c	1,09 b	90,46 b	8,17 a
11 x 106	4,96 c	18,27 c	1,15 b	92,68 b	5,78 a
1 x 107	4,90 c	17,27 b	1,13 b	91,02 b	6,17 a
2 x 107	4,47 b	17,13 b	1,10 b	86,99 a	5,65 a
3 x 107	4,51 b	16,67 a	1,04 b	89,98 b	7,65 a
4 x 107	4,65 b	16,87 a	0,99 b	90,98 b	6,57 a
5 x 107	4,51 b	15,92 a	0,97 a	89,40 b	6,36 a
6 x 107	4,58 b	17,00 b	0,86 a	91,63 b	7,07 a
7 x 107	4,35 a	16,80 a	0,91 a	88,38 a	5,66 a
8 x 107	4,60 b	17,87 c	1,07 b	86,99 a	5,60 a
9 x 107	4,55 b	16,60 a	1,03 b	87,05 a	6,68 a
10 x 107	4,54 b	17,07 b	0,92 a	89,39 b	5,65 a
11 x 107	4,67 b	17,20 b	1,06 b	88,44 a	6,83 a
‘AF-428 <sup>®</sup> ’	4,16 a	15,47 a	0,83 a	87,04 a	9,03 a
‘Tropical Plus <sup>®</sup> ’	4,57 b	16,80 a	1,05 b	89,77 b	8,17 a
106	4,12 a	16,66 a	0,86 a	87,25 a	4,57 a
107	4,19 a	16,78 a	0,82 a	85,15 a	7,74 a
S0(106) x S0(107)	4,43 b	17,18 b	1,04 b	88,20 a	6,79 a

Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott – Knott ( $P \leq 0,05$ ).

Considerando as características relacionadas às espigas comerciais, constata-se que para diâmetro de espiga, a testemunha ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ tem média maior que ‘AF-428<sup>®</sup>’, sendo dezesseis dos vinte e dois híbridos, iguais estatisticamente a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ agrupados em “b” e cinco híbridos topcrosses com médias superiores. Para a indústria o mais importante é que as espigas sejam as mais cilíndricas possíveis e os diâmetros uniformes, pois assim, a perda de grãos nos cortadores mecânicos é minimizada

(EMBRAPA, 1992; FARIA, 2013). Os híbridos (11 x 106) e (1 x 107), foram os que apresentaram maior diâmetro com 4,96 e 4,90 cm, respectivamente.

Para número de fileiras de grãos em espigas comerciais 59% (treze) dos híbridos topcrosses mostraram-se superiores as testemunhas comerciais, cujo comportamento médio das mesmas apresentaram-se semelhantes, com médias inferiores a 17 fileiras, enquanto que para maioria dos híbridos observou-se médias superiores a 17 fileiras. Conforme Tracy (2001), o número de fileiras de grãos é uma característica importante no beneficiamento do milho doce, pois envolvem o corte e a extração dos grãos da espiga, além de determinar a largura do grão, ou seja, os grãos mais largos ocorrem em espigas com menor número de fileiras. Os grãos largos, quando retirados da espiga, tendem a apresentar aparência de grãos cortados ao meio devido uma maior largura na região de inserção dos grãos na espiga.

O comprimento do grão dos híbridos topcrosses de forma geral foi semelhante ao das testemunhas comerciais, sendo 72,7% dos híbridos iguais a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ que se verificou com CG maior que ‘AF-428<sup>®</sup>’. Esta característica encontra-se relacionada ao número de fileiras, proporciona maior produção útil de grãos quando comparada a uma mesma tonelagem de espigas com grãos pequenos e poucas fileiras (TRACY, 2001). Os híbridos que mais se destacaram foram (11 x 106) e (1 x 107) apresentando CG de 1,15 e 1,13 cm, respectivamente (Tabela 8).

De acordo com Cutolo Filho (2003), a espiga ideal para beneficiamento deve ter grãos longos e estreitos, para melhor aproveitamento no corte. Assim, em programas de melhoramento é interessante selecionar híbridos que tenham grãos compridos e alto número de fileiras. Os híbridos do presente estudo, em sua maioria atendem as exigências requeridas, igualando-se a testemunha comercial ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ ou mostrando-se superiores.

Para enchimento de ponta verifica-se que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ apresenta média superior a ‘AF-428<sup>®</sup>’ e treze dos vinte e dois híbridos topcrosses foram iguais a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ variando de 88,88% a 92,68%. Os demais híbridos e testemunhas são iguais estatisticamente a ‘AF-428<sup>®</sup>’ (87,04%) agrupados em “a”. Os híbridos mais promissores para enchimento de ponta, foram (11 x 106) e (6 x 107) com 92,68% e 91,63%, respectivamente. A característica cobertura de palha (CP) não houve a formação de grupos distintos entre as médias dos vinte e sete tratamentos pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ), indicando que não diferiram estatisticamente para o caráter (Tabela 8).

As médias de número de dias para o florescimento feminino (FF) e comprimento de espigas comerciais sem palha (CC), para os resultados obtidos com base na média de cada época de cultivo, estão apresentados na Tabela 9.

**Tabela 9.** Médias de número de dias para florescimento feminino (FF) na I e II época, comprimento de espiga comercial sem palha (CC) na I e II época, de 22 híbridos topcrosses e cinco testemunhas de milho doce com base na média de cada época de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

<b>Tratamentos</b>	<b>FF<sup>(I)</sup> (DAS)</b>	<b>FF<sup>(II)</sup> (DAS)</b>	<b>CC<sup>(I)</sup> (cm)</b>	<b>CC<sup>(II)</sup> (cm)</b>
1 x 106	64,3 b	62,7 a	17,90 b	17,87 b
2 x 106	61,0 a	62,0 a	21,20 d	19,63 c
3 x 106	61,0 a	62,0 a	18,93 b	17,50 b
4 x 106	64,3 b	62,7 a	20,17 c	17,83 b
5 x 106	63,0 b	64,7 b	21,43 d	20,13 c
6 x 106	61,7 a	62,0 a	20,27 c	18,27 b
7 x 106	63,0 b	63,3 a	20,47 c	19,20 c
8 x 106	61,0 a	64,0 a	20,10 c	19,27 c
9 x 106	64,3 b	65,7 a	22,50 d	20,87 c
10 x 106	63,0 b	67,3 b	20,67 c	19,30 c
11 x 106	61,0 a	62,0 a	21,90 d	20,87 c
1 x 107	61,7 a	62,7 a	19,03 b	17,27 b
2 x 107	61,7 a	63,3 a	21,37 d	20,90 c
3 x 107	61,0 a	62,0 a	19,67 c	17,37 b
4 x 107	63,0 b	62,7 a	20,07 c	17,60 b
5 x 107	65,0 c	65,7 b	21,30 d	19,57 c
6 x 107	60,3 a	63,3 a	19,73 c	17,83 b
7 x 107	62,3 a	64,0 a	19,97 c	18,03 b
8 x 107	61,7 a	62,0 a	18,80 b	18,43 b
9 x 107	63,7 b	67,3 b	22,57 d	21,17 c
10 x 107	65,7 c	62,7 a	20,53 c	19,23 c
11 x 107	61,0 a	62,7 a	20,30 c	19,30 c
‘AF-428 <sup>®</sup> ’	66,3 c	69,0 c	22,33 d	19,47 c
‘Tropical Plus <sup>®</sup> ’	61,7 a	62,7 a	19,33 b	17,70 b
106	65,7 c	69,0 c	15,50 a	14,78 a
107	64,3 b	69,0 c	15,79 a	13,87 a
S0(106) x S0(107)	63,7 b	63,3 a	18,52 b	16,23 b

