

RACHEL LEGGI ARRIAS

**AVALIAÇÃO DIALÉTICA DO RENDIMENTO DE GRÃOS E DA CAPACIDADE
DE EXPANSÃO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS DE MILHO PIPOCA**

MARINGÁ
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2010

Livros Grátis

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

RACHEL LEGGI ARRIAS

AVALIAÇÃO DIALÉTICA DO RENDIMENTO DE GRÃOS E DA CAPACIDADE DE
EXPANSÃO DE LINHAGENS E HÍBRIDOS DE MILHO PIPOCA

Tese apresentada à Universidade Estadual de Maringá, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção de título de Mestre.

Maringá
PARANÁ - BRASIL
FEVEREIRO – 2010

Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)
(Biblioteca Central - UEM, Maringá – PR., Brasil)

A775a Arrias, Rachel Leggi
Avaliação dialélica do rendimento de grãos e da capacidade de expansão de linhagens e híbridos de milho-pipoca. / Rachel Leggi Arrias. -- Maringá, 2010. xi, 48 f. : quadros.

Orientador : Prof. Dr. Ronald José Barth Pinto.
Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Maringá, Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, 2010.

1. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Análise dialélica. 2. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Dialelo. 3. Dialelo. 4. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Genética. 5. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Linhagens. 6. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Melhoramento genético. 7. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Produtividade. 8. Milho-pipoca (*Zea mays* L.) - Capacidade de expansão. I. Pinto, Ronald José Barth, orient. II. Universidade Estadual de Maringá. Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento. III. Título.

CDD 21.ed. 635.677

Dedico este trabalho aos meus pais, Dioniso e Vanda, e meus irmãos, Lucas e Jessica, pelo apoio e incentivo em todos os momentos.

AGRADECIMENTOS

A Deus que sempre me sustentou diante das dificuldades e me capacitou para tudo quanto foi necessário. Sem Ele nada teria sido possível.

À Universidade Estadual de Maringá e ao seu Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, pela oportunidade de realização do Curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pelo incentivo financeiro.

Ao meu orientador professor doutor Jose Barth Pinto, pelos valiosos ensinamentos, dedicação, participação irrestrita na realização deste trabalho e pelo apoio constante em minha caminhada acadêmica.

Aos conselheiros, professor doutor Carlos Alberto Scapim e professora doutora Claudete Aparecida Mangolin, pelo auxílio durante a realização deste trabalho.

À professora doutora Carmen Boto Querol, pelo apoio e pelo carinho.

A todos os colegas do Laboratório de Cultura de Tecidos e Eletroforese de Vegetais que, com paciência e carinho, me acompanharam nesta caminhada.

Ao M.Sc. Marcos Araújo Rodvalho, por grande ajuda no decorrer deste trabalho, presente nas dificuldades e também nos sucessos.

À Giovanna, pelo auxílio em todas as etapas, companheira de campo, sempre presente.

Ao Fernando Sabadin, pelo apoio nas etapas de campo.

Aos funcionários da Fazenda Experimental de Iguatemi, pela ajuda na realização deste trabalho.

Aos Secretários do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, Francisco José da Cruz e Maria Valquíria Magro, pelo constante auxílio.

A todos aqueles que, de alguma forma, colaboraram para a realização deste trabalho.

Descobri que enquanto obedeco à vontade de Deus não tenho tempo para discutir seus fins.
(George MacDonald)

BIOGRAFIA

Rachel Leggi Arrias, filha de Dionisio Martins Arrias e Vanda Leggi Arrias, nasceu em Maringá-PR no dia dezoito de outubro de 1982.

Estudou até a 3^a série do Ensino Fundamental no Colégio Regina Mundi, concluindo esta etapa escolar no, Colégio Marista, no ano de 1997. Na mesma Instituição de Ensino, cursou integralmente o Ensino Médio, concluindo-o no ano de 2000.

Diplomou-se em Ciências Biológicas, habilitação em Licenciatura, pelo Centro Universitário de Maringá, no ano de 2005.

Em 2006, iniciou o curso de Especialização em Biotecnologia pela Universidade Estadual de Maringá, ênfase em Agroindústria, recebendo, no início de 2007, o título de Especialista.

Ainda em 2007, ingressou como Aluna Não Regular do curso de Mestrado em Genética e Melhoramento, na Universidade Estadual de Maringá, passando a ser Aluna Regular, em março do ano seguinte.

ÍNDICE

LISTA DE QUADROS	viii
RESUMO	x
ABSTRACT	xi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	4
2.1. Importância do milho pipoca	4
2.2. O melhoramento de milho pipoca	6
2.3. Milho híbrido	8
2.4. Obtenção de linhagens	9
2.5. Avaliação de linhagens por topcrosses	9
2.6. Dialelos e capacidade combinatória	11
3. MATERIAL MÉTODO	14
3.1. Material vegetal	14
3.2. Obtenção das linhagens e híbridos	15
3.3. Experimentos de campo	15
3.3.1. Delineamento experimental	15
3.3.2. Caracteres avaliados	16
3.3.2.1. Rendimento de grãos	16
3.3.2.2. Capacidade de expansão	17
3.4. Análise estatística	17
3.5. Análise dialélica	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
4.1. Análises de variância	20
4.2. Testes de médias	22
4.3. Análise dialélica	26
5. CONCLUSÕES	37
6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA	38

LISTA DE QUADROS

- Quadro 01 - Linhagens e suas respectivas populações de origem
- Quadro 02 - Características agronômicas das duas testemunhas de milho pipoca utilizados, em Maringá, Paraná.....
- Quadro 03 - Características geoclimáticas da região de Iguatemi, Maringá -PR.....
- Quadro 04 - Esquema de análise de variância para o delineamento em blocos casualizados.....
- Quadro 05 - Análise de variância dialélica individual, pelo método de Griffing (1956), envolvendo os pais e os F_1 's não recíprocos.....
- Quadro 06 - Equações para a quantificação dos efeitos ou contrastes de CGC e CEC pelo método 2 de Griffing (1956).....
- Quadro 07 - Análise de variância da variável rendimento de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$)
- Quadro 08 - Análise de variância para a capacidade de expansão ($\text{g} \cdot \text{mL}^{-1}$)
- Quadro 09 - Análise de variância para rendimento de grãos, considerando somente os híbridos experimentais.....
- Quadro 10 - Análise de variância para capacidade de expansão, considerando somente os híbridos experimentais.....
- Quadro 11 - Resultados do teste de Scott-Knott para rendimento de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), considerando todos os tratamentos experimentais..
- Quadro 12 - Resultados dos testes de Scott-Knott para a capacidade de expansão, considerando todos os tratamentos experimentais.
- Quadro 13 - Resultados do teste de Scott-Knott para o rendimento de grãos ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$), considerando somente os dados dos híbridos experimentais.....
- Quadro 14 - Resultados do teste de Scott-Knott para capacidade de expansão, considerando somente os dados dos híbridos experimentais.....

Quadro 15 -	Resultados da análise dialélica de variância para rendimento de grãos, de acordo com o modelo 2 de Griffing.....
Quadro 16 -	Efeito da capacidade geral de combinação para a característica rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).....
Quadro 17 -	Efeito da capacidade específica para rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$).....
Quadro 18 -	Resultado da análise dialélica de variância para a capacidade de expansão ($\text{g}\cdot\text{mL}^{-1}$).....
Quadro 19 -	Efeito da capacidade geral de combinação para a capacidade de expansão.....
Quadro 20 -	Efeito da capacidade específica para a variável capacidade de expansão.....

RESUMO

ARRIAS, Rachel Leggi, M.Sc. Universidade Estadual de Maringá, Fevereiro de 2010. **Avaliação dialélica do rendimento de grãos e da capacidade de expansão de linhagens e híbridos de milho pipoca.** Professor Orientador: Ronald Jose Barth Pinto. Professores Conselheiros: Carlos Alberto Scapim e Claudete Aparecida Mangolin.

O sucesso de um programa de melhoramento de milho pipoca está condicionado à obtenção de linhagens elite com alta variabilidade. Para tanto, a análise de cruzamentos dialélicos representa uma das técnicas mais úteis, dado ao grande número de informações genéticas que podem oferecer ao melhorista. Com o objetivo de avaliar o rendimento de grãos e a capacidade de expansão (CE) de oito linhagens de milho pipoca, de diferentes origens e dos híbridos não recíprocos entre elas, foi instalado, em Maringá-PR, um experimento delineado em blocos casualizados, com quatro repetições, conduzido na safra 2009/2010. Além dos parentais e dos híbridos, foram utilizadas duas testemunhas comerciais, Zélia e IAC-112. A análise genética do dialelo foi realizada segundo o modelo 2, de Griffing (1956). As médias de rendimento e de CE dos melhores híbridos superaram as médias das testemunhas. Os efeitos de capacidade geral (CGC) e de capacidade específica de combinação (CEC) foram altamente significativos para ambos os caracteres. Foram detectados níveis relativamente altos de heterose para rendimento de grãos, ao contrário da CE dos híbridos, os quais, em geral, não superaram a média dos pais. Os maiores valores de s_{ij} foram geralmente detectados nos cruzamentos envolvendo linhagens de diferentes origens. Para rendimento de grãos, os maiores valores de CGC foram detectados nas linhagens P1.3 e P7.2. Os híbridos de maior CEC foram P1.3 x P3, P3 x P4, P3 x P7.4 e P1.3 x P8.2. Para CE, os maiores valores de g_i , indicando maior CGC, foram detectados nas linhagens P1.3 e P8.1.5. Os híbridos de maior CEC foram P1780 x P7.2, P1780 x P8.2, P3 x P7.4 e P8.1.5 x P8.2.

Palavras-chave: dialelo, análise dialélica, capacidade de expansão, rendimento, milho pipoca.

ABSTRACT

ARRIAS, Rachel Leggi, M.Sc. Maringá State University, February of 2010. **Diallelic evaluation of yield and popping expansion of lines and hybrids of popcorn.** Adviser: Ronald Jose Barth Pinto. Committee Members: Carlos Alberto Scapim and Claudete Aparecida Mangolin.

Success in a popcorn breeding program faced to heterosis exploitation requires the use of highly varied elite inbred lines. Therefore, the analysis of diallel crosses is one of the most useful procedures available to maize breeders, given the large number of genetic information produced by this crossing system. In order to evaluate yield and popping expansion (PE) of eight popcorn lines from different genetic backgrounds, and also all their non-reciprocal hybrids, a randomized block design with four replications was carried out in Maringá, Paraná, Brazil, in the 2009/2010 crop season. Besides the inbred lines and hybrids, two commercial controls, Zélia and IAC-112, were used. The genetic diallel analysis was performed according to the Griffing's model 2 (1956). The mean yield and PE of the best hybrids exceeded the average of both controls. The effects of general (GCA) and specific combining ability (SCA) were highly significant for both traits. Relatively high levels of heterosis were detected for grain yield, unlike the PE of hybrids, which generally did not exceed the parental average. In general, the highest values of s_{ij} were mostly detected in crosses between inbreds from different genealogies. For grain yield, the highest values of g_i were detected in lines P1.3 and P7.2. The higher SCA estimates were observed in crosses P1.3 x P3, P3 x P4, P3 x P7.4 x P8.2 and P1.3. For PE, the greatest GCA were detected in inbreds P1.3 and P8.1.5. The higher SCA estimates were observed in hybrids P7.2 x P1780, P1780 x P8.2, P3 x P7.4 x P8.2 and P8.1.5.

Key words: diallel, diallel analysis, popping expansion, yield, popcorn.

1. INTRODUÇÃO

O milho pipoca é utilizado exclusivamente na alimentação humana, diferindo, portanto, do milho comum, que é usado para consumo humano e animal. Em vários países, existe um enorme mercado consumidor de pipoca, uma vez que é apreciado por crianças e adultos de todas as classes sociais (Matta, 2003). No Brasil, porém, o mercado de milho pipoca ainda é modesto, levando-se em consideração a comercialização mundial. Apesar da importância cultural e a ampla apreciação no país (Pacheco et al., 1998; Galvão et al., 2000, *Jornal da Terra*, 2008), o milho pipoca não recebeu a mesma atenção dada ao milho comum e pouco progresso foi obtido no seu melhoramento, devido ao número pequeno de instituições e melhoristas envolvidos com essa cultura (Sawazaki, 1996).

