

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA**

**SELEÇÃO GENÉTICA PARA PRECOCIDADE EM UMA POPULAÇÃO
SEGREGANTE DE MILHO (*Zea mays L.*)**

Aluno: Fabrício Elias de Oliveira Freitas

Orientador: Prof. Dr. Heyder Diniz Silva

**Uberlândia - MG
2008**

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA**

**SELEÇÃO GENÉTICA PARA PRECOCIDADE EM UMA POPULAÇÃO
SEGREGANTE DE MILHO (*Zea mays L.*)**

Aluno: Fabrício Elias de Oliveira Freitas

Orientador: Prof. Dr. Heyder Diniz Silva

**Dissertação apresentada à
Universidade Federal de
Uberlândia como parte dos
requisitos para obtenção do
Título de Mestre em Genética.**

**Uberlândia - MG
2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

F866s Freitas, Fabrício Elias de Oliveira, 1978-
 Seleção genética para precocidade em uma população segregante de
 milho (*Zea mays* L.) / Fabrício Elias de Oliveira Freitas. - 2008.
 69 f. : il.

 Orientador: Heyder Diniz Silva.
 Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Pro-
 grama de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica.
 Inclui bibliografia.

 1. Milho - Melhoramento genético - Teses. 2. Precocidade - Teses. 3.
 Produtividade - Teses. I. Silva, Heyder Diniz. II. Universidade Federal de
 Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Genética e Bioquímica. III.
 Título.

CDU: 633.15:631.52

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
INSTITUTO DE GENÉTICA E BIOQUÍMICA
PÓS-GRADUAÇÃO EM GENÉTICA E BIOQUÍMICA

SELEÇÃO GENÉTICA PARA PRECOCIDADE EM UMA POPULAÇÃO
SEGREGANTE DE MILHO (*Zea mays L.*)

Aluno: Fabício Elias de Oliveira Freitas

COMISSÃO EXAMINADORA

Presidente: Heyder Diniz Silva (Orientador)

Examinadores: Fernando César Juliatti

Renzo Garcia Von Pinho

Data da Defesa: 30 / 06 / 2008

As sugestões da Comissão Examinadora e as Normas da PGGB para o formato da Dissertação foram contempladas.


Heyder Diniz Silva

Dedico,

*À minha esposa Regina Batistella, aos meus pais Ana Lúcia e Zuza e aos
meus irmãos Fabiana e Fernando pelo apoio.*

Agradecimentos

Agradeço a Deus pela saúde e pelo nascer do sol de cada dia.

À minha esposa Regina A. Batistella Freitas pelo amor, pela confiança, pelos conselhos, pelas brincadeiras e por estar sempre presente e disposta a ajudar.

Agradeço à Monsanto do Brasil pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal.

Agradeço em especial ao Melhorista de Milho Márcio Rezende pelos ensinamentos, pela experiência compartilhada no dia-a-dia, pela oportunidade e estímulo de continuar meus estudos.

Agradeço à Universidade Federal de Uberlândia pela oportunidade de realizar o curso de Pós-graduação em Genética (Genética e Melhoramento de Plantas) e pelos ensinamentos recebidos por meio dos docentes.

Toda minha gratidão aos meus colegas do time de Pesquisa da Monsanto, na pessoa de Humberto Gutierrez, Maurício Barbosa, Klink, Otávio Solferini, Carlos Felix, Wagner Melo, Pedro Nurmberg, Gilberto Pozar, Justino Mário, Ivan Resende, Rogério Andrade, Antônio Carlos e Francisco Ide, pelos ensinamentos e experiências vividas. Sou grato também a todo o pessoal das fazendas de Uberlândia e Santa Helena pelo suporte no trabalho de campo em especial ao Rildo Delfino, Nilton Santos, Osmar Sousa (Tomate), Cleones Mendonça, Josué Lopes, César Misael e Antônio Sulino (Tota).

Agradeço também a meus amigos de Lavras, Tiago (Mococa), Paulo, Gustavo, Victor (Goiano), Sancho, Maurílio, Alex e Ricardinho pela amizade.

Agradeço a meus amigos Bethânia, Alexandre Azenha, Cristiane, Tiago Alves, Marcelo Lelis, Rodrigo Marchiori e André Frigoni por tornar mais agradável a pós-graduação.

Por fim, gostaria de agradecer ao meu orientador Heyder Diniz Silva, pelos ensinamentos recebidos e pela paciência no esclarecimento das dúvidas.

Índice

Resumo	
Abstract	
Apresentação	01
Capítulo I	
Fundamentação Teórica	03
1. Melhoramento Genético de Milho Visando Precocidade.....	03
Capítulo II	
Seleção Genética para Precocidade em uma População Segregante de Milho (<i>Zea mays</i> L.)	
1. Introdução.....	22
2. Objetivo.....	24
3. Justificativa.....	24
4. Materiais e Métodos.....	25
4.1 Síntese da População Segregante.....	25
4.2 Ambientes de Avaliação e Delineamento Experimental.....	25
4.3 Caracteres Avaliados.....	26
4.4 Análise de Variância.....	27
5. Resultados e Discussão.....	29
6. Conclusões.....	35
7. Referências Bibliográficas.....	36
Lista de Tabelas.....	47
Anexos.....	52

Lista de Tabelas

- TABELA 01 – Resumo da análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, de testcrosses, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis locais, dos caracteres avaliados, para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 02 – Resumo da análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, de testcrosses, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de quatro locais, dos caracteres FM e FF, para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 03 – Estimativa de ganho genético direto nos caracteres avaliados para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 04 – Estimativa de ganho genético direto, (%), nos caracteres avaliados para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 05 – Estimativa do efeito indireto nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para umidade de grãos (UM) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 06 – Estimativa do efeito indireto, (%), nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para umidade de grãos (UM) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 07 – Estimativa do efeito indireto nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para rendimento de grãos (RG) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 08 – Estimativa do efeito indireto, (%), nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para rendimento de grãos, (RG) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.
- TABELA 09 – Estatísticas descritivas das características avaliadas nos 188 Testcrosses, nos locais de avaliação. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

RESUMO

O conjunto de mudanças e fatores ocorridos na cultura do milho nas últimas décadas fizeram com que a precocidade, tanto em termos de florescimento como de perda de umidade, tornasse uma característica de fundamental importância para agregar valor e maior adaptabilidade aos híbridos cultivados. Desse modo, a seleção de caracteres relacionados à precocidade tem sido objeto de interesse em programas de melhoramento de milho. O objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos relativos à precocidade em uma população de milho tropical adaptada à região central do Brasil. Foram avaliados 188 testcrosses F_4 , no delineamento blocos aumentados em seis locais e densidade populacional de 70.000 plantas ha^{-1} . Diferenças significativas foram constatadas entre testcrosses (G), locais (L) e para a interação G x L. Os coeficientes de herdabilidade de testcrosses variaram entre 35,25% para a porcentagem de plantas quebradas e acamadas (TQA) e 68,91% para o florescimento masculino (FM). As estimativas de ganho genético mostraram que é possível obter ganho para cada carácter individual via seleção direta. Porém, as estimativas de efeito indireto mostraram que as mudanças correlacionadas não foram, vias de regra favoráveis. Os parâmetros genéticos estimados sugerem que a utilização de índices de seleção que incluam, além de rendimento de grãos (RG), caracteres como umidade de grãos, florescimento masculino (FM), florescimento feminino (FF), plantas quebradas (PQ) e porcentagem de plantas quebradas e acamadas (TQA) na seleção de testcrosses sob condições normais de desenvolvimento da cultura, poderiam propiciar o desenvolvimento de híbridos com alto rendimento de grãos e precocidade, simultaneamente.

Palavras chave: Precocidade, milho, produtividade, florescimento, umidade na colheita.

ABSTRACT

Due to the set of changes and factors corn crop has been subjected in the last few decades, earliness became one of the major characters for addition of genetic value and adaptability to currently cultivated corn hybrids. Thus, selection of characters related to earliness has been of large interest to corn breeding programs. The aim of this work was to estimate genetic parameters related to earliness in a tropical corn population adapted to the central region of Brazil. In this study were evaluated 188 F_4 testcrosses in an expanded statistical block design at six locations and plant density of 70,000pl ha⁻¹. Significant differences were detected between the testcrosses (G), Location (L) and GxL interaction. The heritability coefficient for these testcrosses varied from 35.25% for stalk and root lodging (TQA) and 68.91% for pollen shed (FM). Genetic gain estimates showed that it is possible to improve each of these characters individually, via direct selection. However, estimates of indirect effect showed that correlated changes, in general, are unfavorable. The estimated genetic parameters suggest that utilization of selection indexes that, besides grain yield, include characters such as grain moisture, pollen shed, silk, stalk and root lodging to select the testcrosses, under normal development condition the crop, can lead to the development of hybrids with high grain yield and earliness, simultaneously.

Key words: Earliness, Corn, Yield, Flowering, Grain Moisture.

APRESENTAÇÃO

A cultura do Milho (*Zea mays L.*) ocupa o segundo lugar em importância no Brasil sendo cultivado em mais de 12 milhões de hectares, o que o coloca como terceiro maior produtor mundial de milho, com uma produção anual acima de 40 milhões de toneladas, atrás apenas dos Estados Unidos e da China.

A cultura do milho vem passando nas últimas décadas por uma profissionalização muito grande em todos os aspectos. O consequente aumento da produção e da produtividade acontece em função da expansão da cultura para áreas de maior altitude, principalmente nos Cerrados, a prática de plantio direto, o incremento nas densidades de plantio, a agregação de novas tecnologias como a aplicação de fungicidas para controle de doenças foliares, liberação dos OGM's e principalmente a criação, estabelecimento e crescimento da segunda safra de milho ou "safrinha".

Híbridos de milho com alto valor genético agregado, ou seja, que apresentam boa resistência a doenças, alto rendimento de grãos e precocidade são muito importantes para atender a safra de verão e safrinha. Na safrinha, por exemplo, onde podemos ter grandes chances de ocorrência de falta de água no florescimento e enchimento dos grãos, a precocidade se torna uma característica de fundamental importância para escapar desses períodos com sucesso. Na região de safrinha do Paraná temos também o risco de ocorrência de geadas, o que pode trazer diferenças quando do cultivo de híbridos de ciclo precoce ou super-precoces.

Sendo assim, características como a precocidade, também exercem um papel fundamental em regiões específicas da safra de verão como no Rio Grande do Sul e no Mato Grosso do Sul (região dos Chapadões), onde os agricultores utilizam cultivares mais precoces para poderem colher mais rápido e obter um melhor preço na venda do grão no mercado.

As implicações agrônômicas da maior exposição da cultura ao estresse ambiental tem se constituído em grande desafio às instituições públicas e privadas de pesquisa na geração de tecnologias adequadas para a solução dos problemas advindos das mudanças que vem sofrendo a cultura do milho (Shioga e Barros, 2001).

Esse conjunto de mudanças e fatores ocorridos na cultura do milho fizeram com que a precocidade, tanto em termos de florescimento como na perda rápida de umidade, se tornasse uma característica de fundamental importância para agregar valor e maior adaptabilidade aos híbridos cultivados. Isto exige dos programas de melhoramento uma forte pressão para seleção e obtenção de materiais mais precoces e que não tenham a sua produtividade comprometida; o que geralmente não tem ocorrido, devido a correlação negativa entre a precocidade e a produtividade.

A busca por cultivares mais precoces é sempre um desafio para os programas de melhoramento, haja vista que ganhos em precocidade resultam geralmente em perda de produtividade. Assim há a necessidade urgente de se desenvolver novas cultivares de milho mais precoces, associadas ao aumento da produtividade, propiciando assim uma maximização do ganho genético.

Capítulo I

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.0 Melhoramento genético de milho visando precocidade

Vários autores relataram que os principais caracteres a serem considerados em programas de melhoramento visando a precocidade são: número de dias para o florescimento feminino, umidade de grãos na colheita, intervalo entre florescimentos masculino e feminino, altura de planta e espiga, atraso no florescimento feminino, quebraimento de colmo e senescência retardada das folhas e colmo (stay-green). Estes caracteres apresentam, geralmente, herdabilidade elevada, são correlacionados com a produção de grãos, e são passíveis de serem avaliados fenotipicamente em larga escala (TROYER; BROWN, 1976; HALLAUER; TROYER, 1972; MOTTO; MOLL, 1983; AGRAMA; MOUSSA, 1996; BANZINGER et al., 2000).

Em milho podemos destacar três principais medidas de maturidade, bastante usadas nos programas de melhoramento, incluindo a data de florescimento, a maturidade fisiológica quando toda ou quase toda matéria seca do grão já está depositada, e a umidade de grãos na colheita (TROYER e AMBROSE, 1971).

Segundo TROYER e LARKINS (1984), o número de dias para o florescimento e a umidade de grãos na colheita são as duas mais importantes mensurações de maturidade em milho. Mudanças no número de dias para o florescimento e na umidade de grãos na colheita mostram uma resposta correlacionada com a seleção para precocidade. Plantas de milhos de florescimento precoce usualmente atingem a maturidade mais cedo e desse modo, num dado tempo, tem menos umidade de grãos que plantas de milhos de florescimento tardio.

Como a maioria dos caracteres de importância econômica, os caracteres relacionados à precocidade são poligênicos, isto é, são controlados por um número desconhecido de locos. O estudo da herança destes caracteres, portanto, é primordial para inserí-los nos programas de melhoramento de milho. Inúmeros

procedimentos podem ser usados para avaliar as bases fisiológicas e genéticas da herança desses caracteres. Contudo, os conceitos básicos da variação quantitativa têm considerado somente os efeitos conjuntos de todos os genes que causam a variação. Uma descrição completa desses caracteres seria possível investigando as propriedades dos genes individualmente por meio de marcadores moleculares.

TROYER e HALLAUER (1968) têm mostrado que híbridos varietais entre alguns destes tipos de milho extremamente precoces fornecerão híbridos altamente produtivos quando plantados sob altas populações.