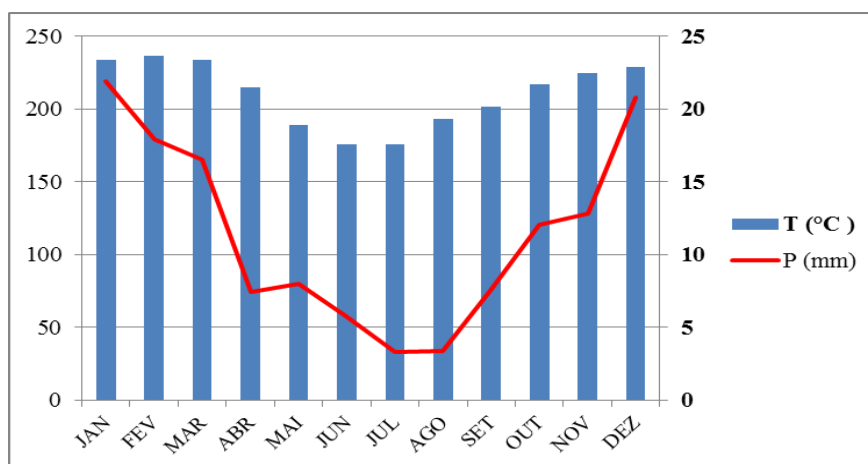
Médias seguidas pela mesma letra, nas colunas, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott - Knott ( $P \leq 0,05$ ). <sup>(I)</sup> Corresponde à primeira (I) época de cultivo Primavera (outubro-janeiro); <sup>(II)</sup> Corresponde à segunda (II) época de cultivo Verão (janeiro-abril);

Para a característica comprimento de espiga comercial sem palha, também relacionada à qualidade de espiga, observa-se que ‘AF-428<sup>®</sup>’ apresenta média superior a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ nas duas épocas de cultivo. Segundo Faria (2013) populações de milho doce com introgressão de germoplasma temperado tendem a produzir espigas menores quando comparadas com os de germoplasma tropical.

Na primeira época, dos vinte e dois híbridos topcrosses dezoito apresentaram médias superiores a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e quatro iguais. Sete híbridos foram iguais a ‘AF-428<sup>®</sup>’ para CC. De forma geral os híbridos mais promissores apresentam médias variando de 20,07 a 22,57 cm. Na segunda época de cultivo, doze híbridos topcrosses foram superiores a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e iguais a ‘AF-428<sup>®</sup>’, os demais foram iguais a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’. Os híbridos topcrosses que mais se destacaram independente da época de cultivo, foram 9 x 107 e 9 x 106, apesar de não diferirem estatisticamente de 5 x 107, 2 x 107, 11 x 106, 5 x 106 e 2 x 106, apresentando valores médios de comprimento de espiga dentro do padrão ideal para indústria, que de acordo com Tracy (2001) está entre 20 e 23 cm.

Em ambas as épocas de cultivo, primavera e verão, observa-se que as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’ diferiram quanto ao número de dias para florescimento feminino (FF), sendo ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ mais precoce que a ‘AF-428<sup>®</sup>’. Na época de cultivo de verão, constata-se que 81,81% dos híbridos topcrosses são iguais estatisticamente à testemunha ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ com média de 62,7 dias. Enquanto que na época de cultivo de primavera, apenas 54,5% dos híbridos topcrosses mostraram-se semelhantes ao ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (61,7 DAS) e 9,09% semelhantes à testemunha ‘AF-428<sup>®</sup>’ (66,3 DAS). Portanto, a segunda época de cultivo (Verão) é mais promissora para obtenção de híbridos topcrosses com florescimento feminino mais precoce, porém, a seleção de primavera é mais interessante, porque os híbridos de primavera se mantiveram precoces no verão.

Segundo Fancelli e Dourado Neto (2000), cada grau de temperatura média diária superior a 21,1°C, nos primeiros 50 a 60 dias após a semeadura, pode antecipar o florescimento em dois a três dias. Esta informação é conivente com os resultados obtidos para a característica número de dias para florescimento feminino, que apresentou menor ciclo vegetativo na média geral dos híbridos, pois o município de São Manuel geralmente apresenta temperatura média acima de 21°C (Figura 1) nos meses que as duas épocas de cultivo foram desenvolvidas.



**Figura 1.** Balanço hídrico climatológico para dados de T (°C) e P (mm) segundo Thornthwaite e Mather (1955) durante o período de 35 anos para a cidade de São Manuel, SP. (Fonte: Cunha e Martins, 2009).

Considerando-se os vinte e dois híbridos produzidos, dez foram superiores as testemunhas comerciais, ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’, para produção comercial de espigas sem palha e outras características relacionadas à qualidade de espigas. Entre estes se destacam os obtidos com as linhagens 9, 10 e 11, cuja produtividade média com ambos os testadores foi 35,5% superior à média das testemunhas comerciais.

A tendência dos híbridos topcrosses quanto às características relacionadas à qualidade de espiga, constata que, as espigas são bem empalhadas, apresentam-se mais compridas que a testemunha comercial ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ em ambas as épocas de cultivo, os diâmetros das espigas e o comprimento dos grãos são iguais ou maiores que ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’, que por sua vez é superior a ‘AF-428<sup>®</sup>’, além de bom enchimento de ponta como em Tropical Plus<sup>®</sup>, com porcentagem superior a ‘AF-428<sup>®</sup>’.