A baixa qualidade da pipoca disponível no mercado brasileiro representa uma das principais dificuldades encontradas pelos produtores de pipoca. O reduzido índice de investimento em pesquisa e a falta de legislação para regulamentar a comercialização de grãos também podem ser mencionados como fatores importantes que resultam na baixa qualidade da pipoca brasileira (Galvão et al., 2000).

A produtividade e os caracteres agronômicos de interesse são de suma importância para a cultura do milho. No caso do milho pipoca, porém, o melhoramento deve considerar também os fatores relacionados à qualidade da pipoca, como textura e maciez, buscando, assim, atender às necessidades tanto do agricultor quanto do consumidor (Scapim, 2002). Por isso, além de vários atributos agronômicos desejáveis em uma boa variedade de milho normal, os agricultores buscam no milho pipoca a conjugação de uma alta produtividade com uma alta capacidade de expansão (CE).

A produção nacional de pipoca é estimada em 20 mil toneladas, para um consumo atual de 81 mil toneladas de grãos (Galvão et al., 2000; Pereira & Amaral Júnior, 2001; Seifert et al., 2006). Considerando esse total, 75% do volume de pipoca procedem dos EUA, sendo importados principalmente pela Argentina (Scapim et al., 2006). Acredita-se que o lançamento de novas cultivares no mercado possa contribuir para a mudança do status da cultura, como atestam

os resultados alcançados por algumas empresas que têm investido na comercialização de grãos importados de países de clima temperado (Galvão et al., 2000; Araújo, 2007).

As variedades brasileiras, pela escassez de trabalhos de melhoramento genético, apresentam alta variabilidade, uma vez que a diretriz dos programas existentes até então tinham por finalidade a produção de compostos com os materiais disponíveis, a partir dos quais se buscou desenvolver cultivares superiores (Linares, 1987).

A existência de ampla variabilidade genética e a constatação, em muitas populações, de uma baixa ou nula correlação genética entre qualidade e rendimento de milho pipoca, permitem o êxito na seleção de materiais que combinem alta capacidade de expansão (CE) com elevada produtividade (Lira, 1983; Pacheco, 1987).

Apesar dos avanços do melhoramento do milho pipoca, no Brasil, o número de cultivares utilizadas pelos agricultores é bastante reduzido. Hoje, três materiais são considerados satisfatórios: híbrido triplo Zélia, híbrido simples IAC-112 e variedade BRS-Angela. Desta forma, a dificuldade de obtenção de sementes no mercado justificou a criação de um programa de melhoramento de milho pipoca na Universidade Estadual de Maringá – PR, em 1997.

Segundo Freitas Júnior (2006), as análises de divergência genética buscam identificar genitores para a formação de populações com maior variabilidade genética e conseqüente ganho genético em ciclos sucessivos de seleção. Considerando a possível relação entre divergência genética e heterose, as análises de divergência genética podem ser úteis para a predição e obtenção dos cruzamentos mais heteróticos. Assim, a heterose manifestada pelos híbridos também pode ser explorada em milho pipoca. É importante ressaltar que o sucesso de um programa de melhoramento de milho pipoca voltado à exploração do vigor híbrido está condicionado à obtenção de linhagens elite cujo inter cruzamento venha a resultar em híbridos superiores.

A exploração da heterose em milho pipoca pode ser apoiada pelo emprego dos dialélicos. Os cruzamentos dialélicos constituem um dos recursos genético-estatísticos mais importantes para os programas de melhoramento de milho pipoca, pois a análise dialélica geralmente disponibiliza um grande número

de informações genéticas ao melhorista (Cruz e Regazzi, 1997; Cruz, 1990 e 2001; Freitas Junior, 2006).

O presente trabalho se propôs a utilizar os cruzamentos dialélicos para a avaliação da qualidade e do rendimento de 8 linhagens S₉ de milho pipoca, bem como dos cruzamentos não recíprocos entre elas, mediante a obtenção de dados fenotípicos que permitam estimar parâmetros de interesse, como a capacidade geral de combinação dos parentais e a capacidade específica de combinação dos híbridos simples. A informação gerada poderá indicar cultivares apropriados para cultivo comercial na região noroeste do Paraná. A pesquisa fez parte das atividades desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético de milho pipoca conduzido na Universidade Estadual de Maringá – PR.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. Importância do milho pipoca

Mesmo possuindo características diferentes, o milho comum e o milho pipoca são classificados como uma única espécie (*Zea mays* L.). A principal característica em que o milho pipoca difere dos demais milhos é o tipo de grão, duro e pequeno, capaz de estourar quando aquecido a aproximadamente 180°C, de modo a ser convertido em pipoca (Zinsly e Machado, 1987).

Em comparação ao milho comum, a planta de milho pipoca tem algumas características peculiares como, por exemplo, menor número de folhas, maior prolificidade, menor tamanho de espigas, maior altura de inserção de espigas, menor espessura e resistência do colmo, maior susceptibilidade ao acamamento, maior susceptibilidade a doenças, menor tamanho de sementes e maior dureza de sementes. Em conjunto, tais aspectos determinam um menor rendimento de grãos do que o obtido em milho comum.

A menor quantidade de pesquisas em milho pipoca, quando comparado ao milho comum, particularmente no Brasil (Miranda et al., 2003) tende a agravar a situação. No que diz respeito ao melhoramento do milho pipoca, o quadro é ainda mais grave pela maior atenção dada à capacidade de expansão, deixando em segundo plano o cuidado a ser dispensado ao melhoramento dos demais caracteres agrônômicos (Zinsly e Machado, 1987).

O aprimoramento dos atributos relacionados ao vigor das plantas de milho pipoca requer a permanente avaliação de germoplasma, a fim de identificar os materiais que com menor susceptibilidade a doenças e maior qualidade de colmo, ou seja, alta resistência física e alta sanidade (Ziegler e Ashman, 1994).

O valor comercial do milho pipoca é maior que o milho normal. Tal aspecto justifica, inclusive, a aplicação de recursos federais nos programas de melhoramento vegetal (Sawazaki, 2001).

O maior produtor mundial de milho pipoca é os EUA, com 500 mil toneladas/ano e um movimento de US\$ 1,8 bilhão. O mercado americano caracteriza-se pela predominância de pipoca para forno de micro-ondas, a qual representa 68% da produção. O Brasil é o segundo maior produtor de milho pipoca do mundo, com uma produção de 80 mil toneladas/ano, a qual movimenta

aproximadamente 130 milhões de dólares. No entanto, ao contrário dos Estados Unidos, a fatia do mercado referente à pipoca para micro-ondas representa apenas 13% do total. Por isso, espera-se que a expansão do mercado, no Brasil, seja acompanhada por uma maior proporção de pipoca destinada ao micro-ondas (Teixeira, 2010).

A qualidade de uma cultivar de milho pipoca depende da expansão dos grãos, durante o pipocamento. Vários métodos têm sido utilizados para a medição da expansão do milho pipoca, sendo a relação entre o volume de pipoca e o volume de grãos, denominada "capacidade de expansão", universalmente empregada (Brunson, 1955; Sawazaki et al., 1986).

A capacidade de expansão (CE) dos grãos de milho é a característica mais importante para o consumidor. Zinsly e Machado (1978) explicam que a capacidade que tem o milho pipoca de expandir-se é devida à resistência do seu pericarpo, associada à presença, no grão, de óleo e umidade. Segundo Silva et al. (1993), quando aquecido, o amido do milho pipoca expande-se, aumentando gradualmente a pressão interna do grão até o momento em que ocorre a explosão, quando a temperatura alcança, aproximadamente, 180°C e a pressão atinge 930,8 kPa. Em temperaturas inferiores a 177°C, a proporção de grãos que se expande diminui acentuadamente.

A CE do milho pipoca está condicionada tanto a fatores genéticos quanto a não-genéticos, tais como as condições de desenvolvimento no campo, as condições de colheita e aspectos inerentes ao pré-processamento. A herdabilidade da CE é geralmente alta, variando de 70 a 90% (Zanette, 1989; Andrade, 1996, Pacheco et al., 1998, Coimbra et al., 2001). Vários são os fatores não-genéticos que afetam a CE, como equipamento de avaliação, teor de umidade do grão, danos no pericarpo ou endocarpo, secagem e presença de grãos imaturos (Miranda et al., 2003).

A correlação genética pode afetar a eficiência da seleção de um caráter de interesse e pode ser observada entre determinados caracteres agrônômicos associados entre si (Paterniani e Campos, 1999). Hallauer e Miranda Filho (1988) afirmam que a correlação estimada por meio do coeficiente de correlação tem importância no melhoramento de plantas porque quantifica o grau de associação genético e não genético entre dois ou mais caracteres.

No milho pipoca, o rendimento de grãos pode estar inversamente correlacionado com a CE (Sawazaki, 1995; Coimbra et al., 2001), representando um problema adicional ao melhoramento populacional, pois dificulta a obtenção de ganhos simultâneos por seleção em ambas as características. Naturalmente, caberá ao melhorista buscar soluções que favoreçam a obtenção de um produto que agrade tanto ao agricultor como ao consumidor (Zinsly e Machado, 1987).

Estudos de herança levaram à conclusão de que os efeitos genéticos aditivos geralmente representam o principal componente de variação genética em expansão (CE). Em alguns casos, os efeitos de dominância contribuíram para a herança do caráter, mas os efeitos epistáticos não foram significativos (Dofing et al. 1991; Pereira e Amaral Junior, 2001). Lysterly (1942) demonstrou resultados semelhantes ao observar, em cruzamentos entre linhagens de baixa e alta CE, a obtenção de híbridos com CE próxima da média, evidenciando a predominância de efeitos aditivos, embora tenham ocorrido efeitos de dominância e de sobre dominância em alguns cruzamentos,

Sawazaki et al. (2000) e Galvão et al. (2000) obtiveram bons resultados de produtividade e CE em São Paulo e Minas Gerais. Observaram que a capacidade de expansão média variou de 32 a 36 mL.g⁻¹ e o rendimento de grãos ficou acima de 4.000 kg.ha⁻¹. Os resultados foram obtidos na avaliação de híbridos de linhagens Guarani e IAC-64, no Instituto Agrônomo de Campinas, SP (IAC). Os autores constataram ainda que os materiais apresentaram boa adaptação à região. Os resultados obtidos pelos autores aproximam-se dos obtidos com os melhores híbridos norte-americanos.

Apesar dos avanços já alcançados no melhoramento de milho pipoca, o número reduzido de cultivares é limitante para expansão da cultura no Brasil, pois as indústrias ainda não trabalham com o milho pipoca nacional devido a pouca oferta no mercado. Portanto, novos programas de melhoramento devem ser implantados no Brasil por empresas públicas ou privadas (Scapim, 2002).

2.2. O melhoramento de milho pipoca

Os programas de melhoramento buscam constantemente novos procedimentos para a obtenção de variedades mais produtivas e rentáveis (Laborda, 2003).

À medida que o processo de melhoramento do milho pipoca deve atentar aos interesses tanto de agricultores como de consumidores e da agroindústria (Brunson e Smith, 1945), é importante destacar a pluralidade de caracteres a serem enfocados pelo melhorista, como o rendimento de grãos, taxa de acamamento e quebramento das plantas, resistência às doenças e pragas, qualidade (CE), além das características desejáveis ao consumidor, tais como maciez, sabor, aroma e coloração da pipoca expandida (Alexander e Creech, 1977).

No Brasil, uma das estratégias de melhoramento de milho pipoca consiste na realização de cruzamentos entre cultivares locais, rústicas e bem adaptadas, com material exótico, como gerações avançadas de híbridos americanos, a fim de aumentar o valor das características de interesse comercial (Lira, 1983; Linares, 1987; Zanette, 1989; Andrade, 1996; Coimbra, 2000).