RENKE e SENTZ (1961) relataram sucesso em obter linhagens precoces no “Corn-belt” americano pelo método de retrocruzamento envolvendo uma linhagem dentada do norte como parental não-recorrente.

GUNN e CHRISTENSEN (1965) mostraram que a semente de milho precoce acumulou matéria seca e perdeu umidade mais rapidamente, que no milho com maturidade tardia.

A complexidade da herança de florescimento varia, mas, geralmente, a seleção tem sido mais efetiva para o tempo de florescimento que para a produtividade (HALLAUER, 1965). EMERSON e EAST (1913) explicaram a herança de florescimento em milho pelas hipóteses de múltiplo-fator e GIESBRECHT (1960a) encontraram na literatura relatórios de 2 a 19 fatores genéticos influenciando o florescimento, com a maior parte dos autores reportando de 4 a 6. Em uma análise genética das progênies de dois cruzamentos, GIESBRECHT (1960a, b) postulou que as linhagens diferiram por 4 a 5 fatores para o tempo de florescimento. Porcentagens de herdabilidade foram obtidas em dois anos e variou de 59.0 a 75.9 % para um dos cruzamentos e -26.6 a - 0.5 para o segundo. O autor interpretou estimativas negativas obtidas no segundo cruzamento como resultado de alta interação inter-alélica, considerando que as fórmulas usadas no cálculo das herdabilidades foram baseadas na suposição de que os efeitos gênicos acumularam aditivamente. WARNER (1952) reportou a herdabilidade de 32.0% para o número de dias para o florescimento feminino. De um estudo de seis híbridos precoce x tardio, JONES (1952) obteve herdabilidades variando de 11.0 a 48.0%. Por causa do número variável de fatores genéticos estimados afetando o tempo de florescimento e as diferenças na

magnitude relativa das estimativas de herdabilidade, parece que o tempo para florescimento deve ser controlado por vários fatores e é influenciado, numa grande extensão, pelo ambiente (SHAW, 1955). Assumindo que os parentais diferem por 4 pares de alelos, a menor população F_2 deveria ter 256 indivíduos com 81 possíveis genótipos diferentes (assumindo junção e repulsão dos heterozigotos ser equivalentes). Se um grande número de pares alélicos está envolvido na expressão do tempo de florescimento feminino, assim como tem sido postulado por alguns estudos, o número de diferentes tipos de genótipos possíveis na geração F_2 aumenta exponencialmente. Então, parece que o número de dias para o florescimento é uma característica que é adequada para análises biométricas.

A herança de tempo (dias) para florescimento foi investigada por procedimentos esboçados por MATHER (1949). Tempo de florescimento foi definido no momento em que o florescimento feminino estava visível no topo da inflorescência feminina.

HALLAUER (1965), em trabalho realizado para estudar a herança do florescimento em milho em uma população segregante obtida em cruzamento formado por B14 (Tardia) e Oh45 (Precoce), reportou que no máximo três fatores estavam efetivamente influenciando o tempo de florescimento.

Híbridos de milho Flint x Dent são comumente cultivados em áreas com semeadura precoce (com baixas temperaturas) nas regiões da Europa (norte e Costa Atlântica da Europa). A avaliação de germoplasma de milho precoce é importante para o desenvolvimento de novos híbridos comerciais adaptados a regiões com verão mais frio (MORENO-GONZALEZ et. al., 1997).

TROYER e BROWN (1976), trabalhando com seleção para o florescimento precoce em milho, usaram sete híbridos sintéticos, adaptados para o sul de Iowa; eles foram semeados no sul de Minnesota sob alta densidade de plantas e os 5% mais precoces para florescimento foram submetidos a cinco gerações de seleção. As populações originais e os cinco ciclos selecionados foram comparados em ensaios de performance sob três densidades de plantas por 2 anos e observaram decréscimo no atraso de florescimento feminino (0,4 dias menos de atraso) e aumento do número de espigas por planta (0,2 espigas/100 plantas) sugerindo que a seleção para o florescimento precoce sob condição de stress foi efetiva ao selecionar materiais adaptados a altas densidades de plantas.

O número de dias para o florescimento é altamente herdável e responde prontamente à seleção. Seleção para o florescimento precoce é uma forma efetiva de adaptar milhos tardios para áreas de milhos mais precoces, pois fornece mais divergência genética que o método do pedigree ou outros esquemas de melhoramento que usam germoplasma precoce como doador de genes de maturidade (TROYER e BROWN, 1976). Respostas com alta correlação para seleção para florescimento precoce foram encontradas para menor umidade de grãos, menor altura de planta e espiga, e maior quebramento de colmo.

O florescimento precoce aumentou a produtividade entre milhos de florescimento tardio e diminuiu a produtividade entre aqueles precoces. O florescimento precoce aumenta a produtividade na estação fria e curta e diminuiu a produtividade na estação quente e longa (TROYER e BROWN, 1976). Esse fenômeno pode ser explicado pela relação contrastante de data de florescimento com o tamanho de planta e duração do período de enchimento de grãos: o florescimento precoce aumenta a produtividade quando o período de enchimento de grãos mais longo é crítico e diminui a produtividade quando o maior tamanho de planta é mais importante (TROYER e BROWN, 1976). Os mesmos autores também observaram que a maturidade influenciou a interação ciclo x ano com efeitos na produtividade em que ciclos de florescimento precoce tinham uma distinta vantagem numa estação fria e curta.

O número de dias para o florescimento interage com a duração da estação de plantio de duas formas, geralmente opostas. Primeiro, o número de dias para o florescimento mede a quantidade de tempo que a planta tem para crescer em tamanho e assim determina o grau de extensão da quantidade de área foliar disponível para a fotossíntese. Milhos com florescimento tardio são usualmente altos com mais folhas de tamanho extenso (ALLEN et al., 1973; CHASE e NANDA, 1967). Em estações longas, milhos de florescimento tardio usualmente produzem mais que milhos precoces. Segundo, o número de dias para o florescimento feminino inversamente mede a duração do período de enchimento de grãos; em estações que finalizam com geadas ou doenças causando morte prematura das plantas, milhos de florescimento precoce terão tempo para completar o enchimento de grãos, enquanto milhos de florescimento tardio não

terão. Em estações curtas, milhos de florescimento precoce usualmente produzem mais que milho tardios.

Selecionar genótipos que se desenvolvem em tamanho a uma taxa rápida até o florescimento, faz com que essas plantas possam alcançar um tamanho ótimo mais cedo durante a estação e também ter um período de enchimento de grãos mais longo (TROYER e BROWN, 1976).

Melhoristas de milho esforçam para aumentar a diversidade genética em áreas com estações de crescimento mais curtas, por meio de seleção para florescimento precoce em germoplasma com maturidade tardia (TROYER, 1990).

A seleção para o florescimento precoce aumenta a diversidade genética de milho dentro de uma zona de maturidade à medida que híbridos e linhagens são derivados em muitas características de germoplasmas de maturidade tardia (TROYER, 1990).

O método de seleção para florescimento precoce, proposto por TROYER e BROWN (1976), baseado em sintéticos tardios é usado em áreas de crescimento de milho precoce para adaptar e melhorar populações. Eles defendem o cruzamento de germoplasma exótico tardio com materiais elite do “Corn Belt” americano, “sibbing” dentro de populações por várias gerações para aumentar a recombinação. Praticam também a seleção recorrente simples para florescimento precoce dentro de populações grandes (≥ 1000 plantas) e sob altas densidades (2 x normal) até a adaptação local ser atingida.

O milho tem hábito de crescimento determinado. A fase vegetativa termina com o florescimento. A partir daí, inicia-se a fase reprodutiva (período de enchimento de grãos). No norte do “Corn Belt” americano, a duração da estação é normalmente limitada por unidades de calor e por períodos de geadas; híbridos não adaptados raramente finalizam o período de enchimento de grãos. Sob essas condições, plantas de milho com florescimento precoce tem menores tamanhos de planta e longos períodos de enchimento de grãos, enquanto plantas com florescimento tardio tem maiores tamanhos de plantas e curtos períodos de enchimento de grãos (TROYER, 1990).

Os métodos de melhoramento que selecionam para o florescimento precoce são usualmente planejados para desenvolver milhos com maturidade tardia numa área com estação de crescimento curta, onde a seleção para

precocidade resulta em adaptação às condições locais. Áreas com estações de crescimento mais curtas tem menos unidades de calor por dia, permitindo uma separação mais fácil de pequenas diferenças para a data de florescimento, e também tem menos unidades de calor por estação, assim, fazendo do período de enchimento de grãos mais crítico para produzir. Áreas com estações de crescimento mais curtas tem dias longos e frios até o florescimento, causando florescimento precoce como resposta ao fotoperíodo, e também tem dias curtos e frios na colheita, causando lentidão na maturação de grãos – todos estes fatores permitem uma separação mais fácil de pequenas diferenças para o desenvolvimento de grãos ou da umidade de grãos na colheita (TROYER, 1990).

A redução na produtividade devido a seleção para precocidade mostrou associação com a diminuição no tamanho de planta ($R = 0.98^{**}$, significativa com $P = 0.01$), que provavelmente reduziu a capacidade fotossintética. Sintéticos com florescimento tardio respondem mais a seleção para florescimento precoce que sintéticos com florescimento precoce. Áreas de curta estação de semeadura, com dias frios e longos no florescimento, favorecem a seleção para o florescimento precoce (TROYER, 1990).

Melhoristas de milho estão interessados em usar material divergente geneticamente por pelo menos duas razões. Primeiro, eles sabem que a diversidade genética é um importante fator na obtenção de máximo vigor híbrido. Segundo, a diversidade genética promove uma segurança adicional contra doenças existentes e novas doenças que poderão surgir. A seleção genética para o florescimento precoce adapta materiais divergentes tardios para áreas que exigem milhos precoces (JONHNSON e HAYES, 1940; TROYER E BROWN, 1976).

O atraso no florescimento feminino (“Silk delay”) ou assincronismo de florescimento masculino e feminino é a diferença entre o número de dias para florescimento feminino e florescimento masculino. O ideal é que os híbridos de milho emitam estilo-estigmas e liberem pólen simultaneamente. Um atraso na emissão dos estilo-estigmas é deletério e indica adaptação fraca a altas populações de plantas e stress de umidade. A seleção para precocidade (“Earliness”) consequentemente parece ser muito efetiva na redução no atraso de florescimento feminino (TROYER e BROWN, 1976).

A altura de planta está associada fortemente com o número de dias para o florescimento, morfológicamente e ontogeneticamente, devido a formação de internódios cessar na iniciação floral, consequentemente milhos de florescimento precoce são usualmente de portes menores (TROYER e LARKINS, 1985).

A produtividade de grãos é influenciada pela seleção para o florescimento precoce. A situação usual em adaptar milhos tardios para uma estação curta é que florescimentos mais precoces aumentam a produtividade pelo aumento na duração do período de enchimento de grãos antes da ocorrência de geadas, doenças, seca e furacões. Outras interações de data de florescimento ocorrem; por exemplo, o florescimento antes do stress calórico aumenta a produtividade de grãos devido o milho ser particularmente susceptível a calor durante o florescimento (TROYER e LARKINS, 1985).

A umidade do subsolo é particularmente importante para produtividades de milho em anos com seca. Decréscimos na umidade do subsolo durante o período de florescimento aumentou o stress de seca em milhos de florescimento tardio, consequentemente, decrescendo a produtividade, enquanto que milhos de florescimento precoce sofreram menos o stress de seca no florescimento e produziram mais (TROYER e LARKINS, 1985).

A seleção para o florescimento precoce indicou que colmos mais fracos podem ser esperados com seleção para florescimento precoce (TROYER e LARKINS, 1985).

O número final de folhas e a altura de plantas são caracteres prontamente mensuráveis que são positivamente correlacionados com o tempo de florescimento em milho (CROSS e ZUBER, 1973). O número de folhas é em grande parte determinado pelo genótipo e serve assim como base de um índice de maturidade de milho (ALLEN e MCKEE, 1973; CHASE e NANDA, 1967). Dentro de um genótipo, o número de folhas aumenta com o aumento da temperatura e, em alguns genótipos, com aumento do fotoperíodo (HESKETH, CHASE e NANDA, 1969; HUNTER, HUNT e KANNENBERG, 1974).

A produção de cultivares de milho de maturidade precoce baseada na seleção combinada para redução no número de folhas e na altura de planta, como também florescimento precoce será apenas efetiva se estes caracteres estão sob o mesmo controle genético. A dominância incompleta para o florescimento

precoce (BONAPARTE, 1977; ROOD e MAJOR, 1980; ROOD e MAJOR, 1980) e o maior número de folhas (BONAPARTE, 1977; LORENZONI, 1964) e aparente sobredominância para o florescimento tardio tem sido reportado e explica a sobredominância para a altura de planta (GIESBRECHT, 1961).

A relação fenotípica para o número de folhas e tempo de florescimento é bastante racional. Aumentando a fase vegetativa, o ciclo de vida direciona para um aumento no número de folhas e um atraso no florescimento. Então uma correlação entre os dois é esperada. Todavia, a herança dos dois não é explicada simplesmente por uma relação pleiotrópica envolvendo duração da fase vegetativa. Enquanto a dominância incompleta de ambos caracteres é consistente com uma associação genética (BONAPARTE, 1977), a direção desta dominância é oposta ao que foi predito pelo modelo pleiotrópico. A Dominância para o florescimento precoce e o aumento do número de folhas foi observada, enquanto o florescimento precoce está correlacionado com redução do número de folhas.

HANWAY e RUSSELL (1969) concluíram que o maior acúmulo de matéria seca nos genótipos tardios deve-se ao fato de possuírem maior ciclo, já que os índices de crescimento foram semelhantes. Entretanto, GOLDSWORTHY e COLEGROVE (1974), em condições distintas, encontraram que genótipos de milho tropical acumulam mais matéria seca nas partes vegetativas da planta que em partes reprodutivas após antese, e produziram menos que genótipos de milho temperado.