As testemunhas 106 e 107 apresentaram-se inferiores aos híbridos e as testemunhas comerciais para a maioria das características avaliadas, devido à depressão por endogamia das duas populações utilizadas (Tabela 6, 7, 8 e 9).

## 6.2. Análise genética

Da mesma forma que as análises estatísticas, as análises genéticas para as capacidades combinatórias também foram discutidas em função das épocas de cultivo. Este procedimento foi adotado em função das análises conjuntas apresentarem interação tratamento x época não significativa para a maioria das características, exceto

para número de dias para florescimento feminino e comprimento de espiga comercial sem palha, que foram discutidas separadamente para cada época de cultivo.

### **6.2.1. Análise da capacidade combinatória**

Os quadrados médios obtidos da análise de variância, para capacidade geral de combinação (CGC) das linhagens, CGC dos testadores, capacidade específica de combinação (CEC) entre as linhagens com os testadores e o comportamento em cruzamento com um dos testadores, para as doze características avaliadas no dialelo parcial com base em duas épocas de cultivo, encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

Os valores dos quadrados médios das capacidades geral e específica de combinação, para as características de número de dias para florescimento feminino e comprimento de espiga comercial sem palha, que apresentaram interação tratamento x época, encontram-se na Tabela 5.

A existência de variabilidade genética entre os vinte e dois híbridos topcrosses pode ser demonstrada pelos efeitos significativos dos quadrados médios para todas as características avaliadas, exceto para porcentagem de acamamento (PA) e cobertura de palha (CP) (Tabela 2 e 4).

No desdobramento dos efeitos dos híbridos topcrosses em CGC das linhagens, CGC dos testadores e CEC das linhagens com os testadores, foram detectados efeitos significativos da CGC das linhagens para todas as características analisadas, enquanto que a CGC dos testadores foi significativa apenas para as características AP, AE, DC, CG e FF para cada época de cultivo, (Tabela 2, 4 e 5). As demais características em que os testadores não apresentaram diferenças pode-se inferir que, estes testadores atuam de forma similar.

Para CEC das linhagens com os testadores, efeitos significativos foram encontrados para as características AP, PCSP, DC e FF para cada época de cultivo, observando-se que para cada cruzamento topcross, existe uma combinação que melhor discrimina a linhagem e o testador, sendo que cada linhagem é classificada de uma forma dependendo do testador utilizado (Tabela 2, 3, 4 e 5). A ausência de interação linhagens por testadores para as demais características, não apresentando CEC, indica que as linhagens são classificadas da mesma forma, independente do testador utilizado.

A inexistência de variabilidade entre os efeitos de CEC, segundo Aguiar et al. (2004), indica que a performance de combinações híbridas podem ser estimadas somente com base nos efeitos da CGC, evidenciando não haver variabilidade referente aos efeitos gênicos não aditivos entre os genótipos avaliados.

De acordo com Hallauer e Miranda Filho (1995), efeito significativo da CEC para produtividade é um indicativo de que populações geradas a partir desses genitores podem ser úteis no melhoramento interpopulacional, para a obtenção de linhagens que ao serem cruzadas, poderão gerar híbridos com maior heterose.

A significância para as capacidades combinatórias revela a existência de variabilidade resultante de efeitos genéticos aditivos e não aditivos, permitindo concluir que a avaliação em duas épocas de cultivo favoreceu a identificação de variabilidade entre os genótipos quanto às características avaliadas, resultante dos efeitos da capacidade de combinação. Deste modo, é possível prever a obtenção de novos híbridos, a partir de combinações obtidas com as linhagens utilizadas.

Resultados semelhantes ao presente trabalho para CGC, foram observados por Parentoni et al. (1991) em cruzamentos dialélicos, entre dez linhagens de milho doce e por Lemos et al. (2002) para a característica peso de espiga sem palha, em um dialelo completo envolvendo dez linhagens de milho superdoce em dois ambientes.

Pfann et al. (2009) em um estudo sobre a capacidade combinatória entre híbridos comerciais de milho em dialelo circulante avaliado em dois ambientes, verificaram efeito significativo da CGC para as características produção de grãos, altura de planta e altura de espiga, indicando que os genitores diferiram entre si na frequência de alelos favoráveis, existindo aqueles mais promissores para a formação de populações superiores.

Conforme Cruz e Regazzi (1997) e Vencovsky (1970), a significância das variações atribuídas aos efeitos não-aditivos viabiliza o uso de cruzamentos entre os genitores avaliados na obtenção de híbridos comerciais, fundamentado na manifestação do efeito heterótico destas combinações. Já a ocorrência de significância das variações atribuídas aos efeitos aditivos, viabiliza a indicação de linhagens a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional.

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação CGC referentes às características das onze linhagens e dois testadores avaliados com base na média de duas épocas de cultivo estão apresentadas na Tabela 10.



O termo CGC refere-se ao comportamento médio da linhagem em cruzamento com as demais do conjunto (MIRANDA FILHO E GORGULHO, 2001). De acordo com Sprague e Tatum (1942), baixas estimativas de CGC indicam linhagens com combinações que não diferem muito da média de todos os cruzamentos no sistema dialélico, enquanto altos valores (positivos ou negativos) indicam linhagens melhores ou piores que as demais. A significância da CGC indica, portanto, a importância dos genes de efeitos predominantemente aditivos. Segundo Vencovsky (1970) as maiores magnitudes associadas aos efeitos da CGC são apresentadas pelas linhagens que possuem maiores frequências de alelos favoráveis referentes às características em estudo.

**Tabela 10.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) referente a diferentes características de 11 linhagens e 2 testadores de milho doce com base na média de duas épocas de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