Andrade (1995) analisou um dialelo entre seis linhagens de milho pipoca, seus 15 híbridos e os 15 F_{1s} recíprocos. A variedade Viçosa foi identificada como a mais promissora, podendo ser usada em híbridos ou como fonte de linhagens para uso em programas de melhoramento, tanto intra como inter-populacionais. O híbrido Viçosa x Roxa mostrou-se o mais desejável quando se consideraram simultaneamente rendimento de grãos e capacidade de expansão. Ambas foram recomendadas como germoplasma adequado à seleção recorrente recíproca, juntamente com as variedades Rosa Claro e Beija-Flor.

O vigor híbrido representa uma das maiores contribuições práticas da Genética à agricultura mundial. O conceito de heterose, definido há mais de um século, continua sendo aplicado principalmente na cultura do milho, na qual a produção de híbridos se desenvolveu de maneira incomparável, sendo a hibridação comercial uma opção fundamental ao melhoramento.

Para que haja uma probabilidade de obtenção de linhagens superiores, deve-se partir de populações que apresentem alta freqüência de alelos favoráveis em relação aos diversos caracteres de interesse e baixa freqüência de alelos desfavoráveis (Vencovsky e Barriga, 1992).

A depressão por endogamia é observada em diferentes caracteres de milho pipoca. É citada a perda de vigor por efeito de endogamia em altura de

planta, altura da inserção da espiga e rendimento de grãos, dada à importância da dominância no controle de tais caracteres (Lima et al., 1984).

Com o objetivo de identificar materiais promissores para cultivo nos trópicos, Larish e Brewbaker (1999) avaliaram rendimento de grãos e capacidade de expansão em dois dialelos, um com seis linhagens de milho pipoca (quatro dos trópicos e duas americanas) e outro com cinco linhagens americanas. Em ambos os dialélicos foi detectada heterose positiva para rendimento de grãos e heterose negativa para capacidade de expansão. A razão entre capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação foi alta para todas as características, o que permitiria, dessa maneira, ganhos rápidos por seleção. Ambos os resultados dos dialelos possibilitam afirmar que os melhoristas dos trópicos deveriam trabalhar com dois grupos heteróticos formados pelas linhagens Supergold e Jap Hulless.

2.3. Milho híbrido

Os primeiros relatos de hibridização artificial datam de 1877 e 1882, e foram realizados por Beal. Trabalhando com milho, ele demonstrou que os filhos superaram os pais em até 40% (Allard, 1999).

Em seus trabalhos de depressão por endogamia e heterose, Shull recomendou a utilização de híbridos simples de milho obtidos por meio do cruzamento de duas linhagens endogâmicas (Borém, 1998; Pinto, 2009). Embora os princípios básicos de heterose fossem conhecidos na época, a sua utilização não foi imediata. Devido ao elevado grau de endogamia e ao baixo vigor das linhagens, a produção de sementes híbridas era baixa e seu custo muito alto.

A solução para esse impasse foi proposta por Jones (1918), com a utilização de híbridos duplos, derivados do cruzamento de dois híbridos simples, ou seja, de quatro linhagens endogâmicas. Tal procedimento permitiu tornar viável o cultivo do milho híbrido, devido à redução do custo de produção das sementes híbridas.

Os primeiros programas de melhoramento de milho pautavam-se na produção de híbridos duplos e tiveram início da década de 1930 (Hallauer, 1990). Atualmente, vários tipos de híbridos estão disponíveis, além dos híbridos simples

e híbridos duplos, podemos citar os híbridos triplos, os híbridos inter-varietais, os híbridos topcross e os híbridos simples e triplos modificados.

2.4. Obtenção de linhagens

Miranda Filho e Viégas (1987) e Hallauer (1990) descrevem a metodologia para a obtenção de linhagens de milho. Na seleção fenotípica, as características das plantas são tomadas como base para a seleção dos indivíduos cujas progênes prosseguirão sendo autofecundadas até alcançarem homozigose plena, alcançando a condição de linhas puras. O avanço de gerações através de autofecundação constitui o chamado “método padrão”, que proporciona maior produção de sementes a curto prazo. Já o método da cova única difere do anterior porque, neste método, cada linhagem é representada por uma cova com três plantas e não por uma linha. Por fim, o uso de retrocruzamentos também resulta em linhas puras, mediante a transferência de características com alta herdabilidade.

2.5. Avaliação de linhagens por topcrosses

A avaliação de linhagens inicia com a seleção fenotípica praticada no germoplasma de origem. Tal seleção é seguida pela avaliação das futuras linhagens por meio de *topcrosses*, sendo concluída pela realização de cruzamentos dialélicos, obtendo-se então os dados de capacidade de combinação e, se for de interesse, as previsões de rendimento de híbridos duplos e triplos.

As avaliações precoces das capacidades combinatórias (*topcrosses*) têm como mérito a redução do número de linhagens a serem avançadas no programa de melhoramento, bem como a redução da laboriosidade pelo menor número de plantas a serem cultivadas e autofecundadas até o término do avanço das gerações de endogamia, evitando um trabalho desnecessário no cultivo de linhagens inferiores *per se* (Miranda Filho e Viégas, 1987).

Davis (1927) sugeriu a utilização de *topcrosses* para avaliar a capacidade de combinação das linhagens, cruzando-as com variedades de polinização livre. Jenkins (1934) e Johnson e Hayes (1936) indicaram as vantagens no uso desse

método, pelo aumento na eficiência de seleção de linhagens para rendimento de grãos, devido ao grande número de materiais que podem ser descartados com base em um teste preliminar, permitindo assim a avaliação das linhagens selecionadas em combinações de híbridos simples ou duplos.

Por meio de avaliação de sucessivas gerações endogâmicas, Davis (1934) observou que, na geração S_2 , há fixação de alguns caracteres de produção em combinações híbridas. O autor observou ainda que essa geração é adequada à avaliação por meio de *topcrosses*, uma vez que em S_2 é possível selecionar caracteres de interesse para maior produção.

Posteriormente, Sprague e Tatum (1942) introduziram os conceitos de capacidade geral de combinação e capacidade específica de combinação, a serem comentados no item 2.6.

Lonnquist & Roubough (1958) estudaram o efeito da seleção para capacidade de combinação em famílias com diferentes níveis de endogamia, demonstrando que o desempenho das progênies permanecia relativamente estável nas sucessivas gerações de autofecundação.

Batkash et al. (1981), citados por Rodvalho (2008), estimaram coeficientes de correlação entre *topcrosses* e cruzamentos dialélicos, obtidos do cruzamento de dez linhagens. Verificaram correlações positivas e significativas entre os *topcrosses* e os híbridos simples para a produção de grãos, número de grãos por espiga e comprimento da espiga. Seu trabalho contribuiu para evidenciar, portanto, a eficiência dos *topcrosses*.

Martins (1986) também recomenda que o teste precoce seja feito na geração S_2 ou S_3 . O teste precoce poderia ser aplicado em qualquer fonte de material endogâmico, eliminando-se a necessidade de avaliação prévia de muitas plantas genotipicamente inferiores de gerações mais avançadas (Lonnquist, 1949).

Vale ressaltar que a grande variabilidade encontrada dentro dos cruzamentos de linhagens parcialmente endogâmicas em gerações muito precoces (S_0 e S_1) inviabilizaria o seu uso comercial. Por essa razão, o uso de linhagens parcialmente endogâmicas, como as linhas S_2 , oferece vantagens pela maior produtividade que possam ter em comparação às suas descendentes completamente endogâmicas, as quais podem apresentar menor tolerância às condições ambientais adversas (Carvalho, 2004).

Bernardo, em 1991, estimou as correlações entre os desempenhos de linhagens em diferentes gerações de autofecundação e sob plena homozigose. Verificou que, para caracteres de herdabilidade intermediária, as correlações entre os respectivos coeficientes de endogamia das famílias avaliadas e os estimadores de herdabilidade se aproximaram a 20%.

Souza Jr. (2005) justifica a proposta de avaliação precoce de linhagens, bem como a avaliação de híbridos oriundos das mesmas, tendo por base os graus de homozigose teórica alcançados na geração S_2 e S_3 e quantificados pelo coeficientes de endogamia ($F=0,75$ e $F=0,875$, respectivamente), valores que refletem as níveis médios de homozigose das plantas dessas gerações.

Os autores acima citados concluíram, portanto, que a seleção das linhagens é efetiva já a partir das primeiras gerações (S_2 ou S_3) e que, se o caráter tem herdabilidade baixa, a seleção nas gerações iniciais deve ser branda em função dos erros de seleção, com a possibilidade, inclusive, de perda de famílias com bom potencial.

2.6. Dialetos e capacidade combinatória

A utilização de padrões heteróticos em programas de melhoramento, visando à obtenção de híbridos de milho, constitui uma estratégia que permite explorar e capitalizar a heterose (Pinto, 2009).

O desenvolvimento de híbridos superiores depende da capacidade de combinação das linhagens envolvidas. Considerando que a probabilidade de obtenção de híbridos altamente heteróticos é maior nos cruzamentos entre linhagens não aparentadas do que entre as aparentadas (Hallauer, 1990), os esforços são concentrados nas combinações entre os materiais mais divergentes (Rinaldi et al., 2007). Por isso, as análises de divergência genética podem ser úteis para a predição preliminar de cruzamentos que otimizam a heterose (Miranda et al., 2003).

Por definição, a capacidade geral de combinação (CGC) refere-se ao comportamento médio de uma linhagem em cruzamentos, enquanto a capacidade específica de combinação (CEC), aplicada a híbridos individuais, é entendida como um desvio da capacidade geral (Destro e Montalván, 1999; Pinto, 2009). Os estimadores de CGC são empregados para eliminar precocemente as linhagens

que, em geral, participam da formação de híbridos inferiores. Exemplificando, caso o valor da CGC de uma linhagem (g_i) seja alto, o genitor em questão deve ser superior aos demais genitores do dialelo, com relação ao desempenho médio das progênes.

A medida de CEC é aplicável com maior propriedade somente quando os cruzamentos envolverem linhagens com alto grau de homozigose. Os efeitos da CEC, quantificados por s_{ij} , indicam as melhores combinações híbridas, mas não especificam qual dos genitores deva ser utilizado como parental feminino ou masculino no cruzamento. Para saber se um dado caráter é controlado somente por genes nucleares ou não, são utilizados os cruzamentos recíprocos, em que um determinado genitor é usado ora como parental masculino, ora como feminino.

Os cruzamentos dialélicos representam uma das técnicas genético-estatísticas mais interessantes utilizadas no melhoramento de milho, dado o grande número de informações genéticas que podem oferecer ao melhorista, com destaque para os dados de capacidade geral (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) (Hallauer e Miranda Filho, 1981; Amaral Junior, 1996; Cruz e Regazzi, 2004; Freitas Junior, 2006).

Além de sua utilidade como indicadores de capacidade combinatória, os dialelos servem também para elucidar questões relacionadas aos mecanismos de herança dos caracteres avaliados. Exemplificando, a detecção de baixa variabilidade entre os híbridos que compartilham o mesmo parental indicaria a predominância de genes de efeito dominante na referida linhagem. Assim, o dialelo é um teste para determinação de capacidade de combinação ou ação gênica, usando-se combinações híbridas entre os genótipos estudados (BORÉM, 1997).

Embora largamente utilizados em milho, o uso de dialelos em milho pipoca é relativamente recente, no Brasil, seja na avaliação de genitores para a formação de compostos ou mesmo para a seleção de híbridos com expressiva heterose (Scapim et al., 2002).

O número de cruzamentos a serem efetuados pode ser considerado a principal restrição à metodologia dialélica, uma vez que mesmo um baixo número de parentais acarreta a tarefa laboriosa de realização de múltiplos cruzamentos a campo (Cruz e Regazzi, 1994; Chaves e Miranda Filho, 1997; Fuzatto, 2003; Freitas Junior, 2006).

Após a introdução dos conceitos de CGC e CEC por Sprague e Tatum (1942) os esquemas de cruzamento dialélicos receberam maior atenção dos pesquisadores.