As condições ambientais de cultivo de safrinha são subótimas para o desenvolvimento do milho em relação ao cultivo de primavera-verão, o que implica em considerar importante a época de semeadura, por afetar principalmente o ciclo da cultura e o rendimento de grãos. Experimentos tem mostrado variação na estabilidade do rendimento de grãos de diferentes genótipos, em função do retardamento da semeadura; entretanto, os resultados não são conclusivos.

A ocorrência das podridões do colmo é favorecida por alterações nas relações entre fonte e dreno de nutrientes ocorridos durante a fase de enchimento dos grãos (REIS e CASA, 1996). Fatores que reduzam a fotossíntese e a produção de carboidratos predispõem as plantas às podridões (PINTO et al., 1997). A desfolha durante o florescimento, a população de plantas e a

precocidade dos híbridos alteram a partição de fotoassimilados entre as diferentes estruturas da planta, podendo influenciar na incidência das doenças do colmo do milho (BLUM et al., 1999; BLUM et al., 2001; SANGOI et al., 2000).

Quanto maior a precocidade de um híbrido, menor é a sua área foliar (FANCELLI, 2000). Portanto, a redução da área foliar aumenta a contribuição do colmo no suprimento de fotoassimilados ao enchimento de grãos. SANGOI et. al. (2001b) observaram que a mobilização de carboidratos do colmo às espigas foi maior em híbridos superprecoces do que nos híbridos de ciclo precoce e normal. Este fato possivelmente contribuiu para aumentar a ocorrência de podridão de colmo no híbrido superprecoce em relação aos demais genótipos avaliados. O híbrido tardio é mais adaptado ao clima tropical do que os híbridos superprecoce e precoce, possuindo maior número de folhas e menor poder de drenagem de carboidratos pelas espigas durante o enchimento de grãos (SANGOI et al., 2001a). Os resultados desse trabalho mostraram que modificações entre fonte e dreno por meio da precocidade dos híbridos ocasionam alterações na fisiologia da planta, as quais influenciam a intensidade das podridões de colmo do milho.

Em geral, híbridos precoces exigem densidades de plantas maiores para atingirem uma produtividade máxima, quando comparado com híbridos tardios (SILVA, 1992; TOLLENAAR, 1992). Isto ocorre porque híbridos precoces são normalmente de porte menor, produzem menos folhas, têm menor área foliar por planta e apresentam menos problemas de polinização que híbridos tardios. Por essa razão, para híbridos precoces é necessário ter maior número de plantas por área para gerar índice de área foliar que disponibiliza máxima interceptação de radiação solar, um passo essencial para maximizar produtividade de grãos.

Os materiais genéticos tardios necessitam de maior soma calórica para atingirem o pendoamento-espigamento do que os materiais precoces. Híbridos mais exigentes em UC (unidades calóricas) para florescerem possuem em seu genoma maior participação de linhagens tropicais. Assim, a precocidade tem sido priorizada pelos programas de melhoramento de milho através da incorporação de linhagens oriundas de germoplasma temperado (FISCHER e PALMER, 1984).

De maneira geral, quanto maior a precocidade de um material, menor é o seu número de folhas expandidas na antese, menor a sua área foliar e mais reduzida é a estatura final da planta (ALMEIDA et al., 2000). Tais características

fazem com que a competição intra-específica pelos recursos ambientais seja potencialmente menor nos materiais de ciclo curto. Com isto, para maximizar o rendimento de grãos destes genótipos necessita-se, teoricamente, de um maior número de indivíduos por área (SANGOI et al., 2000).

Por outro lado, a maior velocidade de crescimento vegetativo e de desenvolvimento das inflorescências masculina e feminina faz com que os materiais superprecoces e precoces sejam geralmente mais exigentes em condições edáficas e climáticas favoráveis para o adequado desenvolvimento das espigas (FANCELLI e DOURADO NETO, 2000). Estes materiais dispõem de menos tempo para se recuperar de restrições ambientais impostas ao aparato fotossintético da planta nas fases de pré-floração, floração e início de enchimento de grãos. Assim, prejuízos impostos à fonte produtora de carboidratos podem reduzir o rendimento de grãos de materiais precoces mais drasticamente do que dos tardios (TOLLENAAR e DWYER, 1999).

A interação verificada entre ciclo do híbrido e a população de plantas necessária para maximizar o rendimento de grãos está de acordo com as observações feitas por OLSON e SANDERS (1988), SILVA (1992) e SANGOI et al., (2000). Segundo estes autores, há uma relação inversa entre a exigência calórica do genótipo para florescer e o número de indivíduos requeridos para maximizar a exploração do ambiente. Neste sentido, materiais com soma calórica baixa para pendoar têm maior potencial de incremento no rendimento de grãos com o uso de estandes mais adensados do que materiais que requerem somas calóricas elevadas para florescer.

A resposta diferencial do rendimento de grãos, dos híbridos testados, ao incremento da população foi provavelmente motivada por características morfológicas, fisiológicas e fenológicas inerentes a cada genótipo. O híbrido superprecoces P32R21 produziu menor número de folhas e menor área foliar no florescimento do que os materiais mais tardios, independentemente da densidade de semeadura. O tipo de arquitetura de planta que caracteriza os híbridos superprecoces pode contribuir para aumentar sua eficiência de uso da radiação solar quando semeados em altas densidades. A presença de menor número de folhas, de folhas mais eretas e de menor área foliar reduz o nível de interferência

de uma planta sobre a outra, propiciando benefícios ao rendimento com a utilização de maior número de indivíduos por área (TOLLENAAR et al., 1999).

A menor interferência entre os indivíduos da população pode permitir um desenvolvimento mais sincronizado das inflorescências masculina e feminina. Neste sentido, o intervalo entre a antese e o espigamento do híbrido superprecoce foi pouco afetado pela densidade de semeadura. Por outro lado, este intervalo foi significativamente maior pelo incremento na população no híbrido tardio. Tais dados demonstram que a dominância apical e a natureza protândrica da planta de milho foram mais intensas com o aumento da população no híbrido tardio. Como o milho é uma planta cujo período de liberação de grãos de pólen é curto e definido e a coincidência entre antese e espigamento é fundamental para a polinização (SANGOI e SALVADOR, 1998), pode-se inferir que o uso de populações elevadas trouxe maior comprometimento à fertilização dos materiais mais exigentes em UC para florescimento.

Deve-se ressaltar que o incremento na população de plantas reduz o diâmetro de colmo, aumenta a percentagem de plantas acamadas e quebradas. Portanto, a utilização de estandes muito adensados pode ser problemática, mesmo para híbridos que respondam em produtividade, devido a menor sustentabilidade da planta e a maior incidência de grãos ardidos (MOLIN, 2000; SANGOI et al., 2000).

Havendo um dreno forte, é possível alcançar rendimentos satisfatórios, mesmo com área foliar reduzida, mediante a redistribuição de assimilados acumulados em outros órgãos da planta. Neste sentido, os colmos são estruturas moduladoras de grande importância para a definição do rendimento de grãos quando as folhas sofrem algum tipo de prejuízo na fase reprodutiva da cultura (RAJCAN e TOLLENAAR, 1999). Assim, o colmo pode atuar como órgão equilibrador da limitação de fonte, promovendo a remobilização dos carboidratos de reserva armazenados até o início do enchimento de grãos (RUGET, 1993; UHART e ANDRADE, 1995).

O índice de remobilização do híbrido superprecoce foi significativamente superior ao dos híbridos tardios. Esta característica demonstra que este material apresentou maior capacidade de armazenar e redirecionar carboidratos do colmo para os grãos durante o enchimento dos mesmos, possivelmente em função da

maior força de dreno do genótipo. Assim, a maior remobilização das reservas acumuladas no colmo do material superprecoce compensou a sua menor área foliar, garantindo maior índice de colheita e maior rendimento de grãos, em relação ao híbrido tardio. Por outro lado, o maior direcionamento de fotoassimilados do colmo para os grãos do híbrido superprecoce fragilizou a estrutura de sustentação da planta, aumentando a sua suscetibilidade a quebramento e acamamento quando a atividade das folhas foi limitada pelo uso de alta densidade.

As variações observadas no índice de colheita das cultivares de milho estão diretamente associadas à capacidade de cada genótipo de translocar fotoassimilados para os grãos (MUNDSTOCK e SILVA, 1989). Exigências calóricas contrastantes para o florescimento podem levar a diferenças na taxa e período de alocação de matéria seca nos grãos durante o seu enchimento. Tais contrastes podem estar vinculados a diferenças na atividade fotossintética das folhas, na longevidade foliar, na capacidade de remobilização de reservas do colmo para os grãos, na demanda competitiva exercida por outras estruturas da planta na fase reprodutiva da cultura, e na eficiência de dreno da espiga per se (TOLLENAAR et al., 1994; FANCELLI, 2000).

A redução da atividade fisiológica das principais fontes produtoras de carboidratos causada pela desfolha na fase reprodutiva interfere na redistribuição de fotoassimilados dentro da planta, alterando a velocidade e intensidade da senescência foliar, e, conseqüentemente, os padrões de acúmulo de matéria seca nos grãos (BARNETT e PEARCE, 1983; UHART e ANDRADE, 1995). Estes efeitos podem diferir em função da exigência calórica do material para florescimento. Híbridos superprecoces, pelo fato de disporem de menos tempo para investirem no seu aparelho fotossintético e na formação das inflorescências, podem ter o acúmulo de matéria seca nos grãos mais comprometido por estresses impostos à planta na fase de florescimento, tais como a redução da relação fonte:dreno causada pela desfolha (FANCELLI, 2000).

A umidade de grãos na colheita é a mais importante consideração de maturidade em milho, principalmente em regiões onde os grãos de milho com alto teor de umidade podem causar problemas de armazenamento ou altos custos para secagem artificial (TROYER e AMBROSE, 1971). Resultados de ensaios de

híbridos, em que dados para dias para florescimento e umidade de grãos na colheita foram computados, indicaram que materiais com dias para florescimento similares frequentemente têm umidade de grãos na colheita diferentes. Assim, o tempo de indentação do grão, a formação da camada negra, ou algum outro estágio de desenvolvimento do grão associado com maturidade fisiológica tem sido em relação a umidade de grãos na colheita e suas interações (TROYER e AMBROSE, 1971). Os híbridos que diferem no tempo requerido para progredir da maturidade fisiológica até atingir a umidade de grãos ideal para colheita têm sido identificados com diferentes taxas de secagem dos grãos.

A umidade de grãos na colheita é prioritariamente importante para a produção de milho e para o melhoramento, desde que cultivos com menor umidade de grãos na colheita reduzem o impacto econômico da secagem artificial (DIJAK et al. 1999; SWEENEY et al. 1994). Em ambientes de estações curtas, o rápido decréscimo na temperatura e acréscimo na umidade relativa em direção ao final da estação de cultivo estabelece um compromisso entre a utilização completa das unidades de calor disponíveis para o crescimento do milho e a perda de umidade de grãos durante o período de secagem.

A taxa de secagem do grão a campo e o grupo de maturidade são críticos para a determinação final da umidade dos grãos na colheita. A taxa de secagem do grão a campo é definido como a taxa de perda de umidade dos grãos durante o período de secagem, que compreende o período entre a maturidade fisiológica até colheita do grão. Após a maturidade fisiológica, a perda de umidade dos grãos está associada apenas com a secagem, desde que nenhuma mudança adicional no peso seco do grão ocorra. Durante este período, variáveis do clima associadas com a umidade do ar ou a demanda atmosférica (SCHMIDT e HALLAUER, 1966) e várias características morfo-fisiológicas da planta (CRANE et al., 1959; TROYER e AMBROSE, 1971) exercem controle sobre a taxa de secagem do grão a campo (BROOKING, 1990).

A seleção de linhagens para produzir híbridos com baixa umidade de grãos na colheita é possível por meio de seleção tanto para umidade de grãos na colheita, quanto para taxa de secagem do grão a campo (SWEENEY et al., 1994). A seleção de linhagens baseado em menor umidade de grãos aos 45 dias após a polinização foi efetiva, reduzindo a umidade de grãos na colheita (CROSS, 1985;

FREPPON et al., 1992). Não obstante, a produtividade e a umidade de grãos na colheita estão positivamente correlacionados (HALLAUER e MIRANDA, 1988; MATHER e KANNENBERG, 1989) porque ambas as variáveis estão associadas com o grupo de maturidade (LAUER et al., 1999). A seleção de materiais genéticos com alta taxa de secagem do grão a campo permitiria aos melhoristas obter híbridos altamente produtivos minimizando os efeitos negativos do aumento de maturidade na umidade de grãos na colheita. Porém, avaliar a taxa de secagem do grão a campo é um processo trabalhoso e, por essa razão, não prático em grandes populações segregantes (SEENEY et al., 1994).

A maior parte dos trabalhos com umidade de grãos na colheita e taxa de secagem do grão a campo são de longa data, e tem sido feito o uso do melhoramento convencional e procedimentos biométricos para dissecar a variação observada nessas características, permitindo aos pesquisadores obter apenas informações gerais sobre a sua herança (SIMKO et al., 1997).

Baseado na classificação de HALLAUER e MIRANDA (1988), os valores de herdabilidade “*on an entry basis*” seriam considerados altos para ambas características, umidade de grãos na colheita e taxa de secagem do grão a campo. Valores obtidos para h^2 igual a 0.79 e 0.84, respectivamente para taxa de secagem do grão a campo e umidade de grãos na colheita, estão dentro da amplitude reportada na literatura, seja para umidade de grãos na colheita (AUSTIN et al., 2000; BEAVIS et al., 1994; MIHALJEVIC et al., 2005; HALLAUER e MIRANDA, 1988) ou para taxa de secagem do grão a campo (KONDAPI et al., 1995; PURDY e CRANE, 1967).