<b>Linhagens</b>	<b>AP (m)</b>	<b>AE (m)</b>	<b>PTCP (kg/p)</b>	<b>PP (%)</b>	<b>PTSP (kg/p)</b>	<b>PCSP (kg/p)</b>	<b>DC (cm)</b>	<b>N°F</b>	<b>CG (cm)</b>	<b>EP (%)</b>	<b>CP (cm)</b>
<b>1</b>	-0,10	-0,06	-0,49	-5,42	-0,01	0,11	0,20	0,19	0,08	1,68	-1,41
<b>2</b>	-0,04	0,01	0,26	-2,76	0,37	0,20	-0,12	0,06	0,05	-4,18	-0,92
<b>3</b>	-0,01	-0,01	-0,16	0,64	-0,14	-0,33	-0,03	-0,24	0,01	0,23	0,23
<b>4</b>	-0,01	0,02	-0,21	1,16	-0,20	-0,20	-0,03	-0,57	-0,05	0,98	0,30
<b>5</b>	0,00	0,02	0,43	3,73	0,01	-0,09	-0,05	-1,11	-0,03	-0,23	0,61
<b>6</b>	-0,03	-0,04	-0,58	-0,12	-0,38	-0,51	-0,01	-0,27	-0,07	2,63	0,58
<b>7</b>	0,01	0,03	-1,38	-0,05	-0,91	-0,77	-0,13	0,16	-0,04	-0,43	-0,86
<b>8</b>	0,05	0,00	-0,18	2,90	-0,33	-0,57	0,05	0,96	0,05	-2,40	-0,34
<b>9</b>	0,23	0,09	1,53	1,73	0,88	1,21	-0,12	-0,37	-0,04	-0,88	0,91
<b>10</b>	0,02	0,02	0,28	1,21	0,11	0,22	0,06	0,53	-0,03	0,98	-0,11
<b>11</b>	-0,10	-0,08	0,51	-3,04	0,58	0,73	0,19	0,66	0,07	1,62	1,02
<b>Testadores</b>	<b>AP</b>	<b>AE</b>	<b>PTCP</b>	<b>PP</b>	<b>PTSP</b>	<b>PCSP</b>	<b>DC</b>	<b>N°F</b>	<b>CG</b>	<b>EP</b>	<b>CP</b>
<b>106</b>	0,05	0,04	-0,09	-0,21	-0,06	-0,05	0,05	0,13	0,03	-0,17	0,20
<b>107</b>	-0,05	-0,04	0,09	0,21	0,06	0,05	-0,05	-0,13	-0,03	0,17	-0,20

AP = Altura de planta; AE = Altura de espiga; PTCP = Produção total com palha; PP = Porcentagem de palha; PTSP = Produção total sem palha; PCSP = Produção comercial sem palha; DC = Diâmetro de espiga comercial sem palha; N°F = Número de fileiras de grãos em espigas comerciais; CG = Comprimento do grão; EP = Enchimento de ponta das espigas comerciais e CP = Cobertura de palha.

As linhagens 1, 2, 6 e 11 apresentaram estimativas negativas da CGC para altura de planta e as linhagens 1, 6 e 11 para altura de espiga com base nas duas épocas de cultivo (Tabela 10). Em relação aos testadores, o que apresentou melhor valor para essas características, foi o testador 107, apresentando estimativa negativa de -0,05 e -0,04 m para AP e AE, respectivamente.

Segundo Gorgulho e Miranda Filho (2001) e Aguiar et al. (2004) as estimativas negativas para as características AP e AE são importantes, pois em programas de melhoramento existe a preocupação em buscar genótipos que contribuem para a redução no valor dessas características. Freitas Júnior (2006) enfatizou a importância da escolha de genitores em programas de melhoramento visando à obtenção de genótipos mais baixos com o intuito de reduzir a taxa de acamamento das plantas em locais onde a ocorrência de ventos é frequente.

Para a característica PTCP, referente às duas épocas de cultivo, as melhores linhagens em função da CGC, foram: 2, 5, 9, 10 e 11 (Tabela 10). Quando se comparadas as linhagens que se destacaram quanto a CGC com as médias dos híbridos da característica PTCP (Tabela 7), verifica-se que todas essas linhagens apresentaram produções superiores as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’ quando em combinação com os dois testadores. Como não houve diferenças estatísticas entre as CGC dos testadores e entre as CEC das linhagens com os testadores, estes valores estatísticos superiores ao ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’ se devem aos efeitos da ação gênica aditiva e a escolha dos melhores híbridos topcrosses pode ser feita exclusivamente pela produtividade das linhagens. Deve-se salientar que a utilização dos testadores temperados teve como um dos objetivos melhorar a qualidade do milho doce, procurando manter ou melhorar suas produções, no caso do presente estudo, aumentou a produtividade.

Para a característica PTSP, as melhores linhagens, em função da CGC, foram: 2, 9, 10 e 11 (Tabela 10). Quando se comparam as linhagens que se sobressaíram quanto a CGC com as médias dos híbridos da característica PTSP (Tabela 7), referente a duas épocas de cultivo, verifica-se que todas as linhagens apresentaram produções superiores às duas testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’, pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ), quando em combinação com os dois testadores.

Para a característica PCSP, as melhores linhagens em função da CGC, foram: 9, 10 e 11 (Tabela 10), pois apresentaram maiores estimativas positivas, independente do testador, indicando aumento da contribuição gênica para produção nos cruzamentos em que estes participarem. Gorgulho e Miranda Filho (2001), na análise dialélica de variedades de milho, observaram que os efeitos de CGC foram de grande importância para produção. Teixeira et al. (2001) em avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce observaram que apenas um genótipo apresentou maiores estimativas da CGC para produção de espigas sem palha para os ambientes

analisados. Quando se compararam as linhagens com maiores CGC, com as médias dos híbridos para a característica PCSP (Tabela 7), verifica-se que todas essas linhagens produziram híbridos que apresentaram produções comerciais sem palha iguais ou superiores as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’, independente do testador.

Em relação às características de PP, DC, N<sup>o</sup>F e CG, as melhores CGC das linhagens, referentes às duas épocas de cultivo de milho doce, foram 1, 2, 8, 10 e 11, que apresentaram contribuições favoráveis em quase todas essas características, menos as linhagens 8 e 10 para PP, na característica DC menos a linhagem 2 e para CG menos a linhagem 10 (Tabela 10). Quando se comparam as linhagens que se destacaram quanto a CGC com a média dos híbridos para essas características citadas, verifica-se que para PP as linhagens 1, 2 e 11 apresentaram-se estatisticamente iguais a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Tabela 7), para DC as linhagens 1, 8, 10 e 11 mostraram-se superiores a ‘AF-428<sup>®</sup>’, em relação à N<sup>o</sup>F todas as linhagens citadas foram superiores as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’, enquanto que para CG as linhagens 1, 2, 8 e 11 foram superiores a ‘AF-428<sup>®</sup>’ e iguais a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Tabela 8). A análise destas características para CGC dos testadores (Tabela 10) mostra que o testador 106 contribuiu de forma favorável, para DC e CG.

Quando se avaliam as características EP e CP referentes às duas épocas de cultivo, verifica-se que para EP as melhores CGC das linhagens foram referentes a 1, 4, 6, 10 e 11 (Tabela 10), que ao serem comparadas com as médias dos híbridos topcrosses para essa característica, observa-se que mostraram-se superiores a testemunha comercial ‘AF-428<sup>®</sup>’ e iguais estatisticamente a ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ (Tabela 8). E para a característica cobertura de palha as linhagens mais favoráveis para CGC foram 1, 2, 7 e 8 (Tabela 10) e quando em comparação com a média dos híbridos verifica-se que são iguais estatisticamente as testemunhas comerciais ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ e ‘AF-428<sup>®</sup>’ (Tabela 8).