Entre as metodologias de análise dialélica, a proposta de Griffing (1956) é a mais utilizada, permitindo a obtenção de estimativas da capacidade geral de combinação, além de proporcionar informações sobre a concentração de genes com efeitos predominantemente aditivos. Logo, são de grande utilidade na indicação de genitores a serem utilizados em programas de melhoramento (Cruz e Regazzi, 2001). Assim, uma baixa estimativa de CGC, positiva ou negativa, indica que o valor da capacidade geral de combinação do genitor, obtida com base em suas populações híbridas, não difere muito da média geral da população dialélica.

Com o uso dos métodos de Griffing (1956), obtêm-se os efeitos da CGC e CEC em diversas situações:

Método 1: envolvendo progenitores, F_1 's e recíprocos.

Método 2: envolvendo progenitores e F_1 's.

Método 3: envolvendo F_1 's e recíprocos.

Método 4: envolvendo apenas os híbridos F_1 .

No caso específico do método 2, utilizado no presente trabalho, o emprego de genitores e de seus híbridos F_1 's permite a obtenção de análises de variância nas quais são executados F-testes que decorrem do desdobramento dos possíveis efeitos de CGC e de CEC. Uma vez comprovada a importância de tais efeitos, o melhorista poderá dispor de estimadores apropriados de CGC (g_i) e CEC (s_{ij}), sempre respeitando a especificidade dos parentais e dos híbridos analisados.

Ao contrário da metodologia de Griffing, o método de Gardner e Eberhart (1966) é empregado quando os genitores estão em equilíbrio de Hardy-Weinberg. O método de Gardner e Eberhart propicia um estudo detalhado da heterose, com sua decomposição em vários componentes. Segundo considerações feitas por Miranda Filho e Gorgulho (2001), este método é mais apropriado para o estudo do valor genético dos genitores e seu potencial heterótico em cruzamentos.

3. MATERIAL MÉTODOS

3.1. Material vegetal

Foram selecionadas 8 linhagens S₈ (P1780, P1.3, P3, P4, P7.2, P7.4, P8.1.5 e P8.2) provenientes de autofecundações em plantas derivadas de diferentes origens e que se encontram descritas no Quadro 1.

Quadro 1- Linhagens e suas respectivas populações de origem

Linhagens	População de onde foram extraídas
P1.3	Zélia
P3	CMS42
P4	CMS43
P7.2	UEM-M2
P7.4	UEM-M2
P8.2	Zaeli
P8.1.5	Zaeli
P1780	IAC-112

Fonte: Programa de melhoramento de Milho Pipoca da Universidade Estadual de Maringá - Safra 2006-2007.

Como testemunhas, foram utilizados as seguintes cultivares:

- Zélia – Híbrido triplo desenvolvido pela empresa Pioneer do Brasil.
- IAC-112 – Híbrido simples desenvolvido pelo Instituto Agrônômico de Campinas.

As principais características agrônômicas de cada cultivar encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Características agrônômicas das duas testemunhas de milho pipoca utilizados, em Maringá, Paraná

Característica	IAC 112	Zélia
Ciclo	Precoce	Precoce
Tipo de grão	Pérola	Americano
Altura de planta	Alta	Baixa
Inserção de espiga	Alta	Baixa
Capacidade de expansão	35	35
População (plantas/ha)	60 a 70,000	50 a 55,000
Época de semeadura	set./outubro	set./outubro

Fonte: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo e Instituto Agrônômico de Campinas.

3.2. Obtenção das linhagens e híbridos

As plantas das respectivas progênies S_8 na safra 2008 foram autofecundadas para a obtenção das linhagens S_9 , a fim de obter um maior número de sementes para serem usadas no dialelo.

Para a obtenção dos híbridos, as linhagens foram semeadas em duas linhas de 5m de comprimento, pareadas em todas as combinações possíveis. A semeadura ocorreu na safrinha 2009. Na época do florescimento, foram feitos todos os 36 cruzamentos não recíprocos possíveis, efetuados manualmente por meio de polinização individual.

3.3. Experimentos de campo

A avaliação dos parentais e dos híbridos simples foi conduzida na Fazenda Experimental de Iguatemi - Maringá, PR (UEM), no ano agrícola 2009/2010. O experimento foi instalado em um Latossolo Vermelho distrófico. Alguns dados adicionais sobre a caracterização ambiental estão no Quadro 3.

Quadro 3 - Características geoclimáticas da região de Iguatemi, Maringá –PR

Característica	
Latitude	23°25'S
Longitude	51°57'W
Altitude	550m
Clima (Koppen)	Cwb
Precipitação média anual	1599,4 mm
Temperatura média anual	21,92°C
Média das temperaturas máximas	26,57 °C
Média das temperaturas mínimas	17,26 °C
Umidade relativa do ar	75,06

Fonte: Estação climatológica da UEM e banco de dados climáticos da Fazenda Experimental de Iguatemi, 1993-2009.

3.3.1. Delineamento experimental

O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com 4 repetições. Cada parcela foi representada por uma fileira de 5m de comprimento, com

espaçamento de 0,9m entre fileiras. Nas parcelas, a semeadura foi realizada mantendo-se 0,2m entre covas. Por ocasião da colheita, com uma planta por cova, cada parcela apresentou 25 plantas. Os tratos culturais foram feitos de acordo com a necessidade da cultura e as recomendações para milho pipoca.

Na adubação de semeadura, foi utilizado o formulado 4-14-8 (N, P₂O₅, K₂O), na dose de 215 kg.ha⁻¹. Na adubação de cobertura, foram utilizados sulfato de amônio na dose de 200 kg.ha⁻¹ e cloreto de potássio na dose de 70 kg.ha⁻¹. A cobertura foi dividida em duas etapas, sendo a primeira aos 25 dias após a emergência e a segunda quando as plantas apresentavam oito a dez folhas totalmente expandidas.

3.3.2. Caracteres avaliados

As características mais importantes avaliadas no trabalho foram: rendimento de grãos, capacidade de expansão (CE), altura da planta e altura de inserção da espiga.

3.3.2.1. Rendimento de grãos

O rendimento foi obtido pela pesagem dos grãos debulhados de cada parcela e pela conversão do rendimento de grãos, expresso em kg.ha⁻¹. A debulha das espigas se deu em dois passos. Na primeira etapa, foi retirada de uma amostra de aproximadamente 200 gramas de sementes selecionadas, da parte centro-basal de cada espiga, destinadas à avaliação da capacidade de expansão. Nas espigas restantes realizou-se a debulha por meio de um debulhador elétrico. Logo após, seguiu-se a pesagem e a avaliação da umidade dos grãos de cada parcela.

Os dados referentes à massa de grãos foram corrigidos para uma umidade de 13%. Para isso, utilizou-se a seguinte expressão:

$$P_{13\%} = [PC (1-U)] / 0,87$$

Em que:

P_{13%}= Massa de campo corrigido para 13% de umidade.

PC= Massa observado a campo.

U= Umidade observada durante a pesagem.

3.3.2.2. Capacidade de expansão

Os valores de capacidade de expansão foram obtidos pela razão entre o volume da pipoca expandida e a massa de grãos crus. A avaliação da capacidade de expansão foi efetuada quando a umidade da amostra-piloto atingiu a faixa ideal de 13%. Para que os grãos atingissem essa umidade, foi utilizada uma estufa digital com circulação e renovação de ar (TE-394-3 marca: Tecnal).

Para a avaliação da capacidade de expansão, inicialmente, foi tomada uma amostra de 30g de grãos, medida em balança analítica. A seguir, foi utilizada uma pipoqueira elétrica com controle automático de temperatura, desenvolvida pelo Centro Nacional de Instrumentação Agrícola (EMBRAPA, São Carlos, SP). Cada amostra foi submetida a uma temperatura constante de 280°C, durante 130 segundos. O volume da pipoca expandida foi medido em uma proveta graduada de 2000 mL. A capacidade de expansão foi expressa em mLg⁻¹.

A análise de variância para os caracteres rendimento de grãos e capacidade de expansão deu início à análise estatística dos resultados. Na etapa seguinte, em função do modelo fixo adotado, as comparações de médias foram realizadas pelo teste de agrupamento de médias de Scott & Knott (1974), a 5% de probabilidade. Com base nos resultados da análise de variância, as somas de quadrados de tratamentos foram decompostas em capacidade geral e específica de combinação. Para essa decomposição, foi utilizado o método 2 de GRIFFING (1956), empregado quando o experimento inclui tanto as progênies F₁ como seus parentais.

Os dados foram analisados pelo programa Genes (Cruz, 2001).

3.4. Análise estatística

A análise preliminar de variância supondo o delineamento adotado (blocos casualizados) teve por base o modelo linear:

$$\bar{Y}_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \varepsilon_{ij}.$$

onde:

\bar{Y}_{ij} = valor médio da combinação híbrida ($i \neq j$) ou do genitor ($i = j$).

m = média geral.

g_i, g_j = efeitos da capacidade geral da combinação do i-ésimo ou do j-ésimo genitor, respectivamente.

s_{ij} = efeito da capacidade específica de combinação para os cruzamentos entre os genitores de ordem i e j.

ε_{ij} = erro experimental médio.

A não inclusão dos cruzamentos recíprocos, dentro do dialelo, supôs a nulidade de efeitos maternos, donde $s_{ij} = s_{ji}$.

O esquema da análise de variância e as esperanças dos quadrados médios estão apresentados no Quadro 4.

Quadro 4 - Esquema de análise de variância para o delineamento em blocos casualizados

Fontes de Variação	Graus de liberdade	E (QM)	
Blocos	r-1	$\sigma_e^2 + g\sigma_B^2$	Q ₁
Genótipos	g-1	$\sigma_e^2 + r\sigma_G^2$	Q ₂
Resíduo	(r-1)(g-1)	σ_e^2	Q ₃
Total	gr-1		

O programa Genes foi utilizado para as análises de variância e para os testes de comparação de médias. (Cruz, 2001).

3.5. Análise dialélica

A análise dialélica seguiu os procedimentos indicados no modelo 2 de Griffing (1956). Os cálculos foram realizados com o auxílio do programa Genes.

O Quadro 5 representa o desdobramento da soma de quadrados de tratamentos em capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC), de acordo com a análise de Griffing (1956). O quadrado médio do resíduo, necessário para os cálculos foi proveniente da divisão do quadrado médio experimental pelo número de repetições.

As estimativas de SQ(CG), SQ(CEC), m , g_i , s_{ij} e s_{ii} , foram obtidas de acordo com Cruz e Regazzi (2001).

Quadro 5 - Análise de variância dialélica individual, pelo método 2 de Griffing (1956), envolvendo os pais e os F₁'s não recíprocos

FV	GL	QM	F	EQM
			Fixo	Fixo
CGC	p - 1	QM _G	QM _G /QM _R	$\sigma_e^2 + (p + 2)\phi_g^2$
CEC	p (p-1)/2	QM _S	QM _S /QM _R	$\sigma_e^2 + \phi_s$
Resíduo médio	f	QM _R		σ_e^2

As variâncias dos estimadores dos parâmetros do modelo dialélico foram obtidas por meio das expressões contidas no Quadro 6.

Quadro 6 - Equações para a quantificação dos efeitos ou contrastes de CGC e CEC pelo método 2 de Griffing (1956).

Efeitos ou contrastes	Variância ¹
Média	2 / p(p+1)
Variância \hat{g}_i	(p-1) / p(p+2)
Variância $\hat{g}_i - \hat{g}_j$	2 / (p+2)
Variância \hat{s}_{ij}	p(p-1)/[(p+1)(p+2)]
Variância ($\hat{s}_{ij}-\hat{s}_i$)	2(p-2)/(p+2)
Variância ($\hat{s}_{ij}-\hat{s}_{ik}$)	2 (p+1)/ (p+2)
Variância ($\hat{s}_{ij}-\hat{s}_{km}$)	2p/ (p+2)

¹ - Multiplicar por σ_e^2

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste trabalho, foram avaliadas várias características (altura de planta e altura de espiga, rendimento de grãos e capacidade de expansão). No entanto, será enfatizada somente a análise dos atributos mais importantes para milho pipoca, ou seja, rendimento de grãos e capacidade de expansão.