Em trabalho realizado por NEWTON e EAGLES (1991), diferenças entre híbridos de um cruzamento dialélico para umidade de espiga e grãos num tempo usual de colheita foram grandemente determinadas por diferenças na taxa de secagem da espiga após a maturidade fisiológica, e não por diferenças em dias para o florescimento, dias para maturidade fisiológica, ou umidade de espiga na maturidade fisiológica.

Na secagem de milho após a maturidade fisiológica, SHAW e LOOMIS (1950) declararam: “aproximadamente sete semanas após o florescimento, a maturação do milho é um simples processo de secagem sujeito às condições do clima, e reduzido um pouco devido às palhas recobrando a espiga.” HALLAUER e

RUSSELL (1961) concluíram que, de seis fatores do clima selecionados para estudo, apenas graus-dia mostrou uma associação consistente com perda de umidade do grão.

Híbridos precoces alcançaram a maturidade fisiológica em menos dias após o florescimento, que híbridos tardios. Os autores concluíram que diferenças podem existir, embora não tiveram qualquer diferença significativa nas taxas de secagem entre os 49 híbridos testados. Hillson e Penny (1965) encontraram diferenças significantes para taxa de secagem entre 15 híbridos simples. O grupo de híbridos estudados foi um set balanceado de cruzamentos envolvendo 3 linhagens com secagem rápida e 3 com secagem lenta. As linhagens parentais diferiram em seus efeitos na taxa de perda de umidade dos híbridos. Por exemplo, a linhagem 38-11 foi dominante em sua capacidade de contribuir para secagem rápida para todos cruzamentos estudados.

CHASE (1964) encontrou um aumento em produtividade de 1 bushel/acre para cada dia de atraso para atingir a metade do florescimento entre um grupo de híbridos precoces, apresentando a umidade de grãos na colheita equivalente. Estes dados suportam a teoria de que o florescimento tardio e a secagem rápida apresentam maior rendimento de grãos, ante o florescimento precoce e a secagem lenta.

HALLAUER et al., (1967) usou análises de regressão múltipla para associar características de maturidade com produtividade em Iowa (EUA). Eles concluíram que para maximizar a produtividade e melhorar a maturidade, os híbridos devem ser ligeiramente mais tardios que a média para dias para o florescimento, mas secar rapidamente após maturidade fisiológica.

CRANE, MILES e NEWMAN (1959) estudaram características de taxa de secagem de híbridos em um secador de ar forçado. Eles concluíram que as características de palha e sabugo dos híbridos e a forma ou o tamanho de espigas não foram os principais fatores associados com a taxa de secagem. Entre os híbridos estudados para permeabilidade do pericarpo; o pericarpo mais permeável foi associado com secagem rápida.

PURDY e CRANE (1967a), trabalhando com um set de dialelo de híbridos envolvendo 6 linhagens que variaram para taxa de secagem, concluíram que taxas diferenciais de perda de umidade foram devido a estrutura física do

pericarpo e não a processos metabólicos dentro do grão. PURDY e CRANE (1967b) estudaram taxas de secagem de espigas de milho despalhadas em secador de ar forçado a 38 °C por 18 horas. O material estudado consistiu de híbridos conhecidos para representar a extensão de taxas de secagem após a maturidade fisiológica. Espigas pequenas, data de florescimento tardio, e menor teor de umidade aos 60 dias após o florescimento foram associados com secagem rápida. O uso de espigas despalhadas eliminou as palhas assim como uma fonte de variabilidade em taxas de secagem.

Parece desejável em programas de melhoramento de milho para uma determinada área com estação de crescimento relativamente curta, selecionar materiais com propriedades de secagem rápida. Isto permitiria o uso de material tardio para alcançar a maturidade fisiológica com vantagens associadas de melhor qualidade de colmo e maior potencial produtivo (TROYER e AMBROSE, 1971).

Melhorar a taxa de perda de umidade em milho é um importante objetivo do melhoramento para reduzir custos de produção dos produtores relativos a secagem artificial dos grãos e perdas econômicas associadas com o atraso na colheita, como quebramento e acamamento, espigas derrubadas e ou caídas, danos causados por pássaros e doenças, resultante da permanência do milho no campo por muito tempo para perda natural de umidade (PURDY e CRANE, 1967a; NASS e CRANE, 1970; KANG et al., 1978). Híbridos de milho com rápida taxa de perda de umidade são especialmente requeridos em áreas de produção de milho com clima úmido durante a maturação dos grãos e período de perda de umidade do grão, após a maturidade fisiológica.

A secagem de grãos no campo é afetada por temperatura, umidade e outros fatores do tempo (SCHMIDT e HALLAUER, 1966; ALDRICH et al., 1975; KANG et al., 1983, 1986). Correlações fenotípicas e/ou genotípicas significantes entre taxa de perda de umidade e características agronômicas do milho, como impermeabilidade da palha, peso e número de palha, peso e comprimento de sabugo, número de fileiras e profundidade de grãos e permeabilidade de pericarpo, tem sido reportado (PURDY e CRANE, 1967b; TROYER e AMBROSE, 1971; KANG et al., 1975; HICKS et al., 1976; CAVALIERI e SMITH, 1985).

Pesquisadores observaram diferenças significativas entre linhagens e híbridos sob condições de laboratório e indicaram que a taxa de perda de umidade é uma característica herdável (CRANE et al., 1959; HILLSON e PENNY, 1965; PURDY e CRANE, 1967a; NASS e CRANE, 1970; CROSS, 1985). PURDY e CRANE (1967a) e CROSS e KABIR (1989) conduziram estudos dialélicos sobre taxas de secagem de grãos e reportaram que ambos efeitos de CGC e CEC foram significantes, com o componente genético aditivo sendo mais importante que o componente genético não-aditivo. CROSS (1985) desenvolveu um método de seleção massal baseado na estimação da perda de umidade de grãos em laboratório. CROSS et al., (1987, 1989), concluíram que a seleção de linhagens baseada na perda de umidade aos 45 dias após a polinização poderia efetivamente reduzir a umidade de grãos na colheita. KONDAPI et al., (1993) reportaram altas herdabilidades para a taxa de perda de umidade em duas populações, indicando que o procedimento de seleção recorrente pode ser efetivo em concentrar genes para esta característica.

Informação genética adicional é necessária sobre a taxa de perda de umidade a campo, especialmente para germoplasmas com potencial de uso no Brasil.

Capítulo II

SELEÇÃO GENÉTICA PARA PRECOCIDADE EM UMA POPULAÇÃO SEGREGANTE DE MILHO (*Zea mays* L.)

**SELEÇÃO GENÉTICA PARA PRECOCIDADE EM UMA POPULAÇÃO
SEGREGANTE DE MILHO (*Zea mays* L.)**

Fabício Elias de Oliveira Freitas ^{1*}, Heyder D. Silva², Márcio A. Vilela Rezende²

¹ Monsanto do Brasil Ltda, Rod. Uberlândia – Araxá, BR 452, Km 149.
Uberlândia_MG, Brasil.

² Monsanto do Brasil Ltda, Rod. Uberlândia – Araxá, BR 452, Km 149.
Uberlândia_MG, Brasil.

1 * Autor: Fabrício Freitas (fabricao.freitas@monsanto.com)

Telefone: (34) 9992 – 2993 ou (34) 3088 – 3008.

1 INTRODUÇÃO

O milho (*Zea mays L.*) é a terceira cultura mais cultivada no mundo. Na safra 2005, foram produzidos, no mundo, aproximadamente 700 milhões de toneladas de milho, sendo os maiores produtores os Estados Unidos, a China, o Brasil e o México, com produção de 280, 133, 35 e 20 milhões de toneladas, respectivamente (PAES, 2006).

No Brasil, são plantados em média 12 milhões de hectares a cada safra, o que coloca o país como o terceiro no ranking mundial de área plantada. Além de sua importância econômica como principal componente na alimentação animal (principalmente por aves, suínos e bovinos e atingindo um percentual de ~70% da produção nacional, mas podendo chegar a 85%) e humana (com um percentual em torno de 15%, sendo 10% destinado às indústrias alimentícias e 5% como alimento humano principalmente pela região nordeste), o milho cumpre papel técnico importante para a viabilidade de outras culturas, como a soja e o algodão, por meio da rotação de culturas, minimizando possíveis problemas como nematóides de galha, nematóide de cisto e doenças, tais como o mofo branco dentre outras, dando sustentabilidade para diferentes sistemas de produção em muitas regiões agrícolas do Brasil e do mundo. O milho cumpre ainda um importante papel social, na geração de empregos diretos e indiretos ligados a sua cadeia produtiva.

A área de cultivo de milho no Brasil está atualmente dividida entre a safra de verão e a safrinha.

A safra de verão representa 2/3 da área total e constitui-se principalmente de áreas com emprego de alta tecnologia e altitudes elevadas (acima de 700 metros) onde se tem boas respostas de desenvolvimento e consequentemente rendimento de grãos, sendo conhecida pelo setor de sementes híbridas de milho como mercado de alto investimento. Híbridos de milho com alto valor genético agregado, ou seja, que apresentam boa resistência a doenças, alto rendimento de grãos e precocidade são bastante importantes para atender a safra de verão. Sendo assim, características como a precocidade, foco principal do trabalho, exercem um papel fundamental em regiões específicas da safra de verão como no Rio Grande do Sul e no Mato Grosso do Sul (região dos Chapadões) onde os

agricultores plantam cultivares mais precoces para poderem colher mais rápido e conseguirem um melhor preço na venda do grão no mercado.

A cultura do milho vem passando nas últimas décadas por uma profissionalização muito grande em todos os aspectos. O consequente aumento da produção e da produtividade acontece em função da expansão da cultura para áreas de maior altitude, principalmente nos Cerrados, a prática de plantio direto, o incremento nas densidades de plantio, a agregação de novas tecnologias como a aplicação de fungicidas para controle de doenças foliares, liberação dos OGM's e principalmente a criação, estabelecimento e crescimento da segunda safra de milho ou "safrinha".

A Safrinha proporcionou uma importante mudança da cultura do milho no centro-sul do Brasil nos últimos anos em função de pelo menos dois aspectos, que se inter-relacionam: 1) deslocamento espacial da cultura, promovido por outras culturas mais rentáveis como a soja, algodão e cana-de-açúcar principalmente; 2) deslocamento temporal, com plantio de milho em sucessão a uma cultura de verão, puxado pela adoção do sistema de plantio direto na palha, que permite redução do tempo entre a colheita da lavoura de verão e a semeadura do milho (TSUNECHIRO, 1998).

O deslocamento temporal significa cultivo de milho em época não preferencial, de maior risco em relação ao clima e ocorrência de uma série de alterações no comportamento das cultivares em termos de ciclo, potencial de produção, incidência de pragas e doenças, porcentagem de plantas acamadas e quebradas. O cultivo sucessivo de milho em diferentes épocas do ano tem como consequência o aumento da incidência e da severidade das doenças que afetam a cultura (SHIOGA e BARROS, 2001).

As implicações agronômicas da maior exposição da cultura ao estresse ambiental tem se constituído em grande desafio às instituições públicas e privadas de pesquisa na geração de tecnologias adequadas para a solução dos problemas advindos das mudanças que vem sofrendo a cultura do milho (SHIOGA e BARROS, 2001).

Esse conjunto de mudanças e fatores ocorridos na cultura do milho fizeram com que a precocidade, tanto em termos de florescimento como de perda rápida de umidade, tornasse uma característica de fundamental importância para

agregar valor e maior adaptabilidade aos híbridos cultivados; exigindo-se dos programas de melhoramento uma forte pressão para seleção e obtenção de materiais mais precoces e que não tenham sua produtividade comprometida; o que geralmente não tem ocorrido. Devido, principalmente, a correlação negativa entre precocidade e produtividade.

A identificação e caracterização genética de genótipos promissores para precocidade, objetivo principal do presente projeto, pode permitir, por meio da seleção fenotípica, a maximização do ganho genético sem comprometer o potencial de rendimento da cultura.

2 OBJETIVO

A - Estimação de parâmetros genéticos relativos à precocidade em milho.

3 JUSTIFICATIVA

Os programas de melhoramento genético do milho tem objetivado a adaptação contínua das novas cultivares a estresses ambientais ou biológicos, novos ou que surgem à medida que novas áreas de cultivo e tecnologias são incorporadas ao processo de produção (POZAR, 2005).

Portanto, a busca por cultivares mais precoces é sempre um desafio para os programas de melhoramento de milho, haja vista que ganhos em precocidade resultam geralmente em perda de produtividade. Assim, há a necessidade urgente de se desenvolver novas cultivares de milho mais precoces, com ciclos mais curtos, ou que pelo menos mantenham os ciclos atuais, mas que tenham ganho de produtividade.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Síntese da população segregante

Este trabalho é parte do programa de melhoramento comercial da Monsanto do Brasil Ltda. A população segregante MON_UB115/601, foi constituída de cento e oitenta e oito (188) progênies F_4 , desenvolvidas a partir do cruzamento entre duas linhagens endogâmicas divergentes para precocidade, UB115 (Precoce) e UB601 (Tardia). As progênies foram cruzadas com uma linhagem testadora UB312 (Semi-precoces) para gerar os 188 “testcrosses”. As sementes desses cruzamentos foram obtidas em um bloco isolado com despendoamento, sendo as progênies F_4 usadas como fêmeas (despendoadas) e as linhagem testadora como polinizador.

4.2 Ambientes de Avaliação e Delineamento Experimental

Os 188 testcrosses provenientes da população MON_UB115/601 foram avaliados para precocidade em ensaios de performance em 6 locais, Uberlândia, Uberaba, Iraí de Minas, São Sebastião do Paraíso, Passos e Santa Helena de Goiás. Os experimentos foram instalados na safra verão do ano agrícola 2006/2007.