As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) referente ao florescimento feminino (FF) e comprimento de espiga comercial sem palha (CC) das onze linhagens e dois testadores avaliados separadamente, com base na média de cada época de cultivo, estão apresentadas na Tabela 11.

**Tabela 11.** Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) referente ao número de dias para florescimento feminino (FF) e comprimento de espiga comercial sem palha (CC) de 11 linhagens e 2 testadores de milho doce com base na média de cada época de cultivo. São Manuel – SP, (2012-2013).

<b>Linhagens</b>	<b>FF<sup>(I)</sup> (DAS)</b>	<b>FF<sup>(II)</sup> (DAS)</b>	<b>CC<sup>(I)</sup> (cm)</b>	<b>CC<sup>(II)</sup> (cm)</b>
<b>1</b>	0,52	-0,82	-1,94	-1,41
<b>2</b>	-1,15	-0,82	0,88	1,29
<b>3</b>	-1,48	-1,48	-1,10	-1,54
<b>4</b>	1,18	-0,82	-0,29	-1,26
<b>5</b>	1,52	1,68	0,96	0,88
<b>6</b>	-1,48	-0,82	-0,40	-0,92
<b>7</b>	0,18	0,18	-0,18	-0,36
<b>8</b>	-1,15	-0,48	-0,95	-0,12
<b>9</b>	1,52	3,02	2,13	2,04
<b>10</b>	1,85	1,52	0,20	0,29
<b>11</b>	-1,48	-1,15	0,70	1,11
<b>Testadores</b>	<b>FF<sup>(I)</sup></b>	<b>FF<sup>(II)</sup></b>	<b>CC<sup>(I)</sup></b>	<b>CC<sup>(II)</sup></b>
<b>106</b>	0,03	0,00	0,10	0,18
<b>107</b>	-0,03	0,00	-0,10	-0,18

<sup>(I)</sup> Corresponde à primeira (I) época de cultivo Primavera (outubro-janeiro);

<sup>(II)</sup> Corresponde à segunda (II) época de cultivo Verão (janeiro-abril).

Os maiores valores negativos das estimativas da CGC para cada época de cultivo, primavera e verão, para a característica número de dias para florescimento feminino, foram apresentados pelas linhagens 2, 3, 6, 8 e 11, contribuindo para redução no número de dias para o florescimento e os maiores valores positivos pelas linhagens 5, 9 e 10 (Tabela 11). Cabe salientar que o híbrido comercial ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ foi usado como testemunha no teste de média de Scott-Knott ( $p < 0,05$ ) como comparativo de florescimento feminino precoce e as linhagens que contribuíram para redução do ciclo da cultura, quando em combinação com qualquer um dos testadores são iguais a esse híbrido comercial (Tabela 9). Segundo Aguiar et al. (2004) as estimativas negativas para a característica florescimento são importantes, pois nos programas de melhoramento existe a preocupação em obter genótipos mais precoces, com intuito de reduzir o ciclo da cultura.

Quanto à característica comprimento de espiga comercial sem palha, as linhagens que se apresentaram mais promissoras, para CGC foram 2, 5, 9 e 11, sendo maiores na época de cultivo de primavera (Tabela 11).

A não significância da interação linhagens x testadores (Tabela 2, 3, 4 e 5), indica a ausência de capacidade específica de combinação (CEC), coferindo a maioria das características avaliadas, exceto AP, PCSP, DC e FF em ambas as épocas de

cultivo. Como foram utilizados apenas dois testadores a não significância do teste F para essa fonte de variação é indicativa da igualdade de valores entre as estimativas de CEC dos dois testadores para a maioria das características.

As estimativas das CEC para as características cujos quadrados médios obtidos na análise de variância foram significativos estão apresentados na Tabela 12.

**Tabela 12.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) referente à altura de planta (AP) produção comercial sem palha (PCSP) diâmetro de espiga comercial sem palha (DC) e número de dias para florescimento feminino (FF). São Manuel – SP, (2012-2013).

<b>Cruzamentos</b>	<b>AP*</b> <b>(m)</b>	<b>PCSP*</b> <b>(kg.parc<sup>-1</sup>)</b>	<b>DC*</b> <b>(cm)</b>	<b>FF(I)**</b> <b>(DAS)</b>	<b>FF(II)**</b> <b>(DAS)</b>
1 x 106	0,08	-0,325	-0,13	1,30	0,00
2 x 106	-0,03	-0,379	-0,02	-0,36	-0,67
3 x 106	0,03	-0,275	0,04	-0,03	0,00
4 x 106	0,00	-0,381	-0,11	0,64	0,00
5 x 106	-0,07	0,650	0,02	-1,03	-0,50
6 x 106	-0,05	-0,007	-0,01	0,64	-0,67
7 x 106	0,01	0,399	0,09	0,30	-0,33
8 x 106	0,02	0,250	0,02	-0,36	1,00
9 x 106	0,04	0,120	-0,09	0,30	-0,83
10 x 106	-0,02	-0,017	0,10	-1,36	2,33
11 x 106	0,00	-0,034	0,09	-0,03	-0,33
1 x 107	-0,08	0,325	0,13	-1,30	0,00
2 x 107	0,03	0,379	0,02	0,36	0,67
3 x 107	-0,03	0,275	-0,04	0,03	0,00
4 x 107	0,00	0,381	0,11	-0,64	0,00
5 x 107	0,07	-0,650	-0,02	1,03	0,50
6 x 107	0,05	0,007	0,01	-0,64	0,67
7 x 107	-0,01	-0,399	-0,09	-0,30	0,33
8 x 107	-0,02	-0,250	-0,02	0,36	-1,00
9 x 107	-0,04	-0,120	0,09	-0,30	0,83
10 x 107	0,02	0,017	-0,10	1,36	-2,33
11 x 107	0,00	0,034	-0,09	0,03	0,33

\* Dados com base na média das duas épocas de cultivo;

\*\* Dados com base na média de cada época de cultivo.