4.1. Análises de variância

O Quadro 7 contém os resultados da análise de variância para rendimento de grãos do experimento global, contendo todos os tratamentos, incluindo as duas testemunhas comerciais.

Quadro 7 - Análise de variância da característica rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

F.V	G.L	Q.M.	F	Probabilidade
Blocos	3	310198,11		
Tratamentos	37	5085270,89	15,75	0,0
Genótipos	35	5348975,81	16,57	0,0
Testemunha	1	863428,75	2,67	0,10
G vs Test.	1	77440,96	0,24	100,0
Resíduo	111	322854,91		
Total	51			
Média geral	3076,38			
Média genótipos	3071,05			
Média testemunha	3172,14			
CV(%)	18,47			

A análise de variância referente ao rendimento de grãos (Quadro 7) permitiu constatar diferenças altamente significativas entre as médias de tratamentos, com exceção das testemunhas, que não diferiram entre si.

O Quadro 8 contém os resultados da análise de variância para capacidade de expansão, a partir do experimento contendo todos os tratamentos, incluindo as duas testemunhas comerciais.

A análise de variância referente à capacidade de expansão (Quadro 8) permitiu detectar diferenças significativas entre médias de tratamentos, incluindo a diferença entre as médias das testemunhas.

Quadro 8 - Análise de variância para a capacidade de expansão (mLg⁻¹)

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
Blocos	3	5,83		
Tratamentos	37	91,13	5,97	0,0
Genótipos	35	90,46	5,93	0,0
Testemunha	1	114,16	7,48	0,007
G vs Test.	1	91,70	6,01	0,016
Resíduo	111	1693,49	15,26	
Total	151	5082,85		
Média geral	25,74			
Média genótipos	25,92			
Média testemunha	22,44			
CV(%)	15,18			

Os Quadros 9 e 10 contêm os resultados da análise de variância para rendimento de grãos e capacidade de expansão, respectivamente, considerando somente os dados dos híbridos experimentais, ou seja, sem a inclusão dos parentais e testemunhas comerciais.

Quadro 9 - Análise de variância para rendimento de grãos, considerando somente os híbridos experimentais

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
BLOCOS	3	328562,01		
TRATAMENTOS	27	2950930,79	9,59	.0
RESÍDUO	81	307572,08		
TOTAL	111			
MÉDIA	3510,37			
CV(%)	15,80			

Quadro 10 - Análise de variância para capacidade de expansão, considerando somente os híbridos experimentais

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
Blocos	3	3,41		
Tratamentos	27	62,27	5.27	,0
Resíduo	81	11,83		
Total	111			
Média	25,95			
CV(%)	13,25			

Em função das análises anteriores (Quadros 7 e 8), conforme esperado, foram constatadas diferenças altamente significativas entre médias de híbridos

experimentais, tanto para rendimento como para capacidade de expansão. No entanto, os valores dos coeficientes de variação genética permitem verificar que as diferenças em rendimento foram relativamente mais acentuadas do que as diferenças em capacidade de expansão.

4.2. Testes de médias

A comparação de médias de tratamentos possui grande utilidade na análise de híbridos experimentais e seus parentais, com ou sem a presença de testemunhas comerciais. A separação de médias de rendimento de grãos segundo o método de Scott-Knott encontra-se no Quadro 11. Pode ser observado que quatro híbridos experimentais superam o rendimento das testemunhas: P1.3 x P3, P3 x P4, P3 x P7.4 e P1.3 x P8.2.

Scott-Knott (Quadro 12), de acordo com os resultados obtidos pela aplicação do teste, foi verificada a superioridade da capacidade de expansão dos híbridos experimentais somente em relação à pior testemunha (IAC-112). Apesar da ausência de significância, é interessante ressaltar, porém, a magnitude relativamente grande da diferença entre a expansão do melhor híbrido e a expansão da melhor testemunha ($34,1 - 26,2 = 7,9$).

O Quadro 13 contém os resultados do teste de Scott-Knott para o rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), considerando somente os dados dos híbridos experimentais. Podem ser observadas três classes de agrupamento dos materiais, a primeira delas contendo 20 materiais tidos como equivalentes, apesar da grande amplitude entre os extremos ($1549 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). É importante também verificar a grande diferença entre o pior híbrido e o último colocado do segundo grupos ($1156 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Tal diferença sugere que a inferioridade do híbrido P1780 x P3 possa trazer um forte impacto negativo não só sobre a magnitude da estimativa de capacidade geral de combinação dos seus parentais, como também sobre o sinal (negativo ou positivo) de g_i e g_j . Esse impacto é particularmente expressivo em dialelos pequenos, ou seja, constituídos por um baixo número de parentais.

Quadro 11 - Resultados do teste de Scott-Knott para rendimento de grãos (kg.ha⁻¹), considerando todos os tratamentos experimentais

Tratamento	Média	Grupo
P1.3 x P3	5371,73	a
P3 x P4	4649,73	b
P3 x P7.4	4579,15	b
P1.3 x P8.2	4188,05	b
P7.2 x P8.1.5	3970,64	c
P7.4 x P8.2	3924,96	c
P1.3 x P7.2	3877,82	c
P4 x P7.2	3809,27	c
P1780 x P1.3	3802,90	c
P4 x P8.1.5	3773,94	c
P4 x P8.2	3761,11	c
P7.4 x P8.1.5	3714,42	c
P1.3 x P8.1.5	3627,33	c
P7.2 x P8.2	3555,01	c
P1780 x P8.1.5	3551,03	c
P1.3 x P4	3527,09	c
P1780 x P7.2	3517,86	c
IAC-112	3500,66	c
P3 x P8.2	3495,76	c
P1780 x P7.4	3484,7	c
P3 x P7.2	3390,53	c
P8.1.5 x P8.2	3367,57	c
P1780 x P8.2	3308,05	c
P3 x P8.1.5	3223,40	c
P1.3 x P7.4	2926,45	c
P1780 x P4	2904,69	c
Zélia	2843,61	c
P7.2 x P7.4	2590,91	d
P8.1.5	2440,57	d
P3	2089,59	d
P7.2	2016,73	d
P4 x P7.4	1561,63	e
P8.2	1415,86	e
P1780	1327,06	e
P4	1286,58	e
P1.3	1107,83	e
P1780 x P3	834,66	e
P7.4	583,37	e

Quadro 12 - Resultados dos teste de Scott-Knott para a capacidade de expansão, considerando todos os tratamentos experimentais

Tratamento	Média	Grupo
P1780 x P7.2	34,12	a
P1.3	31,33	a
P1780	30,88	a
P1.3 x P7.2	30,88	a
P7.2	30,66	a
P1780 x P7.4	30,66	a
P3	30,00	a
P3 x P7.4	30,00	a
P1.3 x P7.4	30,00	a
P7.4 x P8.1.5	29,78	a
P7.4 x P8.1.5	29,66	a
P1780 x P8.1.5	29,66	a
P1.3 x P8.1.5	28,88	a
P1.3 x P4	28,16	a
P1780 x P8.2	27,55	a
P1780 x P3	27,33	a
P8.1.5 x P8.2	27,11	a
P8.2	26,49	a
P8.1.5	26,33	a
Zélia	26,22	a
P7.2 x P7.4	25,88	a
P3 x P8.1.5	24,83	b
P1.3 x P8.2	24,44	b
P1.3 x P3	24,44	b
P7.4 x P8.2	24,16	b
P1780 x P1.3	24,11	b
P3 x P4	23,88	b
P4 x P7.2	23,77	b
P3 x P7.2	23,70	b
P4 x P8.2	22,22	b
P1780 x P4	21,83	b
P4 x P8.1.5	21,55	b
P4	20,66	b
P4 x P7.4	20,66	b
P7.2 x P8.2	19,99	b
IAC-112	18,66	b
P3 x P8.2	17,41	b
P7.4	10,11	c

Quadro 13 - Resultados do teste de Scott-Knott para o rendimento de grãos (kg.ha⁻¹), considerando somente os dados dos híbridos experimentais

Tratamento	Média	Grupo
P1.3 x P3	4690,42	a
P3 x P4	4649,73	a
P3 x P7.4	4190,1	a
P7.4 x P8.1.5	4104,08	a
P7.4 x P8.2	3924,96	a
P1.3 x P7.2	3877,82	a
P4 x P7.2	3809,27	a
P7.2 x P8.2	3555,01	a
P1780 x P8.1.5	3551,03	a
P4 x P8.2	3543,53	a
P1.3 x P4	3527,09	a
P1780 x P7.2	3517,86	a
P3 x P8.2	3495,76	a
P7.2 x P8.1.5	3461,71	a
P4 x P8.1.5	3430,77	a
P3 x P7.2	3390,53	a
P1780 x P1.3	3345,85	a
P1.3 x P8.1.5	3312,35	a
P1780 x P8.2	3308,05	a
P1.3 x P8.2	3141,04	a
P1780 x P7.4	2955,32	b
P1.3 x P7.4	2926,45	b
P1780 x P4	2904,69	b
P8.1.5 x P8.2	2830,07	b
P3 x P8.1.5	2805,64	b
P7.2 x P7.4	2590,91	b
P4 x P7.4	2108,61	b
P1780 x P3	952,39	c

O Quadro 14 contém os resultados do teste de Scott-Knott para a capacidade de expansão, considerando somente os dados dos híbridos experimentais. Houve uma subdivisão dos híbridos em dois grandes grupos. O primeiro grupo parece ser relativamente uniforme, mas é integrado tanto por híbridos de expansão aceitável como também por materiais cuja capacidade de expansão é inferior a 25, ou seja, híbridos cuja qualidade seja insuficiente para o seu enquadramento como tipo I, de acordo com a classificação do Ministério da Agricultura. É possível ainda observar uma possível correlação negativa entre o rendimento de grãos e a capacidade de expansão no caso específico do híbrido P1780 x P3, o qual teve baixo rendimento (Quadro 13), mas, por outro lado, ficou situado entre os genótipos de maior capacidade de expansão (Quadro 14).

Quadro 14 - Resultados do teste de Scott-Knott para capacidade de expansão, considerando somente os dados dos híbridos experimentais

Tratamento	Média	Grupo
P1780 x P7.4	30,66	a
P1780 x P7.2	30,41	a
P1.3 x P6	29,99	a
P1780 x P3	28,83	a
P7.2 x P8.1.5	28,16	a
P1.3 x P4	28,16	a
P1780 x P1.3	28,08	a
P3 x P7.4	26,83	a
P1.3 x p7.2	26,83	a
P7.4 x P8.1.5	26,23	a
P8.1.5 x P8.2	25,83	a
P1.3 x P8.1.5	25,66	a
P1780 x P8.1.5	25,58	a
P3 x P8.1.5	24,83	a
P7.2 x P7.4	24,23	a
P7.4 x P8.2	24,16	a
P3 x P7.2	23,70	a
P1780 x P8.2	23,66	a
P1.3 x P3	22,83	b
P1780 x P4	21,83	b
P3 x P4	21,08	b
P4 x P7.2	20,99	b
P4 x P8.2	20,33	b
P7.2 x P8.2	19,99	b
P4 x P7.4	19,66	b
P4 x P8.1.5	18,66	b
P3 x P8.2	17,41	b
P1.3 x P8.2	16,16	b

A análise global dos resultados sugere, portanto, que o programa de melhoramento de milho pipoca conduzido na UEM disponha de materiais promissores, tanto para rendimento de grãos como para capacidade de expansão.

4.3. Análise dialélica

Uma vez concluídas as etapas preliminares de análise estatística e confirmadas as diferenças entre os genótipos quanto aos caracteres de interesse,

é oportuna a avaliação de aspectos genéticos inerentes ao rendimento e à qualidade do milho pipoca, com o emprego do modelo dialélico apropriado.

O Quadro 15 contém os resultados da análise dialélica de variância para rendimento de grãos, de acordo com o modelo 2 de Griffing. Considerando o modelo fixo, pode ser verificada a alta significância tanto do efeito de capacidade geral como para o efeito da capacidade específica de combinação.