Todos os locais e/ou ambientes de avaliação foram selecionados de maneira que fossem representativos das principais regiões produtoras de milho do Brasil Central. Dados geográficos de cada localidade são encontrados em Anexos (Tabela 18).

O experimento foi delineado em blocos aumentados, com uma repetição por local, em seis locais. Os tratamentos adicionais foram em número de três, sendo DKB393, AG8060 e P30P70, os quais tiveram 4 repetições. O experimento foi composto, então por:

$(188 \text{ testcrosses} \times 1 \text{ repetição} + (3 \text{ testemunhas} \times 4 \text{ repetições})) \times 6 \text{ locais}$.

As parcelas experimentais foram constituídas de duas fileiras de 5 metros de comprimento e o espaçamento adotado foi de 0,72 m entre linhas, totalizando uma área útil de 7,2 m².

A semeadura foi realizada mecanicamente, com semeadora-adubadora Semeato PAR 2800 Vaccum System adaptada para plantio de parcelas, implantando 50 sementes por parcela, objetivando população final de 70.000 plantas.ha⁻¹.

A semeadura foi realizada atendendo às melhores épocas de cultivo para a cultura do milho em cada local de avaliação (Anexos, tabela 19), em sistema de plantio direto, cuja cultura anterior era soja, em todos os locais avaliados. A adubação de base empregada foi de 500 kg. ha⁻¹ da formulação 08-28-16 + 2,1% de Ca e 4,3% de S, e duas coberturas nos estádios V4 e V6 utilizando-se 200 kg.ha⁻¹ de 20-00-20 e 150 kg. ha⁻¹ de uréia, respectivamente. Os tratos culturais e o manejo de plantas daninhas, insetos-praga e doenças seguiram as recomendações técnicas correspondentes a cada local e conforme necessidade da cultura.

4.3 Caracteres Avaliados

A avaliação da precocidade foi realizada em duas fases do desenvolvimento da cultura, as quais estão associadas aos caracteres em avaliação.

Na primeira fase foi feita a avaliação fenotípica da precocidade por meio do florescimento masculino, FM, e feminino, FF, dos testcrosses, computando-se o número de dias compreendido entre a semeadura até que 50% das plantas de cada parcela apresentassem liberando pólen para registrar o florescimento masculino e 50% das plantas com estilo-estigmas emitidos para o florescimento feminino (foram considerados para esta avaliação quatro locais, sendo, Uberlândia, Uberaba, Santa Helena de Goiás e Iraí de Minas).

Na segunda fase, compreendida na colheita mecanizada das parcelas, foram feitas as avaliações fenotípicas de umidade de grãos na colheita, UM, medida em porcentagem (%) a partir de uma amostra de cerca de 400 g de grãos em cada parcela por aparelho digital da Z-World; rendimento de grãos, RG, que correspondeu ao peso de grãos por parcela, em Kg.ha⁻¹, corrigido para umidade padrão de 15%; quebramento de colmo, PQ, (onde foi considerado plantas quebradas aquelas com colmo quebrado abaixo da espiga); acamamento de raiz,

PA, (onde foi considerado plantas acamadas aquelas que formaram um ângulo menor que 45^0 entre o colmo e o solo) e stand final de plantas (número total de plantas na parcela), contados manualmente pouco antes da colheita. A partir dos valores de PQ e PA foi determinado o total de plantas quebradas e acamadas, TQA, em porcentagem.

A colheita foi realizada mecanicamente, com uma colhedoura John Deere 1450 adaptada para colheita de parcelas de ensaios de milho, a qual faz a colheita propriamente dita, pesa os grãos da parcela e determina a umidade.

4.4 Análise de Variância

Para cada caráter foram realizadas análises de variâncias conjuntas utilizando-se o programa SAS, versão 8.2, módulo “proc glm”. A distribuição e caracterização da precocidade na população em estudo foi avaliada por meio de estatísticas descritivas e histogramas. Para estimação da precocidade e parâmetros genéticos associados a esta e outras características, nas seis localidades, adotou-se o seguinte modelo estatístico para a análise conjunta:

$$y_{ijk} = \mu + l_j + g_i + gl_{ij} + e_{ijk} ,$$

em que:

y_{ijk} é o valor observado para repetição k ($k = 1, 2, 3$ no caso de check's e 1 para os testcrosses), do híbrido i ($i = 1, 2, \dots, 191$), no local j ($j = 1, 2, \dots, 6$);

μ é uma constante inerente a todas as observações;

l_j é o efeito aleatório do local j , $l_j \sim \text{NIID}(0, \sigma_l^2)$;

g_i é o efeito do test-cross i , $g_i \sim \text{NIID}(0, \sigma_g^2)$;

gl_{ij} é o efeito da interação entre o híbrido i e o local j , $gl_{ij} \sim \text{NIID}(0, \sigma_{gl}^2)$;

e_{ijk} é o erro aleatório associado à observação y_{ijk} , $e_{ijk} \sim \text{NIID}(0, \sigma^2)$.

Os estimadores dos componentes de variância genética, residual e fenotípica e coeficiente de herdabilidade foram obtidos a partir das esperanças matemáticas dos quadrados médios da análise de variância por:

Componente de variância genética: $\hat{\sigma}_g^2 = \frac{QM_{Genótipos} - QM_{GxL}}{rl}$;

Componente de variância devido a interação genótipo x local:

$$\hat{\sigma}_{gl}^2 = \frac{QM_{GxL} - QM_{Resíduo}}{r}$$

Componente de variância residual: $\hat{\sigma}^2 = QM_{Resíduo}$;

Componente de variância fenotípica: $\hat{\sigma}_f^2 = \hat{\sigma}_g^2 + \frac{\hat{\sigma}_{gl}^2}{l} + \frac{\hat{\sigma}^2}{rl}$;

Coeficiente de variação genética: $CV_g = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{X} * 100$;

Herdabilidade: $\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_f^2}$;

Estimativa do ganho genético: $GS = \Delta * \hat{h}^2$, onde Δ = diferencial de seleção;

Δ = Média dos Testcrosses selecionados – Média da População.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ano agrícola 2006/2007 caracterizou-se por um regime pluviométrico bastante favorável às necessidades da cultura do milho, principalmente nos períodos críticos da cultura (emergência, florescimento e enchimento de grãos), tanto em termos de quantidade pluviométrica, quanto de distribuição durante os meses da condução dos ensaios.

A obtenção de estimativas de parâmetros genéticos é fundamental no melhoramento de plantas, uma vez que permite identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e avaliar a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento para a obtenção de ganhos genéticos e manutenção de uma base genética adequada nas populações em desenvolvimento.

A variância genética entre os testcrosses, pelas análises de variâncias conjuntas (Tabelas 01 e 02), para todos os caracteres, foram altamente significativas ($p \leq 0,01$), à exceção do caráter plantas acamadas (PA), indicando haver grande variabilidade genética para os diversos caracteres na população estudada.

As análises de variâncias conjuntas confirmaram a alta variabilidade genética da população para os diversos caracteres avaliados. Esses resultados indicam ser possível obter ganhos com seleção nessa população. As variâncias devido aos efeitos de locais (L) e interação testcrosses x locais (G x L) foram altamente significativas ($p \leq 0,01$) para todos os caracteres, à exceção do caráter plantas acamadas já referido anteriormente. As estimativas do coeficiente de variação genética, CV_g , foram maiores para os caracteres RG, plantas quebradas (PQ) e TQA, e menores para umidade de grãos na colheita (UM), florescimento feminino (FF) e florescimento masculino (FM), quando comparadas às estimativas de variância dos testcrosses (Tabela 10).

A alta significância das fontes de variações devidas aos locais (L) e a interação G x L sugerem que os ambientes se comportaram diferentemente quanto aos valores médios dos testcrosses para os diversos caracteres e/ou que o desempenho dos testcrosses variou dependendo do ambiente de avaliação.

JIANG et al. (1999), avaliando caracteres como RG, FM e FF, relataram que nos últimos ocorreu a maior interação genótipo x local.

Os coeficientes de variação (CV) das análises conjuntas, tabelas 01 e 02, foram, em geral, de magnitude baixa, evidenciando boa precisão durante a condução dos ensaios e a tomada dos dados. Valores de CV menores que 10% foram observados para os caracteres RG, UM, FF e FM. Para PQ, TQA e PA foram constatados valores iguais a 61,34%, 69,71% e 1000,95%, respectivamente. Os altos valores de CV observados para os caracteres PQ, TQA e PA são resultados da própria natureza do caráter cuja média, formada por valores positivos variando de quase zero a mais de 25% das plantas da parcela quebradas, tende a ser muito baixa favorecendo valores elevados para CV.

Na população MON_UB115/601, o valor da média dos testcrosses F_4 para o caráter rendimento de grãos foi 8.735,54 Kg.ha⁻¹ (8,74 t.ha⁻¹) variando de 5.975,83 Kg.ha⁻¹ (5,98 t.ha⁻¹) a 10.336,00 Kg.ha⁻¹ (10,34 t.ha⁻¹). Para os caracteres UM, FM, FF, PQ e TQA, os valores das médias dos testcrosses foram de 17,64%, 62,99 dias, 62,57 dias, 3,58 plantas quebradas por parcela e 7,95% de índice de quebramento, respectivamente.

As estimativas de variâncias genéticas dos testcrosses ($\hat{\sigma}_g^2$) foram elevadas, bem distintas às estimativas de variância fenotípica e menores que aquelas obtidas para os componentes ($\hat{\sigma}_{gl}^2$) (Tabelas 01 e 02). Dentre os caracteres avaliados, a produção de grãos foi de alta variabilidade genética. Na população, $\hat{\sigma}_g^2$ para rendimento de grãos foi de 0,152066 (Kg.ha⁻¹)², enquanto a variância para a interação testcrosses x ambientes ($\hat{\sigma}_{gl}^2$) foi de 0,694982 (Kg.ha⁻¹)² o que equivale a aproximadamente 4 vezes a variância genética de testcrosses. Para os demais caracteres a $\hat{\sigma}_g^2$ variou entre 0,1497 (dias)² para unidade a 7,1997 %² para o índice de quebramento. Os valores $\hat{\sigma}_{gl}^2$ corresponderam a 7,5, 6,9, 3,8, 1,3 e 0,8 vezes da variação genética dos testcrosses para os caracteres plantas quebradas, índice de quebramento, unidade de grãos na colheita, florescimento masculino e feminino respectivamente.

As estimativas de $\hat{\sigma}_{gl}^2$ foram de magnitude elevada para os vários caracteres. Na população, o componente $\hat{\sigma}_{gl}^2$ para o rendimento de grãos

equivaleu a mais de 50% da variação estimada para a $\hat{\sigma}_g^2$. Esse resultado está de acordo com o comportamento esperado para o caráter, em que boa parte da sua variação fenotípica tem sido atribuída a influências ambientais. Os caracteres FF, FM e UM tiveram, proporcionalmente, as menores estimativas de $\hat{\sigma}_{gl}^2$, indicando pouca influência das condições ambientais sobre eles.

Nas estimativas dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo ($\hat{h}^2$), os valores foram elevados para todos os caracteres (Tabelas 01 e 02). Variando de 35,3% para o índice de quebramento a 68,9% para o florescimento masculino. As estimativas de herdabilidade obtidas são de magnitude elevada, particularmente, em relação ao caráter rendimento de grãos, onde $\hat{h}^2$ foi de 40,2%. Valores equivalentes ou próximos aos observados no presente estudo têm sido constatados para FF e FM, sendo pouco freqüentes para os demais caracteres, principalmente RG. HALLAUER e MIRANDA FILHO (1988), com base em estimativas de herdabilidade entre parcelas de 99 estudos, constataram um valor médio de herdabilidade para o caráter produção de grãos igual a 18,7%.

Os valores elevados dos coeficientes de herdabilidade obtidos para os caracteres são, provavelmente, decorrentes de sua grande variabilidade genética.

No presente trabalho, a população estudada foi desenvolvida a partir do cruzamento entre linhagens divergentes oriundas de grupos heteróticos distintos. Contudo, as linhagens endogâmicas UB115 e UB601, que originaram a população, foram escolhidas pela alta divergência em relação a precocidade e com base na capacidade específica de combinação. Ou seja, nesse cruzamento espera-se grande complementariedade entre genes para inúmeros caracteres, principalmente, produção de grãos e precocidade. Esse fato pode justificar a maior variabilidade observada nos testcrosses F_4 , como verificado pelas estimativas de componentes de variância genética entre testcrosses, principalmente em relação aos caracteres produção de grãos e precocidade.

Estimativas de herdabilidade de alta magnitude podem ser indicativas de: a) um pequeno número de genes controla o caráter (complexidade biológica); b) pouco da variação do caráter é devido ao ambiente ou erro experimental e/ou c) as diferenças relativas entre valores genotípicos são pouco influenciadas pelo ambiente (interação genótipos x ambientes é pouco expressiva) (FLINT-GARCIA

et al., 2005). A maior estabilidade às variações ambientais e, provavelmente, a menor complexidade de expressão do caráter podem ter contribuído para os altos valores de herdabilidade em caracteres como FF e FM. Estimativas de herdabilidade auxiliam o melhoramento em determinar a alocação de recursos necessários para selecionar um caráter de interesse e adquirir o máximo ganho genético utilizando menos tempo e recursos (SMALLEY et al., 2004). A herdabilidade pode assim, indicar quantas repetições e qual tipo de delineamento experimental seriam necessários para minimizar erros experimentais.

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento, principalmente, se na seleção de um desses caracteres houver dificuldades em razão da baixa herdabilidade e/ou tenha problemas para medição e identificação. Nesses casos, a seleção indireta, com base no efeito indireto, pode levar a progressos mais rápidos que a seleção direta para o caráter desejado.