As estimativas da CEC estão associadas aos efeitos gênicos não-aditivos, tais como, epistasia e dominância, sendo interpretada como o desvio de um

híbrido em relação ao que seria esperado com base na capacidade geral de combinação de seus genitores (CRUZ E REGAZZI, 1997). Deste modo, baixos valores para CEC, sejam positivos ou negativos, indicam que os híbridos F1's comportaram-se como o que era esperado com base na capacidade geral de combinação dos genitores, ao passo que altos valores absolutos de CEC demonstram que o comportamento de um híbrido particular é conseqüentemente melhor ou pior do que o esperado com base na CGC dos genitores (CRUZ E REGAZZI, 1997). Para Vencovsky (1970) os maiores valores da CEC ocorrem entre os genótipos mais divergentes nas frequências dos genes com dominância, embora sejam também influenciados pela frequência alélica.

Analisando-se o efeito de capacidade específica de combinação dos cruzamentos (Tabela 12), verificou-se que para a característica AP as combinações híbridas 5 x 106 (-0,07m), 6 x 106 (-0,05) e 1 x 107 (-0,08m) apresentaram as estimativas negativas de maior magnitude para redução no porte da planta, sendo o híbrido 1 x 107 o mais baixo, o que classifica essa combinação como promissora na geração de populações que contribuam para obtenção de genótipos mais baixos. Os demais, entretanto não apresentaram os menores portes de planta em função da CGC.

Para as características AE, PTCP, PP, PTSP, N°F, CG e EP, as melhores combinações híbridas devem ser selecionadas em função da CGC de suas linhagens, já que a CEC não diferenciou significativamente, evidenciando ausência dos efeitos das ações gênicas não aditivas.

Em relação à característica PCSP a estimativa de maior valor positivo da CEC foi obtida pela combinação híbrida 5 x 106 (0,650 kg.parc<sup>-1</sup>). Segundo Bordallo et al. (2005) os desvios de dominância são positivos no sentido de aumentar a expressão do caráter. Outras combinações híbridas também foram relevantes quanto a CEC para a característica PCSP, tais como, 7 x 106, 8 x 106, 9 x 106, 1 x 107, 2 x 107, 3 x 107, 4 x 107, 10 x 107 e 11 x 107 (Tabela 12).

Conforme relatado por Aguiar et al. (2004), na análise dialélica deve-se focar nos híbridos de maior capacidade específica de combinação, em que pelo menos um dos genitores apresenta elevada capacidade geral de combinação. Sendo assim, para a característica PCSP, os genitores 1, 2, e 9, 10 e 11 se destacaram quanto à CGC (Tabela 10).

As estimativas positivas de maior magnitude da CEC dos híbridos topcrosses para diâmetro de espiga comercial sem palha (DC) foram apresentados pelos

cruzamentos, 10 x 106, 11 x 106, 1 x 107 e 4 x 107, enquanto que o cruzamento 1 x 106 foi responsável pelo maior valor negativo averiguado para DC, indicando que os desvios de dominância contribuíram para diminuir a expressão do caráter (Tabela 12).

Para a característica FF na época de cultivo de primavera, dez combinações híbridas apresentaram valores negativos das estimativas de CEC, variando entre -0,03 e 1,36 dias, as que se destacaram de maneira desejável para redução do ciclo da cultura, foram as combinações 5 x 106, 10 x 106 e 1 x 107 com -1,03, -1,36 e -1,30 dias, respectivamente. Enquanto que FF na época de cultivo de verão, oito combinações híbridas apresentaram valores negativos das estimativas de CEC, variando de -2,33 a -0,33 dias, as que mais se destacaram de maneira desejável, reduzindo assim o ciclo da cultura, foram as combinações 8 x 107 (-1,00 dia) e 10 x 107 (-2,33 dias) (Tabela 12). Em contrapartida, o cruzamento 10 x 106 apresentou o maior valor positivo (2,33). Considerando esses extremos, em que um dos genitores (a linhagem 10) é comum em ambos os cruzamentos, fica evidente a especificidade na manifestação dos efeitos não aditivos dos genes. Ao se observar a média dos híbridos obtidos das melhores linhagens (8 e 10) em combinação com o melhor testador (107) para a característica florescimento feminino, em relação a testemunha comercial ‘Tropical Plus<sup>®</sup>’ afirma-se que estas são iguais estatisticamente.

Segundo Oliveira et al. (1998 apud CUTOLO FILHO, 2003) na escolha dos parentais para obtenção dos híbridos, devem ser considerados vários parâmetros, tais como, CGC, CEC e a média dos híbridos. Assim, as combinações híbridas superiores que interessam ao melhoramento são aquelas que possuem estimativas da capacidade de específica combinação mais favoráveis e que, além disso, envolvam pelo menos um dos parentais que tenha apresentado o mais favorável efeito da capacidade geral de combinação (CRUZ E REGAZZI, 1997).

## **7. CONCLUSÕES**

A combinação entre linhagens tropicais e testadores com introgressão de germoplasma temperado produz híbridos mais produtivos do que as testemunhas comerciais, além de melhorar outras características relacionadas à qualidade da espiga.

Híbridos superiores podem ser obtidos para ambas as épocas de cultivo, devido à ausência de interação genótipo por ambiente.

O comportamento superior dos híbridos topcrosses em relação às testemunhas comerciais é principalmente devido à capacidade geral de combinação das linhagens.



## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUIAR, A.M.; GARCIA, L.A.C.; SILVA, A.R.; SANTOS, M. F.; GARCIA, A. A. F.; SOUZA JÚNIOR, C. L. Combining ability of inbred lines of maize and stability their respective single-crosses. **Scientia Agricola**, v. 60, n. 1, p. 83–89, 2003.

AGUIAR, C. G.; SCAPIM, C. A.; PINTO, R. J. B.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVÉRIO, L.; ANDRADE, C. A. B. Análise dialélica de linhagens de milho na safrinha. **Ciência Rural**. Santa Maria, v. 34, n. 6, p. 1731–1737, 2004.

ALLISSON, J. C. S.; CURNOW, R. W. On the choice of tester parent for the breeding of synthetic varieties of maize (*Zea mays* L.). **Crop Sci.** 6:541–4. 1966.

ARAGÃO, C. A.; DANTAS, B. F.; ALVES, E.; CATANEO, A. C.; CAVARIANI, C.; NAKAGAWA, J. Atividade amilolítica e qualidade fisiológica de sementes armazenadas de milho super doce tratadas com ácido giberélico. **Revista Brasileira de Sementes**, v.25, n.1, p.43-48, 2003.

ARAÚJO, E. F.; ARAÚJO, R. F.; SOFIATTI, V.; SILVA, R. F. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce colhidas em diferentes épocas. **Bragantia**, Campinas, v.65, n.4, p. 687-692, 2006.