Quadro 15 - Resultados da análise dialélica de variância para rendimento de grãos, de acordo com o modelo 2 de Griffing

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
Tratamento	35	5348976,93	18,68	.
C.G.C	7	1130519,45	3,95	0,0007
C.E.C	28	6403591,30	22,36	.
Resíduo	105	286328,83		
Média Geral	3071,06			
VAR (Média)	1988,39			

Componentes	MOD.FIXO
C.G.C	21104,765364
C.E.C	1529315,617364
Resíduo	286328,830574

VAR (CGC)	8235406857,35465
VAR (CEC)	733811274112,512179
VAR (RES)	1561603794,626179

Em termos práticos, a significância da capacidade geral de combinação indica que seria vantajosa a seleção de parentais com base no mérito de seus gametas, ou seja, com base na exploração dos efeitos aditivos presentes nos locos que controlam o rendimento.

Em termos teóricos, considerando o modelo linear $Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + \epsilon_{ij}$, a significância dos efeitos da capacidade geral de combinação indica que os valores de g_i e g_j são importantes para totalizar Y_{ij} , na medida em que g_i e g_j passam a justificar parcialmente, em maior ou menor grau, o desempenho do

híbrido formado pelo cruzamento da i-ésima com a j-ésima linhagem. No modelo fixo, essa significância pode indicar também que os parentais diferem quanto aos seus respectivos valores de g_i ou de g_j dentro do dialelo.

A diferença entre os componentes quadráticos (21104.77 para CGC e 1529315.62 para CEC) demonstra que a importância das ações gênicas não aditivas na herança do rendimento de grãos foi bem maior do que a verificada para a aditividade.

O Quadro 16 contém os valores estimados de g_i (g_1, g_2, \dots, g_8). É possível observar que, das oito linhagens parentais, três delas apresentam valores negativos de g_i e cinco, obviamente, valores positivos. Em função da restrição do modelo ($\sum g_i=0$), esse desequilíbrio (de cinco para três) faz com que alguns valores negativos de g_i tenham grande magnitude.

Ainda pelo Quadro 16, pode ser observado que os genitores P1780 e P8.2 tiveram baixos valores de CGC, ao contrário dos parentais P1.3 e P7.2 que se destacaram positivamente. Em relação ao parental P1780, esse resultado vem ao encontro do esperado com base em seu baixo rendimento de grãos quando cruzado com a linhagem P3 (Quadro 13), conforme observação no item anterior deste trabalho. Os resultados indicam também que, se fossem desprezíveis os efeitos não aditivos, o melhor híbrido deveria ser formado pelas linhagens P1.3 e P7.2. Isso, porém, não ocorre no presente dialelo, na medida em que o híbrido P1.3 x P7.2 ($3877 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) produziu menos que vários outros materiais (Quadros 11 e 13), sendo superado, por exemplo, pelos híbridos P1.3 x P3 ($5372 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), P3 x P4 ($4650 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) e 3 x 6 ($4579 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$). Há indícios, portanto, de efeitos significativos de capacidade específica de combinação.

Os resultados do Quadro 15 apontam também para uma alta significância do efeito de capacidade específica de combinação para rendimento de grãos. Tal significância explica a inferioridade do híbrido P1.3 x P7.2 frente a vários outros. Tal explicação se baseia na pressuposição de que, no presente caso, o coeficiente s_{ij} tenha sido relativamente importante para constituir Y_{ij} , de tal modo que nem sempre a qualidade gamética dos parentais se expressa na superioridade de seus híbridos. É por isto que, neste caso, parentais com alta CGC podem eventualmente produzir híbridos inferiores e vice-versa. Em termos de ação gênica, o desempenho do híbrido Y_{ij} não dependerá somente das

capacidades combinatórias de seus parentais (g_i e g_j), mas também de interações alélica e não alélicas relacionadas aos locos que controlam o caráter.

Os comentários acima se referem à própria concepção da capacidade específica, encarada como reflexo de desvios, positivos ou negativos, da capacidade geral de combinação (Hallauer e Miranda Filho, 1981; Cruz e Regazzi, 1997).

Quadro 16 - Efeito da capacidade geral de combinação para a característica rendimento de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$)

Efeito	Estimativa
G(P1780)	-340,38585
G(P1.3)	233,59975
G(P3)	47,86185
G(P4)	38,14155
G(P7.2)	125,17245
G(P7.4)	2,38495
G(P8.1.5)	-19,55135
G(P8.2)	-87,22335
DP(G_i)	79,141918
DP($G_i - G_j$)	119,651333
Componentes	Mod.Fixo
C.G.C	5,899454
C.E.C	8,839494
RESÍDUO	14,973111
VAR(CGC)	45,435599
VAR(CEC)	49,506402
VAR(RES)	4,270363

É interessante ter em conta que há pelo menos duas formas de interpretar a significância da CEC. Em termos genéticos, a significância dos efeitos de CEC indica que, na herança do caráter, parte da variação se deve à manifestação de ações gênicas não aditivas, ou seja, à presença de dominância e epistasia. Por outro lado, em termos práticos, um técnico de campo pode encarar a significância da CEC como um indicativo de mais trabalho a ser feito, dada à necessidade de realização de cruzamentos entre aqueles parentais que haviam sido previamente definidos com base em suas altas capacidades combinatórias.

A diferença entre os componentes quadráticos para a capacidade de expansão 5.899454 para CGC e 8.845 para CEC, Quadro 16, demonstra a maior

importância das ações gênicas não aditivas na herança da capacidade de expansão. No entanto, a diferença a favor da CEC sobre a CGC foi proporcionalmente inferior à verificada para rendimento de grãos.

Estudos de herança permitem concluir que os efeitos genéticos aditivos geralmente representam o principal componente de variação genética para a capacidade de expansão. Em alguns casos, os efeitos de dominância contribuíram para a herança do caráter, mas os efeitos epistáticos não foram significativos (Dofing et al. ,1991; Pereira e Amaral Junior, 2001). Lysterly (1942) demonstrou resultados semelhantes ao observar a obtenção de híbridos.

O Quadro 17 apresenta os valores dos coeficientes s_{ij} referentes à capacidade específica de combinação para rendimento de grãos. Os maiores valores positivos de s_{ij} foram observados nos híbridos P1.3 x P3, P3 x P4, P3 x P7.4 e P1.3 x P8.2, enquanto os menores valores foram verificados nos cruzamentos P1780 x P3, P4 x P7.4, P7.2 x P7.4 e P1.3 x P7.4.

Segundo Cruz e Regazzi (1997), normalmente, interessam ao melhorista as combinações híbridas com estimativas de capacidade específica de combinação mais favorável, que envolvam pelo menos um dos progenitores que tenha apresentado o mais favorável efeito da capacidade geral de combinação. Nesse sentido, os resultados deste trabalho permitem observar que as linhagens P1.3 e P3 freqüentemente tomaram parte na formação de híbridos de alta CEC para rendimento de grãos. Cumpre ressaltar também que a linhagem P7.2 participou da formação de vários híbridos inferiores em CEC. No presente trabalho não se observou uma participação mais intensa de linhagens de alta CGC entre os materiais formadores dos híbridos de maior CEC, mesmo porque a linhagem P3 não teve alta CGC. Da mesma forma, não ocorreu uma freqüente participação de linhagens de baixa CGC na formação de híbridos com reduzida CEC, caso, por exemplo, da linhagem P7.2 que não manifestou uma alta capacidade geral de combinação. Da mesma forma, não foi particularmente grande a participação de linhagens de baixa CGC, mas precedida de sinal positivo.

Quadro 17 - Efeito da capacidade específica para rendimento de grãos (kg.ha⁻¹)

Efeito	Estimativa	Heterose	Heterose(%)
S(P1780, P1780)	-974,4218	.	.
S(P1780, P1.3)	838,6336	2431,443	177,288656
S(P1780, P3)	-1943,8665	-516,5545	-38,228763
S(P1780, P4)	135,8828	1188,4	69,242216
S(P1780, P7.2)	662,0219	1765,1375	100,708097
S(P1780, P7.4)	751,6454	1556,484	80,721454
S(P1780, P8.1.5)	839,9167	2289,1895	181,41599
S(P1780, P8.2)	664,6097	2308,44	230,932678
S(P1.3, P1.3)	-2211,197	.	.
S(P1.3, P3)	2019,2159	4064,9155	311,054566
S(P1.3, P4)	184,2982	1855,203	110,964285
S(P1.3, P7.2)	447,9953	2169,4985	126,995691
S(P1.3, P7.4)	-380,5942	1042,632	55,346865
S(P1.3, P8.1.5)	342,2231	2409,8835	197,946229
S(P1.3, P8.2)	970,6221	3232,84	338,441438
S(P3, P3)	-1880,2022	.	.
S(P3, P4)	1492,6701	2998,0775	181,519982
S(P3, P7.2)	146,4372	1702,443	100,850609
S(P3, P7.4)	1457,8467	2715,5755	145,718723
S(P3, P8.1.5)	124,035	2026,198	169,244314
S(P3, P8.2)	464,066	2560,7865	273,888672
S(P4, P4)	-1130,6126	.	.
S(P4, P7.2)	574,8965	1756,1075	85,531999
S(P4, P7.4)	-1549,956	-667,022	-29,929446
S(P4, P8.1.5)	684,2923	2211,6605	141,566431
S(P4, P8.2)	739,1413	2461,067	189,305856
S(P7.2, P7.2)	-1231,8094	.	.
S(P7.2, P7.4)	-607,7029	325,8295	14,384897
S(P7.2, P8.1.5)	793,9624	2371,929	148,365182
S(P7.2, P8.2)	446,0084	2218,5325	165,99812
S(P7.4, P7.4)	-635,2554	.	.
S(P7.4, P8.1.5)	660,5299	1940,2195	109,35746
S(P7.4, P8.2)	938,7419	2412,989	159,592386
S(P8.1.5, P8.1.5)	-1924,1238	.	.
S(P8.1.5, P8.2)	403,2882	2521,9695	298,246333
S(P8.2, P8.2)	2313,2388	.	.
DP(Sii)		211,045114	
DP(Sij)		242,603549	
DP(Sii - Sjj)		293,084713	
DP(Sij - Sik)		358,954	
DP(Sij - Skl)		338,425076	

Segundo Cruz e Regazzi (1997), os valores de s_{ij} tem grande significado genético, tanto no seu sinal quanto na sua magnitude.

No presente estudo, todos os parentais apresentaram valores negativos de s_{ij} (Quadro 17), indicando a existência de desvios da dominância unidirecional e, conseqüentemente, uma manifestação de heterose positiva nas combinações híbridas de progenitores divergentes.

Quanto à magnitude, a linhagem P7.4 superou todas as demais, sendo seguida por um grupo envolvendo 3 linhagens: P1780, P4 e P7.2. O grupo intermediário foi formado pelas linhagens P3 e P8.1.5. O último grupo foi formado pelas linhagens P1.3 e P8.2, ressaltando a não significância da diferença entre as linhas P8.15 e P1.3. Considerando que o valor absoluto de s_{ij} é um indicativo da divergência genética do progenitor i em relação à média dos outros progenitores considerados no dialelo, a linhagem P7.4 teve um desempenho mais próximo ao desempenho médio dos outros parentais. Da mesma forma, o parental P8.2 foi o que mais diferiu da média dos demais progenitores. Assim, o maior valor absoluto de s_{ij} verificado na linhagem P8.2 indica que tal linhagem é a que apresenta maior heterose varietal, ou seja, heterose inerente à cultivar, manifestada em seus híbridos.

A capacidade de expansão do milho pipoca merece tanta atenção quanto o rendimento de grãos, uma vez que está diretamente relacionada ao potencial de comercialização do produto (Brunson, 1931; Zinsly e Machado, 1978; Nobre et al., 2000).

O Quadro 18 contém os dados da análise de variância dialélica para capacidade de expansão. Os valores significativos de F indicaram a importância tanto dos efeitos de capacidade geral como dos efeitos de capacidade específica de combinação.