As estimativas de ganho genético e efeito indireto entre os caracteres relacionados a precocidade e o caráter rendimento de grãos estão apresentadas nas tabelas 03, 05 e 07. Observa-se, na tabela 03, que a seleção com base em caracteres como umidade de grãos na colheita, florescimento masculino e feminino, é possível de obter ganho para cada caráter individual via seleção direta.

Verificou-se então que, quando aplicada pressão de seleção de 5% para o caráter RG, obteve-se um ganho de 5.38% ($0,4704 \text{ Kg.ha}^{-1}$) e à medida que a pressão de seleção é reduzida, para 15 e 30% respectivamente, verifica-se um decréscimo no ganho de rendimento de grãos, mas ainda com ganhos de 4,20% e 3,19%.

Para o caráter umidade de grãos na colheita também foram observados ganhos de seleção individual por seleção direta de -2,13, -1,85 e -1,50%, quando aplicado pressões de seleção de 5, 15 e 30%, respectivamente.

Os caracteres florescimento masculino e feminino e quebramento apresentaram a mesma tendência de ganho genético, mas com redução do ganho à medida que as pressões de seleção foram reduzidas.

Isso confirma que os métodos de seleção utilizados nos programas de melhoramento devem adotar intensidades de seleção adequadas a cada objetivo, caso contrário, poderão comprometer o nível de ganho genético.

Porém, os ganhos indiretos não foram, vias de regra favoráveis, como pode ser observado nas tabelas 05 e 07; isto é, uma pressão de seleção de 5% para umidade de grãos, gera um ganho direto em umidade de -2,13%, seguido por uma redução em rendimento de grãos de -2,56% e aumento no quebramento de colmo, de 20,66%, resultados do efeito indireto da seleção.

Selecionando nos 188 testcrosses, os 5% com maior rendimento de grãos (Tabela 07), observou-se que houve ligeiro aumento da umidade de grãos na colheita, já reportado por outros autores; e uma ligeira queda do número de dias para florescimento masculino e feminino, seguido por um aumento na porcentagem de plantas quebradas.

A antecipação do florescimento, pode ter contribuído para maior o rendimento de grãos, principalmente por coincidir com as melhores épocas de ocorrência de chuvas, quando se tem melhor sincronismo de florescimentos e maior número de óvulos fertilizados; mas também contribuiu para um aumento significativo no número de plantas quebradas, pois, como antecipou o início da fase reprodutiva e não houve tempo para maior acúmulo de fotoassimilados na fase vegetativa (contrariamente ao que ocorre com os materiais tardios), utilizou o colmo como fonte de remobilização dos fotoassimilados para o enchimento de grãos, causando assim uma exaustão do colmo levando ao maior índice de quebramento, haja vista que independentemente da época em que a cultivar de milho ou testcross iniciou sua fase reprodutiva, todos foram colhidos na mesma época, o que contribui para o maior quebramento de colmo nos híbridos mais precoces.

Para estimativas de efeito indireto para rendimento de grãos, quando foram selecionados nos 188 testcrosses os 5% com menor umidade de grãos na colheita, verificou-se redução no rendimento de grãos (-2,56%, tabela 05) e aumento no número de plantas quebradas contribuindo para um elevado índice de quebramento nesses híbridos mais precoces. Para o florescimento masculino e feminino houve ligeira redução no número de dias para sua ocorrência (-0,09% e -0,12, respectivamente).

À medida que diminui a pressão de seleção para menor umidade de grãos na colheita verifica-se menor redução de rendimento de grãos e uma melhoria contínua na qualidade do colmo, reduzindo as plantas quebradas.

Os testes de avaliação de progênies, utilizados nos programas de melhoramento de milho, por meio de seus respectivos testcrosses avaliados em ensaios de performance em vários ambientes mostrou-se bastante efetivo na discriminação de híbridos que apresentem ganhos na precocidade, sem comprometer o rendimento de grãos e a qualidade de colmo.

Outro ponto importante a se destacar no melhoramento de milho é que para se alcançar ganhos de seleção significativos é preciso ser bastante eficiente na escolha dos progenitores que constituirão a população base para trabalho.

Podemos também destacar que a escolha dos ambientes de avaliação é de extrema importância para se obter respostas precisas e que realmente possam servir de base para a tomada de decisões, que definirão a eficiência e o sucesso dos programas de melhoramento.

6 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho indicaram que, para a população segregante de milho avaliada:

- ✓ A variância genética $\hat{\sigma}_g^2$ foi altamente significativa para todos os caracteres avaliados, permitindo ganhos por seleção direta.
- ✓ A escolha adequada da intensidade de seleção permite ganhos diretos em precocidade sem comprometer significativamente o rendimento de grãos e a qualidade de colmo (quebramento).
- ✓ Os ganhos por seleção indireta, permitem aumentar a produtividade e reduzir o número de dias para florescimento, simultaneamente.
- ✓ A seleção de progênies com a umidade de grãos na colheita mostrou-se eficiente para obter ganhos diretos em precocidade no milho, e indiretos para outros caracteres.

7 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRAMA, H. A.; MOUSSA, M. E. Mapping QTL's in breeding for drought tolerance in maize. **Euphytica**, Wageningen, v.91, n.1, p.89-97, 1996.

ALDRICH, S.R.; SCOTT, W.O.; LENG, E.R. **Modern corn production**. 2nd Ed. A and L Publications, Champaign, IL. 1975.

ALLEN, J.R.; MCKEE, G.W.; MCGAHEN, J.H. Leaf number and maturity in hybrid corn. **Agronomy Journal**. 65: p. 233-235, 1973.

ALMEIDA, M.L.; MEROTTO JR.; A.; SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F. Incremento na densidade de plantas: uma alternativa para aumentar o rendimento de grãos de milho em regiões de curta estação estival de crescimento. **Revista Ciência Rural**, v. 30, p. 23-29, 2000.

AUSTIN, D.F.; LEE, M.; VELDBOOM, L.R.; HALLAUER, A.R. Genetic mapping in maize hybrid progeny across testers and generations: grain yield and grain moisture. **Crop Science**. 40: 30–39. 2000.

BANZINGER, M.; EDMÉADES, G.O.; BECK, D.; BELLON, M. **Breeding for drought and nitrogen stress tolerance in maize**: from theory to practice. Mexico, D.F.: CIMMYT. 2000. 68p.

BARNETT, K.H.; PEARCE, R.B. Source sink ratio alteration and its effect on physiological parameters in maize. **Crop Science**. Madison, v.23, n.2, p.294-299, 1983.

BEAVIS, W.D.; SMITH, O.S.; GRANT, D.; FINCHER, R. Identification of Quantitative Trait Loci using a small sample of topcrossed and F4 progeny from maize. **Crop Science**. 34: 882–896. 1994.

BLUM, L.E.B. et al. Efeito do nitrogênio e de híbridos de milho na severidade da ferrugem comum (*Puccinia sorghi*) e na incidência de podridões no colmo (*Gibberella zeae* ou *Pythium* sp.). In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO. **Anais...** Lages-SC: UDESC/EPAGRI, v.2, 1999. p. 78-82.

BLUM, L.E.B. et al. Ocorrência de podridões no colmo do milho: influência da desfolha, população de plantas e híbridos. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO. **Anais...** Chapecó-SC: EPAGRI, v.3, 2001. p.104-108.

BONAPARTE, E.E.N.A Diallel analysis of leaf number and duration to mild-silk in maize. *Can. J. Genet. Cytol.* 19: 251-258, 1977.

BROOKING, I.R. Maize ear moisture during grain-filling, and its relation to physiological maturity and grain-drying. **Field Crops Research.** 23:55–68. 1990.

CAVALIERI, A.J.; SMITH, O.S. Grain filling and field drying of a set of maize hybrids released from 1930-1982. **Crop Science.** 25: 856–860. 1985.

CHASE, S.S. Relation of yield and number of days from planting to flowering in early maturity maize hybrids of equivalent grain moisture at harvest. **Crop Science.** 4: 111–112. 1964.

CHASE, S.S.; NANDA, D.K. Number of leaves and maturity classification in *Zea mays* L. **Crop Science**, v. 7, p. 431-432, 1967.

CRANE, P.L.; MILES, S.R.; NEWMAN, J.E. Factors associated with varietal differences in rate of field drying in corn. **Agronomy Journal.** 51: 318–320. 1959.

CROSS, H.Z. A selection procedure for ear drying-rate in maize. **Euphytica.** 34: 409–418. 1985.

CROSS, H.Z.; CHYLE JR, J.R; HAMMOND, J.J. Divergent selection for ear moisture in early maize. **Crop Science**. 27: 914–918. 1987.

CROSS, H.Z.; KABIR, K.M. Evaluation of field dry-down rates in early maize. **Crop Science**. 29: 54–58. 1989.

CROSS, H.Z.; ZUBER, M.S. Interrelationships among plant height, number, of leaves and flowering dates in maize. **Agronomy Journal**. 65: p. 71-74, 1973.

DIJAK, M.; MODARRES, A.M.; HAMILTON, R.I.; DWYER, L.M.; STEWART, D.W.; MATHER, D.E.; SMITH, D.L. Leafy reduced-stature maize hybrids for short-season environments. **Crop Science**. 39: 1106–1110. 1999.

EMERSON, R.A.; EAST, E.M. The inheritance of quantitative characters in maize. Nebraska Agr. Expt. Sta. Res. Bull. **13**: 120 pp, 1913.

FANCELLI, A.L. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para altos rendimentos. In: SANDINI, I.; FANCELLI, A.L. (Ed). Milho: estratégias de manejo para a região sul. Guarapuava: **Fundação de Pesquisa Agropecuária**, 2000. Cap.7, p. 103-116.

FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. Fisiologia da produção e aspectos básicos de manejo para alto rendimento. In: SANDNI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho**: estratégias de manejo para a Região Sul. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. cap.7, p.103-115.

FISCHER, K. S.; PALMER, F.E. Tropical maize. In: Goldsworthy, P.R.; Fisher, N.M. (Ed.). **The physiology of tropical field crops**. Wiley. p. 231-248. 1984.

FLINT-GARCIA, S.A.; THUILLET, A.C.; YU, J.M.; PRESSOIR, G.; ROMERO, S.M.; MITCHELL, S.E.; DOEBLEY, J.; KRESOVICH, S.; GOODMAN, M.M.; BUCKLER, E.S. Maize association population: a high-resolution platform for

quantitative trait locus dissection. **Plant Journal**, Oxon, v.44, n.6, p.1054-1064, 2005.

FREPPON, J.T.; ST. MARTIN, S.K.; PRATT, R.C.; HENDERLONG, P.R. Selection for low ear moisture in corn, using a hand-held meter. **Crop Science**. 32: 1062–1064. 1992.

GIESBRECHT, J. The inheritance of ear height in *Zea mays*. Can. J. Genet. Cytol. **3**: 26-33, 1961.

GIESBRECHT, J. The inheritance of maturity in maize. Can. J. Plant Science. **40**: 490-499, 1960a.

GIESBRECHT, J. The inheritance of time of silking and pollen shedding in maize. Can. J. Genet. Cytol. **1**: 329-338, 1960b.

GOLDSWORTHY, P.R.; COLEGROVE, M. Growth and yield of highland maize in Mexico. **Journal of Agricultural Science**. v.83, p.223-30, 1974.

GUNN, R. B.; CHRISTENSEN, R. Maturity relationships among early to late hybrids of corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**, v. 5, p. 299-302, 1965.

HALLAUER, A. R. Inheritance of flowering in maize. **Genetics**, v.52, p.129-137, 1965.

HALLAUER, A.R.; HUTCHCROFT, C.C.; HILLSON, M.T.; HIGGS, R.L. Relation among three maturity measurements and yield of grain in corn. Iowa State. **Journal Science**. 42: 121–136. 1967.

HALLAUER, A.R.; MIRANDA, J.B. **Quantitative genetics in maize breeding**. 2nd edn. Iowa State University Press, Ames. 1988.

HALLAUER, A.R.; RUSSELL, W.A. Effects of selected weather factors on grain moisture reduction from silking to physiological maturity in corn. **Agronomy Journal**. 53:225–229. 1961.

HALLAUER, A.R.; TROYER, A.F. Prolific corn hybrids and minimizing risk of stress. In: ANNUAL HYBRID CORN INDUSTRY-RESEARCH CONFERENCE, 27, 1972, Chicago. **Proceedings...** Washington: ASTA, 1972. p. 1-19.

HANWAY, J.J.; RUSSELL, W.A. Dry-matter accumulation in corn (*Zea mays* L.) plants: comparisons among single-cross hybrids. **Agronomy Journal**, v.61, n.6, p. 947-51, 1969.

HESKETH, J.D.; CHASE, S.S.; NANDA, D.K. Environmental and genetic mification of leaf number in maize, sorghum and Hungarian miller. **Crop Science**, v.9, p. 460-463, 1969.

HICKS, D.R.; GEADELMANN, J.L.; PETERSON, R.H. Drying rates of frosted maturing maize. **Agronomy Journal**. 68: 452-455. 1976.

HILLSON, M.T.; PENNY, L.H. Dry matter accumulation and moisture loss during maturation of corn grain. **Agronomy Journal**. v. 57, p. 150-153, 1965.

HUNTER, R.B.; HUNT, L.A.; KANNENBERG, L.W. Photoperiod and temperature effects on corn. *Can. J. Genet. Cytol.* 54: 71-78, 1974.

JIANG, C.; EDMEADES, G.O.; ARMSTEAD, I.; LAFITTE, H.R.; HAYWARD, M.D.; HOISINGTON, D. Genetic analysis of adaptation differences between highland and lowland tropical maize using molecular markers. **Theoretical and Applied Genetics**, New York, v. 99, n. 7-8, p. 1106-1119, 1999.

JOHNSON, I.J.; HAYES, H.K. The value in hybrid combinations of inbred lines of corn selection from single crosses by the pedigree method of breeding. **Agronomy Journal**. 32: p. 479-485, 1940.