BARBIERI, V. H. B.; LUZ, J. M. Q.; BRITO, C. H. de; DUARTE, J. M.; GOMES, L. S.; SANTANA, D. G. Produtividade e rendimento industrial de híbridos de milho doce em função de espaçamento e populações de plantas. **Hortic. Bras.**, Brasília, v.23, n.3, p. 826-830, 2005.

BARBIERI, V. H. B. Melhoramento genético do milho doce. In: GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2008, Piracicaba. **Seminários**, 2008.

BORDALLO, P. N.; PEREIRA, M. G.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; GABRIEL, A. P. C. Análise dialéctica de genótipos de milho doce e comum para caracteres agronômicos e proteína total. **Hort. Bras.**, Brasília, v.23, n.1, p.123-127, 2005.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. 3.ed. Viçosa: UFV, 500p. 2001.

BORIN, A. L. D. C. **Extração, absorção e acúmulo de nutrientes no milho doce cultivado em condições de campo**. 2005. 97f. Tese (Mestrado). Universidade Federal de Viçosa, Uberlândia, 2005.

CARVALHO, A. D. F. de; SOUZA, J. C.; RIBEIRO, P. H. E. Desempenho de híbridos de linhagens parcialmente endogâmicas de milho em regiões dos estados de Roraima e Minas Gerais. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 27, n. 5, p. 985–990, 2003.

COMPTON, W. A.; MUMM, R. F.; MATHEMA Progress from adaptive mass selection incompletely adapted maize populations. **Crop Science.**, v19, p531-3. 1979.

CRUZ, C. D. Programa GENES: biometria. 22. ed. Viçosa: Editora UFV, 382p. 2006.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Análise dialéctica. In.: **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. Ed. UFV. Viçosa. 2ª ed. p. 131–285. 1997.

CUNHA, A. R.; MARTINS, D. Classificação climática para os municípios de Botucatu e São Manuel, SP. **Revista Irriga**, Botucatu, v.14, n.1, p.1-11. jan-mar. 2009.

CUTOLO FILHO, A. A. **Potencial de utilização do germoplasma temperado no melhoramento de milho (*Zea mays* L.) portador do gene *shrunken-2***. 2003.108f. Tese (Doutorado em Agronomia/Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2003.

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

DAVIS, D. W.; GRIER, S. L. Resistance of some sweet corn germoplasm to second brood european corn borer. **Annu. Plant Resistance Insects Nwsl**, v4, p23-5. 1978

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Milho e Sorgo. A cultura do milho doce. **Circular técnica n°18**. 34p. 1992.

ESPÍNDOLA, C. R.; TOSIN, W. A. C.; PACCOLA, A. A. Levantamento pedológico da Fazenda Experimental de São Manuel In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 14., 1973, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. p. 650-651. 1974.

FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. Fisiologia da Produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDINI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho, estratégias de manejo para a região Sul**. Guarapuava: FAPA. p. 103-114. 2000.

FARIA, F. V. C. **Top crosses de linhagens S<sub>2</sub> de milho *shrunk-2* em função da endogamia do testador**. 2013. 61f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Horticultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2013.

FERREIRA, E. A. et al. Desempenho de híbridos top crosses de linhagens S3 de milho em três locais do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v. 68, n. 2, p. 319- 327, 2009.

FREITAS JÚNIOR, S.; AMARAL JÚNIOR, 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.

GOMES, M. S.; VON PINHO, E. V. R.; VON PINHO, R. G.; VIEIRA, M. G. C. Estimativas da capacidade de combinação de linhagens de milho tropical para qualidade fisiológica de sementes. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 24, Ed. especial, p. 41–49, 2000.

GORGULHO, E. P.; MIRANDA FILHO, J. B. Estudo da capacidade combinatória de variedades de milho no esquema de cruzamento dialélico parcial **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 1, p .01-08, 2001.

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

GUIMARÃES, L. J. M. et al. Performance of testers with different genetic structure for evaluation of maize inbred lines. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.42, n.5, p.770-776, May 2012.

HALLAUER, A. R. Relation of gene action and type of tester in maize breeding procedures. **Annu. Corn Sorghum Res. Conf. Proc.** 30:150–65. 1975.

HALLAUER, A. R. Potential of exotic germoplasm for maize improvement, In: WALDEN, W.L. (Ed). **International maize symposium**. McGraw-Hill: New York, p229-47. 1978.

HALLAUER, A. R.; MIRANDA FILHO, J. B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 468 p. 1981.

HALLAUER, A. R, MIRANDA FILHO, J. B. CARENA, M. J. **Quantitative genetics in maize breeding**. Springer, New York, 663p, 2010.

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

HUELSEN, W. A. Sweet corn. New York: **Interscience.**, 409p. 1954.

JOHNSON, I. J.; HAYES, H. K. The combining ability of inbred lines of Golden Bantam sweet corn. **J. AM. SOC. AGRON.** 28:246–52. 1936.

KAUKIS, K.; DAVIS, D.W. Sweet corn breeding. In: BASSET, M.J. **Breeding vegetable crops**. Gainesville: Avi publishing company, p. 475-519. 1986.

KWIATROWSKI, A.; CLEMENTE, E. Características do milho doce (*Zea mays* L.) para industrialização. **Revista Brasileira de Tecnologia Industrial**. Ponta Grossa, v. 01, n. 02, p. 93 – 103, 2009.

LAUGHNAN, J. R. The effect of the sh2 factor on carbohydrate reserves in the mature endosperm of maize. **Genetics.**, v.38, p.485-99, 1953.

- LEMOS, M. A.; GAMA, E. E. G.; MENEZES, D.; SANTOS, V. F.; TABOSA, J. N. Avaliação de dez linhagens e seus híbridos de milho superprecoce em um dialélio completo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 167–170, 2002.
- LOCATELLI, A. B.; FEDERIZZI, L. C.; NASPOLINI FILHO, V. 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.
- LONNQUIST, J. H. Consideration and experiences with recombination of exotic and corn belt maize germplasms. **Proc. Annu. Corn and Sorghum Res. Conf.** v29, p102-17. 1974.
- LONNQUIST, J. H.; LINDSEY, M. F. Topcross versus S1 line performance in corn (*Zea mays* L.). **Crop Science, Madison**, v. 4, p. 580-584, 1964.
- MACHADO, J. A. **Melhoramento genético do milho doce (*Zea mays* L.)**.1980.78f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Piracicaba: Escola superior de agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1980.
- MARTON, A. R.; MAHONEY, C. H., Progress report on the breeding of sweet corn for borer resistance. **Amer. Soc. Hort. Sci.**, v29, p472-6. 1932.
- MATZINGER, D. F. Comparison of three types of testers for the evaluation of inbred lines of corn. **Agron. J.** 45:493–5. 1953.
- MELO, W. M. C.; VON PINHO, R. G.; FERREIRA, D. F. Capacidade combinatória e divergência genética em híbridos comerciais de milho. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 4, p. 821–830, 2001.
- MIRANDA FILHO, J. B.; VIÉGAS, G. P. **Milho híbrido**. In: Paterniani, E.; Viégas, G. P. (Eds) **Melhoramento e produção do milho**. 2. ed. Campinas: Fundação Cargill, v.1, p.277-326, 1987.
- MIRANDA, J. E. C. de; COSTA, C. P. da; CRUZ, C. D. Análise dialélica em pimentão. Capacidade combinatória. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 431- 440. 1988.