As linhagens P1.3 e P8.1.5 apresentaram os maiores valores de CGC para capacidade de expansão (Quadro 19), não diferindo entre si. Os valores mais baixos de g_i foram detectados nos progenitores P8.2 e P3, sendo P8.2 inferior a P3. Isso significa que as linhagens P1.3 e P8.1.5 podem contribuir positivamente para a qualidade dos híbridos a serem desenvolvidos pelo programa de melhoramento de milho pipoca da UEM. A linhagem P1.3, em particular, merece especial atenção porque, além de sua alta capacidade geral de combinação para o caráter capacidade de expansão, ela também foi destaque por

seu g_i em rendimento de grãos (Quadro 16), associando, portanto, as duas virtudes básicas para qualquer genitor de elite num programa de melhoramento de pipoca. Esse não foi o caso da linhagem P8.1.5, que deixou a desejar em sua CGC para o rendimento de grãos. Com relação aos parentais P3 e P8.2, eles dificilmente integrariam um grupo de linhagens elite, pois ambos tiveram baixa CGC para expansão, além de uma baixa CGC para rendimento de grãos. Contudo, cumpre salientar que a estimação de g_i de cada material depende da constituição genética dos parentais que participam do dialelo em questão. Logo, os genitores P3 e P8.2 poderiam ter melhor comportamento quando intercruzados com outras linhagens.

Quadro 18 - Resultado da análise dialélica de variância para a capacidade de expansão (gmL^{-1})

F.V.	G.L.	Q.M.	F	Probabilidade
TratamentO	35	90,46	6,04	.
C.G.C	7	250,95	16,76	.
C.E.C	28	50,33	3,36	.
Resíduo	105	14,97		
Média geral	25,919722			
VAR(MÉDIA)	.10398			

Quadro 19 - Efeito da capacidade geral de combinação para a capacidade de expansão

Efeito	Estimativa
G(P1780)	1,49525
G(P1.3)	1,93925
G(P3)	-2,03675
G(P4)	-.98875
G(P7.2)	1,48325
G(P7.4)	1,04025
G(P8.1.5)	2,08425
G(P8.2)	-5,01675
DP(G_i)	0,572308
DP($G_i - G_j$)	0,865249

O Quadro 20 apresenta os valores de s_{ii} , de s_{ij} e de heterose relacionados à capacidade de expansão dos híbridos experimentais.

Quadro 20 - Efeito da capacidade específica para a variável capacidade de expansão

Efeito	Estimativa	Heterose	Heterose(%)
S(P1780, P1780)	-2,4202		
S(P1780, P1.3)	-5,2442	-4,575	-15,949102
S(P1780, P3)	1,9518	3,755	15,92789
S(P1780, P4)	-4,5962	-6,745	-23,604549
S(P1780, P7.2)	5,2118	5,865	20,764737
S(P1780, P7.4)	2,2048	4,25	16,092389
S(P1780, P8.1.5)	,1608	,75	2,594258
S(P1780, P8.2)	5,1518	9,25	50,546448
S(P1.3, P1.3)	1,0818		
S(P1.3, P3)	-1,3822	-5,16104	-1,3822
S(P1.3, P4)	1,2898	-2,61	-8,482288
S(P1.3, P7.2)	1,5378	,44	1,445466
S(P1.3, P7.4)	1,100778	1,395	4,87677
S(P1.3, P8.1.5)	-1,0632	-2,225	-7,153191
S(P1.3, P8.2)	1,5978	3,945	19,248597
S(P3, P3)	-1,1862		
S(P3, P4)	9858	-1,78	-6,936867
S(P3, P7.2)	-1,6662	-1,63	-6,435057
S(P3, P7.4)	5,076778	6,505	27,686742
S(P3, P8.15)	-1,1372	-1,165	-4,481631
S(P3, P8.2)	-1,4562	2,025	13,162171
S(P4, P4)	6,7178		
S(P4, P7.2)	-2,6442	-6,56	-21,62875
S(P4, P7.4)	-5,3112	-7,835	-27,496052
S(P4, P8.1.5)	-5,4652	-9,445	-30,472657
S(P4, P8.2)	2,3058	1,835	9,001717
S(P7.2, P7.2)	1,113778		
S(P7.2, P7.4)	-2,5632	-2,285	-8,112906
S(P7.2, P8.1.5)	0,2828	-,895	-2,918637
S(P7.2, P8.2)	-2,386222	-,055	-,274246
S(P7.4, P7.4)	-1,6702		
S(P7.4, P8.1.5)	0,6158	0,83	2,878946
S(P7.4, P8.2)	2,2168	5,94	32,601537
S(P8.1.5, P8.1.5)	1,2418		
S(P8.1.5, P8.2)	4,1228	6,39	30,839768
S(P8.2, P8.2)	-5,7762		
DP(Sii)	1,526155		
DP(Sij)	1,754368		
DP(Sii - Sjj)	2,119418		
DP(Sij - Sik)	2,595747		
DP(Sij - Skl)	2,447293		

Ao contrário do verificado para rendimento de grãos, onde todos os valores de s_{ij} foram negativos, pode-se observar, para a capacidade de expansão, a presença tanto de valores positivos quanto de valores negativos de s_{ij} . Isso significa que o desempenho heterótico das linhagens parentais pode variar, ou seja, é possível que nem todas as linhagens divergentes usadas como progenitores tenham heterose positiva em suas combinações híbridas.

Ainda pelo Quadro 20 podem ser observados os valores de s_{ij} , com destaque para a superioridade de CEC dos híbridos P1780 x P7.2, P3 x P7.4 e P8.1.5 x P8.2, e para a inferioridade de CEC dos cruzamentos P4 x P8.1.5, P4 x P7.4 e P1780 x P1.3. Entre os híbridos de maior CEC para a expansão da pipoca, somente o cruzamento P3 x P7.4 mereceu igual destaque em sua CEC para rendimento de grãos. A observação dos valores de rendimento e de expansão dos parentais P3 e P7.4 *per se* sugere que a linhagem P7.4 tenha propiciado uma maior contribuição do que a linhagem P3 aos méritos fenotípicos do híbrido entre ambas. Contudo, é interessante ressaltar que nenhuma das duas genitoras se destaca por sua CGC, em ambos os caracteres (Quadros 16 e 19).

Considerando as linhagens parentais que constituem os híbridos de maior s_{ij} (Quadro 20), é possível verificar que a linhagem P8.1.5 é a única que se destacou em CGC para pelo menos um caráter (no caso, CGC para capacidade de expansão - Quadro 19). Não houve, portanto, praticamente nenhuma relação entre o mérito combinatório dos parentais e a magnitude dos desvios de g_i e g_j nos híbridos avaliados, a exemplo do observado na análise do rendimento de grãos.

Os quadros 17 e 20 apresentam os valores de heterose para rendimento e expansão. Os valores de heterose para rendimento de grãos variaram de -38 a 338%, com média de 146%. Já a amplitude heterótica para a capacidade de expansão esteve entre -30 e 32%, com grande frequência de valores negativos e valores próximos a zero. Os resultados coincidem com os de Larish e Brewbaker (1999), que detectaram heterose positiva para rendimento de grãos e heterose negativa para capacidade de expansão em ambos os dialelos que conduziram em seu estudo. Baixos valores de heterose para CE são frequentes na literatura (Andrade, 1996) e decorrem da grande predominância de efeitos aditivos na herança da capacidade de expansão, ao contrário da influência significativa

exercida pelos mecanismos não aditivos na herança do caráter rendimento de grãos.

A observação de uma possível relação entre a genealogia dos parentais e o valor de s_{ij} de seus respectivos híbridos, seja para rendimento, seja para a capacidade de expansão, permitiu constatar que, em geral, os maiores valores de CEC foram detectados nos cruzamentos envolvendo linhagens de diferentes origens. Exemplificando, para rendimento de grãos, os híbridos de maior CEC foram P1.3 x P3 (originados de Zélia e de CMS42), P3 x P4 (provenientes de CMS42 e CMS43), P3 x P7.4, (oriundos de CMS42 e UEM-M2) e P1.3 x P8.2 (originados de Zélia e Zaeli, respectivamente).

Uma das peculiaridades do milho pipoca se refere à dupla seleção praticada nos programas de melhoramento. Na medida em que cabe ao melhorista contemplar tanto rendimento de grãos quanto a capacidade de expansão, é de suma importância verificar a ocorrência de alguma correlação entre ambos os atributos.

Caso ocorra, a correlação entre rendimento e expansão pode ser positiva (Nobre et al, 2000, Carpentieri-Pípolo, 2002; Arnhold et al., 2006) ou negativa (Granate et al, 2002; Daros et al, 2004). A relação maior ou menor entre o rendimento de grãos e a capacidade de expansão pode tornar vantajosa a utilização de índices de seleção que contemplem ponderadamente ambos os caracteres. Podem, ainda, sugerir que, em determinados germoplasmas, os melhores híbridos de milho pipoca sejam obtidos após uma criteriosa seleção das linhagens parentais, baseada em suas médias e em seus estimadores de capacidade geral de combinação, para ambos os caracteres, seguida pelo intercruzamento das linhagens com maior capacidade de expansão e rendimento de grãos. No presente trabalho, os resultados globais de rendimento e expansão não estiveram fenotipicamente correlacionados ($r = 0,13$).

5. CONCLUSÕES

A avaliação de linhagens endogâmicas de milho pipoca e de seus respectivos híbridos experimentais gerou informações importantes sobre o germoplasma estudado.

As médias de rendimento e de capacidade de expansão dos melhores híbridos experimentais superaram as médias das testemunhas comerciais.

Os efeitos de capacidade geral e de capacidade específica de combinação foram altamente significativos.

Os maiores valores de g_i para rendimento de grãos, indicando maior capacidade geral de combinação, foram detectados nas linhagens P1.3 e P7.2. Os híbridos de maior capacidade específica de combinação foram P1.3 x P3, P3 x P4, P3 x P7.4 e P1.3 x P8.2.

Para a capacidade de expansão, os maiores valores de g_i , indicando maior capacidade geral de combinação, foram detectados nas linhagens P1.3 e P8.1.5. Os híbridos de maior capacidade específica de combinação foram P1780 x P7.2, P1780 x P8.2, P3 x P7.4 e 7 x 8 P8.1.5 x P8.2.

Em geral, os maiores valores de s_{ij} foram detectados nos cruzamentos envolvendo linhagens de diferentes origens.

6. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALEXANDER, D.E.; CREECH, R.G. Breeding special industrial and nutritional types. In: SPRAGUE, G.F.; FUCCILLO, D.A. (eds.). **Corn and corn improvement**, 18:363-386, 1977.

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. New York: John Wiley & Sons, 1999. 254p.

AMARAL JUNIOR, A.T. **Análise dialélica de betacaroteno, vitamina C, sólidos solúveis e produção e variabilidade em cultivares de tomateiro (*Lycopersicon esculentum* MILL) via marcadores RAPD**. 1996. 198p. UFV, Viçosa. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento).

ANDRADE, R.A. **Cruzamentos dialélicos entre seis variedades de milho-pipoca**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa 1996. 56p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento).

ARNHOLD, E.; MORA, F.; DEITOS, A. Genetic correlations in S4 families of popcorn (*Zea mays*). **Ciencia e Investigación Agraria**, 33:105-110, 2006.

BERNARDO, R. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. **Theoretical and Applied Genetics**, 82:17-21, 1991.

BORÉM, A. **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV. 1997. 574p.

BRUNSON, A.M. Popcorn selection for added popping expansion would pay large growers. **Yearbook of Agriculture**, 16:441-443, 1931.

BRUNSON, A.M.; SMITH, G.M. Hybrid popcorn. **Journal of the American Society of Agronomy**, 37:176-183, 1945.

BRUNSON, A.M. Pop corn. In: SPRAGUE, G.F.(ed.). **Corn and corn improvement**. New York: Academic Press, 1955. p. 423-439.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; TAKAHASHI, H.W.; ENDO, R.M.; PETEK, M.R.; SEIFERT, A.L. Correlações entre caracteres quantitativos em milho pipoca. **Horticultura Brasileira**, 20:551-554, 2002.