JONES, C.M. An inheritance study of corn maturity. Ph.D. thesis. Michigan State University Library, East Lansing, Michigan. (Abstracted in Plant Breeding Abstr. 25 (987): 176), 1952.

KANG, M.S.; COLBERT, T.R.; ZUBER, M.S.; HORROCKS, R.D. Grain moisture loss as related to drydown rates in corn. In: **Agronomy Abstracts**. ASA, Madison, WI. p. 57, 1975.

KANG, M.S.; ZUBER, M.S.; COLBERT, T.R.; HORROCKS, R.D. Effects of certain agronomic traits on and relationships between rates of grain moisture reduction and grain fill during the filling period in maize. **Field Crops Research**. 14:339-347, 1986.

KANG, M.S.; ZUBER, M.S.; HORROCKS, R.D. An electronic probe for estimating ear moisture content of maize. **Crop Science**. 18: 1083-1084, 1978.

KANG, M.S.; ZUBER, M.S.; KRAUSE, G.F. Path coefficient analyses of grain yield and harvest grain moisture in maize. In: **Trop. Agric**. Trinidad. 60: 253-256, 1983.

KONDAPI, N.; KANG, M.S.; ZHANG, Y.; DENG, X. Genetics of grain dry down rate in corn. In: **Agronomy Abstracts**. ASA, Madison, WI. p. 91-92. 1993.

KONDAPI, N.; KANG, M.S.; ZHANG, Y.; DENG, X. Heritability of field grain dry-down rate in fullseason maize. **Agronomy Trends Agricultural Science**. 3: 1-4. 1995.

LAUER, J.G.; CARTER, P.R.; WOOD, T.M.; DIEZEL, G.; WIERSMA, D.W.; RAND, R.E.; MLYNAREK, M.J. Corn hybrid response to planting date in the Northern Corn Belt. **Agronomy Journal**. 91: 834-839. 1999.

LORENZONI, C. Results of a biometric-genetic analysis of certain characters showing continuous variation in a cross of *Zea mays*. **Genetic Agronomy**. 18: 435-438, 1964.

MATHER, D.E.; KANNENBERG, L.W. Correlations between grain yield and percentage grain moisture at harvest in Ontario hybrid corn trials. **Can J Plant Sci**. 69: 223–225. 1989.

MATHER, K. **Biometrical Genetics**. Methuen, London. 1949.

MIHALJEVIC, R.; SCHON, C.C.; UTZ, H.F.; MELCHINGER, A.E. Correlations and QTL correspondence between line per se and testcross performance for agronomic traits in four populations of European maize. **Crop Science**. 45: 114–122. 2005.

MOLIN, R. Ocorrência e prevenção de grãos ardidos e micotoxinas na cultura do milho. In: SANDNI, I.E.; FANCELLI, A.L. **Milho: estratégias de manejo para a Região Sul**. Guarapuava: Fundação Agrária de Pesquisa Agropecuária, 2000. cap. 8, p. 117-130.

MORENO-GONZALEZ, J.; RAMOS-GOURCY, F.; LOSADA, E. Breeding potential of European flint and earliness-selected U.S. Corn belt dent maize populations. **Crop Science**, v.37, p. 1475-1481, 1997.

MOTTO, M.; MOLL, R.H. Prolificacy in maize: A review. **Maydica**, Bergamo, v. 28, n. 1, p. 53-76, 1983.

MUNDSTOCK, C.M.; SILVA P.R.F. **Manejo da cultura do milho**. Porto Alegre: UFRGS, 1989. 76p.

NASS, H.G.; CRANE, P.L. Effect of endosperm mutants on drying rate in corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**. 10: 141–144. 1970.

NEWTON, S.D.; EAGLES, H.A. Development traits affecting time to low ear moisture in maize. **Plant Breeding**, v.6, p. 58-67. 1991.

OLSON, R.A.; SANDERS, D.H. Maize production. In: SPRAGUE, G.F. DUDLEY, J.W. **Corn and corn improvement**. Madison: ASA, 1988. cap.11, p.639-686.

PAES, M.C.D. **Aspectos físicos, químicos e tecnológicos do grão de milho**. Sete Lagoas: EMBRAPA-CNPMS, 2006. Circular técnica 75.

PINTO, N.F, J.A.; FERNANDES, F.T.; OLIVEIRA, E. **Milho (*Zea mays* L.)- controle de doenças**. In. VALE, F.R.; ZAMBOLIM, L. Controle de doenças de plantas - grandes culturas. Viçosa : UFV, 1997. v.2, p. 821-863.

POZAR, G. (Informação verbal). **Comunicação sobre precocidade em milho**. Monsanto do Brasil. Uberlândia, MG, março, 2007.

PURDY, J.L.; CRANE, P.L. Influence of pericarp on differential drying rate in mature corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**. 7: 379–381. 1967b.

PURDY, J.L.; CRANE, P.L. Inheritance of drying rate in “mature” corn (*Zea mays* L.). **Crop Science**. 7: 294–297. 1967a.

RAJCAN, I.; TOLLENAAR, M. Source: sink ratio and leaf senescence in maize: I. Dry matter accumulation and partitioning during grain filling. **Field Crops Research**, v. 60, p. 245-253, 1999.

REIS, E.M.; CASA, R.T. **Manual de identificação e controle de doenças de milho**. Passo Fundo: Aldeia Norte, 1996. 80p.

RENKE, E.H.; SENTZ, J.C. Moving corn-belt germplasm north-ward. In: Annual Hybrid Corn Industry-Research Conference. **Proceedings...** v. 16, p. 53-56, 1961.

REZENDE, M.A.V. (Informação verbal). **Comunicação sobre safra de verão e safrinha, mapeamento de QTL's, metodologia de obtenção de híbridos e precocidade em milho**. Monsanto do Brasil. Uberlândia, MG, abril, 2007.

ROOD, S.B.; MAJOR, D.J. Diallel analysis of flowering-time in corn (*Zea mays* L.) using a corn heat unit transformation. *Can. J. Genet. Cytol.* 22: 633-640, 1980.

ROOD, S.B.; MAJOR, D.J. Responses of early corn inbreds to photoperiod. **Crop Science**, v. 20, p. 679-682, 1980.

RUGET, F. Contribution of storage reserves during grain-filling of maize in northern European conditions. **Maydica**, 38:51-59. 1993.

SANGOI, L.; ALMEIDA, M.L.; LECH, V.A; GRACIETTI, L.C. Desempenho de híbridos de milho com ciclos contrastantes em função da desfolha e da população de plantas. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 2, p. 271-276, 2001a.

SANGOI, L.; ENDER, M.; GUIDOLIN, A.F.; BOGO, A.; KOTHE, D.M. Incidência e severidade de doenças de quatro híbridos de milho cultivados com diferentes densidades de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.1, p.17-21, 2000.

SANGOI, L.; GUIDOLIN, A.F; COIMBRA, J.L.M.; SILVA, P.R.F. Resposta de híbridos de milho cultivados em diferentes épocas ao aumento na densidade de plantio. In: REUNIÃO TÉCNICA CATARINENSE DE MILHO E FEIJÃO. **Anais...** Chapecó-SC: EPAGRI, v.3, 2001b. p. 48-52.

SANGOI, L.; SALVADOR, R.J. Effect of maize detasseling on grain yield tolerance to high plant density and drought stress. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 33, p. 677-684, 1998.

SCHMIDT, J.L.; HALLAUER, A.R. Estimating harvest date of corn in the field. **Crop Science**. 6: 227–231. 1966.

SENTZ, J.C. Genetic variances in a synthetic variety of maize estimated by two mating designs. **Crop Science**. 11:234–238. 1971.

SHAW, R.H. Climatic requirements. **Corn and Corn Improvement**. Edited by G. F. SPRAGUE. Academic Press, New York. p. 315-341, 1955.

SHAW, R.H.; LOOMIS, W.E. Bases for the prediction of corn yields. **Plant Physiology**. 25: 225-244. 1950.

SHIOGA, P.S.; BARROS, A.S.R. **A Cultura do Milho Safrinha**. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 6., Londrina, IAPAR, 2001. p. 1-10.

SILVA, H.D. (Informação verbal). **Comunicação sobre identificação e mapeamento de QTL's para precocidade em milho**. Monsanto do Brasil. Uberlândia, MG, janeiro-maio, 2008.

SILVA, P.R.F. da. Densidade e arranjo de plantas em milho. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 19., Porto Alegre, 1992. **Conferências**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura; CIENTEC; ABMS, 1992. p. 291-294.

SIMKO, I.; MCMURRY, S.; YANG, H.M.; MANSCHOT, A.; DAVIES, P.J.; EWING, E.E. Evidence from polygene mapping for a causal relationship between potato tuber dormancy and abscisic acid content. **Plant Physiology**. 115: 1453–1459. 1997.

SMALLEY, M.D.; DAUB, J.L.; HALLAUER, A.R. Estimation of heritability in maize by parent-offspring regression. **Maydica**, Bergamo, v.49, n.3, p. 221-229, 2004.

SWEENEY, P.M.; ST. MARTIN, S.K.; CLUCAS, C.P. Indirect inbred selection to reduce grain moisture in maize hybrids. **Crop Science**. 34: 391–396. 1994.

TOLLENAAR, M. Is low plant density a stress in maize? **Maydica**, v.37, p.305-311, 1992.

TOLLENAAR, M.; DWYER, L.M. Physiology of maize. In: SMITH, D.L.; HAMEL, C. (Ed.) **Crop yield, physiology and processes**. Berlin: Springer-Verlag, 1999. cap.5, p.169-201.

TOLLENAAR, M.; MCCULLOUGH, D.E; DWYER, L.M. Physiological basis of genetic improvement of corn. In: SLAFER, G.A. (Ed.) **Genetic improvement of field crops**. New York: M. Dekker, 1994. p. 183-236.

TROYER, A.F. Selection for early flowering in corn: three adapted synthetics. **Crop Science**, v. 30, p. 896-900, 1990.

TROYER, A.F.; AMBROSE, W.B. Plant characteristics affecting field drying rate of ear corn. **Crop Science**, v. 11, p. 529-531, 1971.

TROYER, A.F.; BROWN, W. L. Selection for early flowering in corn: seven late synthetics. **Crop Science**, v.16, p. 767-772, 1976.

TROYER, A.F.; HALLAUER, A.R. Analysis of a diallel set of early flint varieties of maize. **Crop Science**, v. 8, p. 581-584, 1968.

TROYER, A.F.; LARKINS, J.R. Selection for early flowering in corn: 10 late synthetics. **Crop Science**, v. 25, p. 695-697, 1985.

TSUNECHIRO, A. **Causas e efeitos do aumento da área do milho “safrinha”**. Informações Econômicas, São Paulo, 28(3):74-75, 1998.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen and carbonum accumulation and remobilization during grain filling in maize under different source/sink ratios. **Crop Science**, 35:183-190. 1995.

WARNER, J.N. A method of estimating heritability. **Agronomy Journal**. 44: p. 427-430, 1952.

ZHANG, Y.; KANG, M.S.; MAGARI, R. A diallel analysis of ear moisture loss rate in maize. **Crop Science**. 36: 1140–1144. 1996.

LISTA DE TABELAS

TABELA 01 - Resumo da análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas de testcrosses, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis locais, dos caracteres avaliados, para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADO MÉDIO					
	GL	RG	UM	PQ	TQA	PA
Locais	5	7607.13900	403.4142	2085.6533	8074.9271	4.8520
Híbridos	(190)	25.85406	3.4154	29.9974	127.3052	0.5301
Testcrosses (G)	187	22.68068	2.4927	28.6016	122.5375	0.4084
Checks (C)	2	330.49961	83.4650	28.6250	181.8954	7.7222
Testcrosses vs Checks	1	9.98478	15.8456	293.7500	909.6953	8.9124
Híbridos x Locais	(950)	14.19716	1.8277	18.1296	81.06228	0.3516
Testcrosses vs Locais	935	13.55673	1.5946	17.8667	79.33942	0.3342
Checks vs Locais (L)	10	65.46840	17.2760	12.0917	78.55475	1.3222
Testcross vs Checks vs Locais	5	31.41421	14.5175	79.3828	396.5364	1.6585
Resíduo	54	6.60691	1.0300	4.5000	29.5933	2.1065
Média Geral		8.742,83	17.7	3.5	7.80	0.15
CV (%)		9.30	5.75	61.34	69.71	1000.95
Ve		0.660691	1.0300	4.500	29.5933	2.1065
Vgl		0.694982 **	0.5646 **	13.3667 **	49.7461 **	0.00 ns
Vg		0.152066 **	0.1497 **	1.7892 **	7.1997 **	0.0124 ns
Vf		0.378011	0.4155	4.7669	20.4229	0.0681
h²		0.4023	0.3603	0.3753	0.3525	0.1816

ns = não significativo, * = significativo a 5% e ** significativo a 1% de probabilidade, pelo Teste de F. RG = Rendimento de grãos; UM = Umidade de grãos na colheita; PQ = Plantas quebradas; TQA = Total de plantas quebradas e acamadas (%) e PA = Plantas acamadas.

TABELA 02 - Resumo da análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas de testcrosses, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de quatro ambientes, caracteres FM e FF, para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FONTE DE VARIAÇÃO	QUADRADO MÉDIO		
	GL	FM	FF
Locais	3	1686.4679	1836.018
Híbridos	(190)	3.2689	3.3009
Testcrosses (G)	187	2.1697	2.0922
Checks (C)	2	90.2500	92.6875
Testcrosses vs Checks	1	34.8607	50.5545
Híbridos x Locais	(570)	0.6984	0.7419
Testcrosses vs Locais	561	0.6745	0.6898
Checks vs Locais (L)	6	3.0000	5.3264
Testcrosses vs Checks vs Locais	3	0.5600	1.3218
Resíduo	36	0.1806	0.3958
Média Geral		63.0488	62.5675
CV (%)		0.6740	1.0056
Ve		0.1806	0.3958
Vgl		0.4940 **	0.2939 **
Vg		0.3738 **	0.3506 **
Vf		0.5424	0.5230
h²		0.6891	0.6703

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

FM = Florescimento masculino e FF = Florescimento feminino.