MIRANDA FILHO, J. B.; GORGULHO, E. P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS, L. L.; VALOIS, A.C. C.; MELO, I. S. de; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento – Plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, p. 649-670. 2001.

OLIBONI, R. **Capacidade combinatória e divergência genética entre híbridos comerciais de milho recomendados para a Região Centro-Sul do Paraná**. 2009. 95f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal)- Universidade Estadual do Centro-Oeste, UNICENTRO. Guarapuava, 2009.

OLIVEIRA, V. R.; CASALI, V. W. D.; CRUZ, C. D.; PEREIRA, P. R. G.; SCAPIM, C, A. Capacidade de combinação entre linhagens de pimentão diferindo na tolerância ao baixo teor de fósforo no solo. **Bragantia**, Campinas, v.57, n.2, p. 203-14, 1998.

OLIVEIRA JÚNIOR, S.; FERREIRA, R. P. de; CRUZ, C. D.; PEREIRA, A. A. V.; LOPES, F. C. F. Adaptabilidade e estabilidade de cultivares de milho para silagem em relação à produção de matéria seca degradável no rumem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Ribeirão Preto, v. 28, n. 2, p. 230-234, 1999.

OLIVEIRA JUNIOR, L. F. G.; DELIZA, R.; BRESSAN-SMITH, R.; PEREIRA, M. G.; CHIQUIERE, T. B. Seleção de genótipos de milho mais promissores para o consumo *in natura*. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v.26, n.1, p. 159-165, jan.-mar., 2006.

OLIVEIRA, J. P.; CHAVES, L. C.; DUARTE, J. B.; BRASIL, E. M.; FERREIRA JÚNIOR, L. T.; RIBEIRO, K. O. Teor de proteína no grão em população de milho de alta qualidade protéica e seus cruzamentos. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 34, n. 1, p. 45-51. 2004.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R.; REIFSCHSNEIDER, F. J. B.; VILLAS BOAS, G. L. Milho doce. **Informe Agropecuário**, v.14, p.17-22, 1990.

PARENTONI, S.N.; GAMA, E. E. G.; REIFSCHS-NEIDER, F. J. B.; GUIMARÃES, P. E. O. Avaliação da capacidade de combinação de dez linhagens de milho doce. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 9, n. 2, p. 71-73, 1991.

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

RAWLING, J. O.; THOMPSON, D. L. Performance level as criterion for the choice of maize testers. **Crop Sci**. 2:217-20. 1962.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; ZIMMERMANN, M. J. **Genética quantitativa em plantas autógamas – Aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora UFG, 271p. 1993.

RODRIGUES, F. **Análise dialélica de linhagens visando à produção de milho verde**. 2007. 51p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2007.

RUBINO, D. B.; DAVIS, D. W. Response of a sweet corn x tropical maize composite to mass selection for temperate-zone adaptation. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** 155:848-853,1990.

SANTOS, P. H. A. D. **Capacidade combinatória em linhagens de milho estimada por testadores e monitorada por marcadores microssatélites**. 2012. 85f. Dissertação (Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas)- Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campos dos Goytacazes, 2012.

SCAPIM, C. A.; CRUZ, C. D.; ARAÚJO, J. M. Cruzamentos dialélicos entre sete cultivares de milho doce. **Hortic. Bras.**, Brasília, v.13, n.1, p.19-21. 1995a.

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

SILVA, N. Melhoramento de milho doce. In: ENCONTRO SOBRE TEMAS DE GENÉTICA E MELHORAMENTO, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luis de Queiroz", Universidade de São Paulo, p.45-9. 1994.

SILVA, A. C. T. **Produção do milho híbrido superdoce (*Zea mays* L.) sob diferentes fontes de zinco e densidade de plantas**. 2002. 31f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Produção Vegetal)-Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Dourados, 2002.

SOUZA, E. D. **Divergência genética e avaliação de famílias S1 e topcrosses de milho, utilizando-se caracteres agronômicos e marcadores RAPD**. 2000. 88f. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. 2000.

SOUZA SOBRINHO, F. **Divergência genética de híbridos simples e alternativas para a obtenção de híbridos duplos de milho**. 2001. 96p. Tese (doutorado em genética e melhoramento de plantas). UFLA – Universidade Federal de Lavras. 2001.

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

TEIXEIRA, F. F.; SOUZA, I. R. P.; GAMA, E. E. G.; PACHECO, C. A. P.; PARENTONI, S. N.; SANTOS, M. X.; MEIRELLES, W. F. Avaliação da capacidade de combinação entre linhagens de milho doce. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 3, p. 483-488. 2001.

TOSELLO, G. A. Milhos especiais e seu valor nutritivo. In: PATERNIANI, E. **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Campinas: Fundação Cargill, cap.8, p.326-329. 1978.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A. R. **Specialty corns**. New York, CRC Press. 409 p, 1994.

TRACY, W. F. Sweet corn. In: HALLAUER, A.R. **Specialty corn**. Boca Raton, p. 155-198. 2001.

UHR, D. V.; GOODMAN, M. M. Temperate maize inbreds from tropical germplasm. I. Testcross yield trials. **Crop Sci.** 35:779-784, 1995.

VACARO, E.; BARBOSA NETO, J. F.; PEGORARO, D. G.; NUSS, C. N. CONCEIÇÃO. L.D.H. Combining ability of twelve maize populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 67-72, 2002.

VEIGA, R. D.; FERREIRA, D. F.; RAMALHO, M. A. P. Eficiência dos dialelos circulantes na escolha dos genitores. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 7, p. 1395-1406, 2000.

VENCOVSKY, R. **Alguns aspectos teóricos e aplicados relativos a cruzamentos dialélicos de variedades**. 1970. 59p. (Tese de Livre Docência) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP. 1970.