CARVALHO, A.D.F. **Capacidade de combinação de linhagens parcialmente endogâmicas obtidas de híbridos comerciais de milho**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2004. 66p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

CHAVES, L.J.; MIRANDA FILHO, J.B. Predicting variety composite means without diallel crossing. **Brazilian Journal of Genetics**, 20:501-506, 1997.

COIMBRA, R.R. **Seleção entre famílias de meios-irmãos da população DFT-1 Ribeirão de milho-pipoca**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2000. 54p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento).

COIMBRA, R.R.; MIRANDA, G.V.; VIANA, J.M.S.; CRUZ, C.D. Correlações entre caracteres na população de milho-pipoca DFT-1 Ribeirão. **Revista Ceres**, 48:427-435, 2001.

CRUZ, C.D. **Programa Genes (Versão Windows)**: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV. 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1994. 390p.

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

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

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Imprensa Universitária, 2004. 390p.

CRUZ, C.D. **Aplicação de algumas técnicas multivariadas no melhoramento de plantas**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 1990. 188p. Tese (Doutorado em Agronomia).

DAVIS, R.L. Report of the plant breeder. **Reports of Puerto Rico Agricultural Experimental Station**, 207:14-15, 1927.

DAVIS, R.L. Maize crossing values in second generation lines. **Journal of Agricultural Research**, 48:339-359, 1934.

DAROS, M.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; PEREIRA, M.G.; SANTOS, F.S.; SCAPIM, C.A.; FREITAS JÚNIOR, S.P.; DAHER, R.F.; ÁVILA, M.R. Correlações entre caracteres agrônômicos em dois ciclos de seleção recorrente em milho-pipoca. **Ciência Rural**, 34:1389-1394, 2004

DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. 818p.

DOFING, S.M.D.; CROZ MASON, N.; THOMAS COMPTON, M.A. Inheritance of expansion volume and yield in two popcorn x dent corn crosses. **Crop Science**, 31:715-718, 1991.

FREITAS JUNIOR, S.P.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; SCAPIM, C.A. Combining ability in popcorn by circulant diallel. **Pesquisa agropecuária Brasileira**, 41:1599-1607, 2006.

FUZZATO, S.R., **Dialelo Parcial circulante interpopulacional em milho (*Zea mays* L.): efeito do número(s) de cruzamentos**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2003. 150p. (Doutorado em Agronomia).

GALVÃO, J.C.C.; SAWAZAKI E.; MIRANDA, G.V. Comportamento de híbridos de milho-pipoca em Coimbra, Minas Gerais. **Revista Ceres**, 47:201-218, 2000.

GARDNER, C.O.; EBERHART, S. A Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related population. **Biometrics**, 22:439-452, 1966.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. Predição de ganho genético com diferentes índices de seleção no milho-pipoca CMS-43. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 37:101-108, 2002.

GRANATE, M.J.; CRUZ, C.D.; PACHECO, C.A.P. Predição de ganhos em famílias de meios irmãos do milho-pipoca CMS 431. **Ciência Agrotecnológica**, Lavras. 26:1228-1235, 2002.

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

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

HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. Ames: Iowa State University Press, 1988. 468p.

HALLAUER, A.R. Method's use in developing maize inbreeds. **Maydica**, 35:1-16, 1990.

JOHNSON, I.J.; HAYES, H.K. The combining ability of inbred lines of Golden Bantam sweet corn. **Journal of American Society of Agronomy**, 28:246-252, 1936.

JONES, D.F. The effects in inbreeding and crossbreeding upon development. **Connecticut Agricultural Experiment Station Bull**, 207:5-100, 1918.

JORNAL DA TERRA, 2008. Disponível em: <www.jornaldaterra.com.br> acesso em 02/02/2010.

LARISH, L.L.B.; BREWBAKER, J.L. Diallel analyses of temperate and tropical popcorns. **Maydica**, 44: 279-384, 1999.

LABORDA, P.R. **Diversidade genética entre linhagens de milho tropical: estudo com base em marcadores moleculares**. Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2003. 103p. Dissertação (Mestrado em Agronomia).

LIMA, M.; MIRANDA FILHO, J.B.; GALLO, P.B. Inbreeding depression in Brazilian populations of maize (*Zea mays* L.). **Maydica**, Bergamo, 29: 203-215, 1984.

LINARES, E. **Seleção recorrente recíproca em famílias de meio-irmãos em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1987. 78p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

LIRA, M. A. **Seleção entre e dentro de famílias de meio-irmãos para produção e capacidade de expansão e correlações entre alguns caracteres em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Lavras: Escola Superior de Agricultura de Lavras, 1983. 63p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia).

LONNQUIST, J.H. The effect of selecting for combining ability within segregating lines of corn. **Agricultural Journal**, 42:503-508, 1949.

LONNQUIST, J.H.; RUMBAUCH, M.D. Relative importance of test sequence for general and specific combining in corn breeding. **Agronomy Journal**, 50:541-544, 1958.

LYERLY, P.J. Some genetic and morphological characters affecting the popping expansion of popcorn. **Journal of American Society of Agronomy**, 34:986-995, 1942.

MATTA, F.P.; VIANA, J.M.S. Testes de capacidade de expansão em programas de melhoramento de milho pipoca. **Scientia Agricola**, 58:845-851, 2001.

MARTINS, C.S. **Potencial genético de linhagens e híbridos de duas populações de milho (*Zea mays* L.) braquítico**. Piracicaba: USP/ESALQ, 1986. 143p. 1986. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).

MIRANDA FILHO, J.B.; VIÉGAS, G.P. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (eds.). **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 277-340.

MIRANDA FILHO. J.B.; GORGUIHO. E.P. Cruzamentos com testadores e dialelos. In: NASS, L.L.; VALOIS, A.C.C.; MELO, I.S.; VALADARES, M.C. (ed.). **Recursos genéticos e melhoramentos de plantas**. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. 649-672 p.

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

NOBRE, R.G.; LIBERALINO FILHO, J.; PRAÇA, E.F.; DIAS, N.S.; FERREIRA NETO, M. Avaliação da qualidade de diferentes marcas comerciais de milho-pipoca. **Revista Brasileira de Engenharia Agrônômica e Ambiental**, 4:133-135, 2000.

PACHECO, C.A.P. **Avaliação de progênies de meios-irmãos da população de milho CMS-39 em diferentes condições de ambientes: 2º ciclo de seleção**. 1987. 100p. Lavras: Universidade Federal de Viçosa. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Melhoramento Genético Vegetal).

PACHECO, C.A.P.; GOMES E GAMA, E.E.; GUIMARÃES, P.E.O.; SANTOS, M. X.; FERREIRA, A.S. Estimativas de parâmetros genéticos nas populações CMS-

42 e CMS-43 de milho-pipoca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 33:995-2001, 1998.

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

PEREIRA, M.G.; AMARAL JUNIOR, A.T. Estimation of genetic components in popcorn based on the nested design. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, 1:3-10, 2001.

PINTO, R.J.B. **Introdução ao melhoramento genético de plantas**. Maringá: EDUEM, 2009. 275p.

RINALDI, D.A.; PÍPOLO, V.C.; GERAGE, A.C.; RUAS, C.F.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; SOUZA, A.; SOUZA, S.G.H.; GARBUGLIO, D.D. Correlação entre heterose e divergência genética estimadas por cruzamentos dialélicos e marcadores moleculares RAPD em populações de milho-pipoca. **Bragantia**, Campinas, 66:183-192, 2007.

RODOVALHO, M.A. **Comparação de testadores em famílias s₂ obtidas do híbrido simples de milho pipoca IAC-112**. 2008. Maringá: Universidade Estadual de Maringá. 56p. Dissertação (Mestrado em Agronomia, Produção Vegetal).

SAWAZAKI, E.; MORAES, J.F.L.; LAGO, A. A. Influência do tamanho e umidade do grão na expansão da pipoca. **Bragantia**, 45:363-370, 1986.

SAWAZAKI, E. **Melhoramento do milho-pipoca**. Campinas: Bragantia, 1995. 21p. (Documentos IAC, 53)

SAWAZAKI, E. **Parâmetros genéticos em milho-pipoca (*Zea mays* L.)**. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 1996. 157p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).

SAWAZAKI, E; PATERNIANI, M.E.A.G.Z.;CASTRO, J.L; GALLO, P.B.; BORTOLETTO,N.; BOLONHESI, D.; MARTINS, E. Estabilidade da produção e qualidade de grãos de híbridos de milho pipoca no Estado de São Paulo. In: **CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO**, 2000. Uberlândia. [Resumos expandidos] Sete Lagoas: ABMS/Embrapa Milho e Sorgo/Universidade Federal de Uberlândia, 2000. CD ROM.

SAWAZAKI, E. A cultura do milho-pipoca no Brasil. **O Agrônomo**, 53:11-13, 2001.

SCAPIM, C.A.; PACHECO C.A.; TONET A.; LUCCA E BRACCINI A.; PINTO R.J.B. Análise dialéctica e heterose de populações de milho-pipoca. **Bragantia**, 61:229-230, 2002.

SCAPIM, C.A.; LUCCA E BRACCINI, A.; PINTO, R.J.B.; AMARAL JÚNIOR, A.T.; RODOVALHO, M.A.; SILVA, R.M.; MOTERLE, L.M. Componentes genéticos de médias e depressão por endogamia em populações de milho-pipoca. **Ciência Rural**, 36:36-41, 2006.

SEIFERT, A.L. PÍPOLO V.C.; FERREIRA J.M.; GERAGE A.C. Análise combinatória de populações de milho-pipoca em topcrosses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, 41:279-283, 2006.

SILVA, P.S.L.; SILVA, G.S.; RODRIGUES, M.V.; MACHADO, A.A. **Ciência Agrônômica**, 24:5-10, 1993.

SOUZA JÚNIOR, C.L. Seleção recorrente no melhoramento do milho. In: SIMPÓSIO DE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS. Lavras, 2005. **Anais...** Lavras: UFLA, 2005; p. 29-42.

SPRAGUE, G.F.; TATUM, L.A. General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal American**, 34:923-932, 1942.

TEIXEIRA, Ari. Rio grande do sul, Notícias do Piratini. **Dia de Campo estimulará produção de milho pipoca em áreas irrigadas**. 2008. Disponível em: <<http://www.estado.rs.gov.br/direciona.php?key=Y2FwYT0xJmludD1ub3RpY2lhJm5vdGlkPTY0MTY2Jm1lbnU9MTMmc3VibWVudT0mdmc9JnZhYz0=>> Acesso em 08/02/2010.

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

ZANETTE, V.A. Análise da variabilidade genética em populações de milho-pipoca (*Zea mays* L.): heterose da capacidade de expansão do grão. **Agronomia Sulriograndense**, Porto Alegre, 25:173-181, 1989.

ZIEGLER, K.E., ASHMAN, B. Popcorn. In: HALLAUER, A.R. (ed.). **Specialty Corns**. Iowa: CRC Press, 1994. p. 189-223.

ZINSLY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho-pipoca In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (eds.) **Melhoramento e produção do milho**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. p. 411-422.

ZINSLY, J.R.; MACHADO, J.A. Milho-pipoca. In: PATERNIANI, E. (ed.) **Melhoramento e produção do milho no Brasil**. Piracicaba: ESALQ, 1978. p. 339-348.

Livros Grátis

(<http://www.livrosgratis.com.br>)

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)
[Baixar livros de Matemática](#)
[Baixar livros de Medicina](#)
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)
[Baixar livros de Meteorologia](#)
[Baixar Monografias e TCC](#)
[Baixar livros Multidisciplinar](#)
[Baixar livros de Música](#)
[Baixar livros de Psicologia](#)
[Baixar livros de Química](#)
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)
[Baixar livros de Serviço Social](#)
[Baixar livros de Sociologia](#)
[Baixar livros de Teologia](#)
[Baixar livros de Trabalho](#)
[Baixar livros de Turismo](#)