TABELA 03 - Estimativa de ganho genético direto nos caracteres avaliados para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DE SELEÇÃO (%)					
	5	10	15	20	25	30
RG (Kg.Ha⁻¹)	4.704	4.091	3.670	3.300	3.028	2.788
UM (%)	-0.376	-0.346	-0.327	-0.306	-0.287	-0.265
FM (dias)	-1.012	-0.859	-0.797	-0.723	-0.653	-0.603
FF (dias)	-0.952	-0.823	-0.745	-0.669	-0.605	-0.562
PQ (plts/plot)	-1.192	-1.098	-1.030	-0.955	-0.906	-0.853
TQA (%)	-2.422	-2.238	-2.065	-1.923	-1.820	-1.708

TABELA 04 - Estimativa de ganho genético direto, (%), nos caracteres avaliados para seleção para precocidade em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DE SELEÇÃO (%)					
	5	10	15	20	25	30
RG (%)	5.38	4.68	4.20	3.78	3.47	3.19
UM (%)	-2.13	-1.96	-1.85	-1.73	-1.63	-1.50
FM (%)	-1.61	-1.36	-1.27	-1.15	-1.04	-0.96
FF (%)	-1.52	-1.32	-1.19	-1.07	-0.97	-0.90
PQ (%)	-33.27	-30.64	-28.74	-26.64	-25.28	-23.82
TQA (%)	-30.42	-28.11	-25.93	-24.15	-22.85	-21.45

TABELA 05 - Estimativa do efeito indireto nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para umidade de grãos (UM) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DE SELEÇÃO (%)					
	5	10	15	20	25	30
RG	-2.235	-1.790	-1.159	-1.048	-1.124	-0.957
FM	-0.055	-0.052	-0.016	-0.043	-0.067	-0.074
FF	-0.077	-0.038	-0.069	-0.064	-0.088	-0.089
PQ	0.740	0.272	0.168	0.166	0.057	0.069
TQA	1.632	0.659	0.408	0.418	0.172	0.168

TABELA 06 - Estimativa do efeito indireto, (%), nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para umidade de grãos (UM) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DE SELEÇÃO (%)					
	5	10	15	20	25	30
RG (%)	-2.56	-2.05	-1.33	-1.20	-1.29	-1.10
FM (%)	-0.09	-0.08	-0.02	-0.07	-0.11	-0.12
FF (%)	-0.12	-0.06	-0.11	-0.10	-0.14	-0.14
PQ (%)	20.66	7.58	4.68	4.64	1.58	1.93
TQA (%)	20.50	8.28	5.12	5.25	2.15	2.11

TABELA 07 - Estimativa do efeito indireto nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para rendimento de grãos (RG) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DE SELEÇÃO (%)					
	5	10	15	20	25	30
UM	0.123	0.167	0.099	0.068	0.054	0.054
FM	-0.055	-0.124	-0.120	-0.097	-0.089	-0.059
FF	-0.021	-0.135	-0.164	-0.135	-0.120	-0.107
PQ	-0.407	-0.318	-0.197	-0.094	-0.079	-0.132
TQA	-0.959	-0.752	-0.491	-0.260	-0.232	-0.322

TABELA 08 - Estimativa do efeito indireto, (%), nos caracteres de seleção para precocidade, quando a seleção foi feita para rendimento de grãos, (RG) em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

CARACTERÍSTICA	PRESSÃO DE SELEÇÃO (%)					
	5	10	15	20	25	30
UM (%)	0.70	0.95	0.56	0.38	0.31	0.31
FM (%)	-0.09	-0.20	-0.19	-0.15	-0.14	-0.09
FF (%)	-0.03	-0.22	-0.26	-0.22	-0.19	-0.17
PQ (%)	-11.35	-8.87	-5.49	-2.62	-2.21	-3.68
TQA (%)	-12.05	-9.44	-6.16	-3.26	-2.92	-4.04

TABELA 09 - Estatísticas descritivas das características avaliadas nos 188 Testcrosses, nos locais de avaliação. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

Características	Média	Mín.	Máx.	SD
RG ⁽⁶⁾ (Kg.ha ⁻¹)	8.735,54	5.975,83	10.335,67	223.009
UM ⁽⁶⁾ (%)	17.64	16.48	19.82	1.8127
FM ⁽⁴⁾ (dias)	62.99	61.25	64.75	2.9727
FF ⁽⁴⁾ (dias)	62.57	60.75	64.25	3.0918
PQ ⁽⁶⁾ (plts/plot)	3.58	0.1667	12.1667	4.3836
TQA ⁽⁶⁾ (%)	7.96	0.40	25.45	9.0665

SD = Desvio Padrão

TABELA 10 - Estimativas do coeficiente de variação genética dos caracteres avaliados para seleção para precocidade. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

Característica	Vg	Média Geral	CVg (%)
RG ⁽⁶⁾	0.152066	8.742,83	17.39
UM ⁽⁶⁾	0.1497	17.66	0.85
FM ⁽⁴⁾	0.3738	63.049	0.59
FF ⁽⁴⁾	0.3506	62.5675	0.56
PQ ⁽⁶⁾	1.7892	3.4583	51.74
TQA ⁽⁶⁾	7.1997	7.80	92.26
PA ⁽⁶⁾	0.0124	0.15	8.55

ANEXOS

TABELA 11 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis ambientes, para o carácter RG, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	5	38035.6950	7607.139	115.139	<0.0001
Híbridos	(190)	(4912.2720)	25.8541	0.391	<0.0001
Testcrosses (G)	187	4241.2880	22.6807	0.15976	0.0000
Checks (C)	2	660.9992	330.4996	0.50482	0.0305
Testcros vs Checks	1	9.98478	9.98478		
Híbridos x Locais	(950)	(13487.299)	14.1972	0.215	0.0003
Testcros x Locais (L)	935	12675.5440	13.5567	0.20519	0.0007
Checks x Locais	10	654.68396	65.4684	0.99091	0.0000
G x C x L	5	157.07104	31.4142		
Resíduo	54	356.77300	6.6069		
Média Geral			8.7428		
CV (%)			9.30		
Ve			0.660691		
Vgl			0.694982	**	
Vg			0.152066	**	
Vf			0.378011		
h²			0.4023		

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

RG = Rendimento de grãos.

TABELA 12 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis ambientes, para o carácter UM, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	5	2017.0712	403.414	391.65	<0.0001
Híbridos	(190)	(648.9190)	3.4154	3.32	<0.0001
Testcrosses (G)	187	466.1434	2.4927	1.3639	0.0021
Checks (C)	2	166.9300	83.465	4.8313	0.0340
Testcros vs Checks	1	15.8456	15.846		
Híbridos x Locais	(950)	(1736.3401)	1.8277	1.77	0.0046
Testcros x Locais (L)	935	1490.9928	1.5946	1.5481	0.0222
Checks x Locais	10	172.7600	17.276	16.7721	0.0000
G x C x L	5	72.5873	14.517		
Resíduo	54	55.6225	1.0300		
Média Geral			17.666		
CV (%)			5.75		
Ve			1.0300		
Vgl			0.5646	*	
Vg			0.1497	*	
Vf			0.4155		
h²			0.3603		

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

UM = Umidade de grãos na colheita.

TABELA 13 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de quatro ambientes, para o carácter FM, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	3	5059.4038	1686.468	9340.44	<0.0001
Híbridos	(190)	(621.0988)	3.2689	18.10	<0.0001
Testcrosses (G)	187	405.7380	2.1697	3.1066	0.0000
Checks (C)	2	180.5000	90.2500	30.083	0.0007
Testcros vs Checks	1	34.8607	34.8607		
Híbridos x Locais	(570)	(398.0963)	0.6984	3.87	<0.0001
Testcros x Locais (L)	561	378.4162	0.6745	3.7359	0.0000
Checks x Locais	6	18.0000	3.0000	16.6154	0.0000
G x C x L	3	1.6800	0.5600		
Resíduo	36	6.5000	0.1806		
Média Geral			63.049		
CV (%)			0.67		
Ve			0.1806		
Vgl			0.4940	**	
Vg			0.3738	**	
Vf			0.5424		
h²			0.6891		

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

FM = Florescimento masculino.

TABELA 14 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de quatro ambientes, para o carácter FF, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	3	5508.055	1836.018	4638.36	<0.0001
Híbridos	(190)	(627.1675)	3.301	8.34	<0.0001
Testcrosses (G)	187	391.2380	2.0922	2.8200	0.0000
Checks (C)	2	185.3750	92.688	17.4016	0.0032
Testcros vs Checks	1	50.5545	50.554		
Híbridos x Locais	(570)	(422.8825)	0.7419	1.87	0.0111
Testcros x Locais (L)	561	386.9588	0.6898	1.7426	0.0210
Checks x Locais	6	31.9583	5.3264	13.4561	0.0000
G x C x L	3	3.9654	1.3218		
Resíduo	36	14.2500	0.3958		
Média Geral			62.568		
CV (%)			1.01		
Ve			0.3958		
Vgl			0.2939	*	
Vg			0.3506	**	
Vf			0.5230		
h²			0.6703		

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

FF = Florescimento feminino.

TABELA 15 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis ambientes, para o carácter PQ, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	5	10428.2667	2085.653	463.48	<0.0001
Híbridos	(190)	(5699.5000)	29.9974	6.67	<0.0001
Testcrosses (G)	187	5348.5000	28.6016	1.5776	0.0000
Checks (C)	2	57.2500	28.6250	2.3673	0.1440
Testcros vs Checks	1	293.7500	293.750		
Híbridos x Locais	(950)	(17223.1500)	18.1296	4.03	<0.0001
Testcros x Locais (L)	935	16705.3192	17.8667	3.9704	0.0000
Checks x Locais	10	120.9167	12.0917	2.6870	0.0096
G x C x L	5	396.9142	79.3828		
Resíduo	54	243.0000	4.5000		
Média Geral			3.4583		
CV (%)			61.34		
Ve			4.5000		
Vgl			13.3667	**	
Vg			1.7892	**	
Vf			4.7669		
h²			0.3753		

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

PQ = Plantas quebradas.

TABELA 16 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis ambientes, para o carácter TQA, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	5	40374.635	8074.927	272.86	<0.0001
Híbridos	(190)	(24187.995)	127.305	4.30	<0.0001
Testcrosses (G)	187	22914.508	122.537	1.5116	0.0001
Checks (C)	2	363.7908	181.895	2.3155	0.1491
Testcros vs Checks	1	909.6953	909.695		
Híbridos x Locais	(916)	(74253.0471)	81.062	2.74	<0.0001
Testcros x Locais (L)	901	71484.818	79.339	2.6810	0.0000
Checks x Locais	10	785.548	78.555	2.6545	0.0104
G x C x L	5	1982.682	396.536		
Resíduo	54	1598.040	29.593		
Média Geral			7.803		
CV (%)			69.71		
Ve			29.5933		
Vgl			49.7461	**	
Vg			7.1997	**	
Vf			20.4229		
h²			0.3525		

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

TQA = Total de plantas quebradas e acamadas (%).

TABELA 17 - Análise de variância conjunta e estimativas das variâncias fenotípicas, genotípicas, interação genótipo x local, erro experimental e coeficiente de herdabilidade, média de seis ambientes, para o carácter PA, em uma população segregante de milho. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

FV	GL	SQ	QM	F	Pr > F
Locais	5	24.2600	4.8520	2.30	0.0572
Híbridos	(190)	(100.7283)	0.5301	0.25	1.0000
Testcrosses (G)	187	76.3715	0.4084	1.1615	0.0857
Checks (C)	2	15.4444	7.7222	5.8403	0.0209
Testcros vs Checks	1	8.9124	8.9124		
Híbridos x Locais	(950)	(334.0317)	0.3516	0.17	1.0000
Testcros x Locais (L)	935	312.5168	0.3342	0.1587	1.0000
Checks x Locais	10	13.2222	1.3222	0.6277	0.7836
G x C x L	5	8.2926	1.6585		
Resíduo	54	113.750	2.1065		
Média Geral			0.1450		
CV (%)			1000.95		
Ve			2.1065		
Vgl			0.0000	ns	
Vg			0.0124	ns	
Vf			0.0681		
h²			0.1816		

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

PA = Plantas acamadas.

Tabela 18 - Coordenadas geográficas dos locais de avaliação dos ensaios para avaliação da precocidade nos testcrosses. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

Localidade	Altitude	Latitude	Longitude
Iraí de Minas	951	18° 59' 02" Sul	47° 27' 41" Oeste
Passos	745	20° 43' 08" Sul	46° 36' 35" Oeste
São Sebastião do Paraíso	991	20° 55' 01" Sul	46° 59' 29" Oeste
Uberlândia	863	18° 55' 07" Sul	48° 16' 38" Oeste
Uberaba	801	19° 44' 54" Sul	47° 55' 55" Oeste
Santa Helena de Goiás	562	17° 48' 49" Sul	50° 35' 49" Oeste

FONTE: IBGE.

Tabela 19 – Datas de semeadura e colheita dos ensaios para avaliação da precocidade nos testcrosses. Uberlândia-MG, Maio, 2008.

Localidade	Altitude	Semeadura	Colheita
Iraí de Minas	951	12/Nov/2006	10/Abril/2007
Passos	745	18/Nov/2006	04/Maio/2007
São Sebastião do Paraíso	991	03/Nov/2006	17/Abril/2007
Uberlândia	863	26/Out/2006	26/Março/2007
Uberaba	801	04/Nov/2006	05/Abril/2007
Santa Helena de Goiás	562	09/Nov/2006	11/Março/2007

FONTE: MONSANTO DO BRASIL LTDA.