**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Avaliação da eficiência do teste precoce no melhoramento
genético de soja**

Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de concentração:
Genética e Melhoramento de Plantas

**Piracicaba
2008**

Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho
Engenheiro Agrônomo

Avaliação da eficiência do teste precoce no melhoramento genético de soja

Orientador:
Prof. Dr. **ISAIAS OLÍVIO GERALDI**

Tese apresentada para obtenção do título de
Doutor em Agronomia. Área de Concentração:
Genética e Melhoramento de Plantas

**Piracicaba
2008**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP

Carvalho, Agnaldo Donizete Ferreira de
Avaliação da eficiência do teste precoce no melhoramento genético de soja / Agnaldo Donizete Ferreira de Carvalho. - - Piracicaba, 2008.
102 p.

Tese (Doutorado) - - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Genética quantitativa 2. Melhoramento genético vegetal 3. Seleção genética
4. Soja I. Título

CDD 633.34

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor"

Aos meus pais: Benedito e Edna;

Aos meus Irmãos e cunhados: Antonio e Cleuza; Maria Aparecida e Natalino;

Aos meus: Sobrinhos: Michel, Edna, Ester, Mariana e Rafaela;

À minha esposa Isabel Cristina Ferreira

Dedico

AGRADECIMENTOS

À Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo pela oportunidade de realizar este treinamento;

Ao Departamento de Genética da ESALQ/USP pela oportunidade oferecida para a realização do curso de doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pela bolsa de estudos concedida;

Ao Professor Isaias Olívio Geraldi, pela orientação, pela confiança e pela amizade demonstrada;

Aos Funcionários de laboratório, Gustavo Alexandre Perina e Fernandes de Araújo, pela grande força em meus trabalhos, o meu muito obrigado a vocês, serei eternamente grato;

Aos professores responsáveis por minha formação em Piracicaba: Carlos Tadeu dos Santos Dias, Décio Barbin, Margarida Aguiar-Perecin, Giancarlo Conde Xavier de Oliveira, Cláudio Lopes de Souza Júnior e Natal Antonio Vello;

Ao Professor Gil Câmara e ao Departamento de Produção Vegetal/Esalq/USP pela disponibilidade da trilhadeira de parcelas;

Aos funcionários do Departamento de Genética da ESALQ/USP, Marcos Cella, Antônio Roberto Cogo, Antônio de Pádua Gorga (Berdan), Valdir Próspero, Carlos Roberto Macedônio, Antônio Norberto Stabelin, Antônio Cesar Gonzales, Natálio Vieira, Nivaldo Laerte Pivetta, Antônio Marques Silveira, Benedito Edson Soares (Pipo), Carmo José Bueno de Campos, Rudinei de Jesus Graciani, Cláudio Roberto Segatelli, Aparecido da Silva, Aparecido Candido Siqueira, Décio José Simões Duarte, Francisco José Mandro, Haroldo Fernando Baltazar, João Batista Pires, José Aparecido de Jesus, José Modualdo Cucolo, Judas Tadeu Chinelatto, Irineu do Amaral, Miguel José Bettiol Neto, Miguel Ribeiro de Camargo Filho, Reginaldo de Toledo Lara, Vicente Delábio;

Aos Funcionários da Estação experimental do Anhembi: Carlos Baltazar, José Monteiro, Francisco de Assis Ribeiro, Isaias Monteiro, Alexandre de C. Campos e Manoel Antunes;

As secretárias: Léia e Neuza;

Ao Doutorando Luis Ricardo Hanay, por sua pronta disposição nas análises com marcadores moleculares;

Aos Colegas de laboratório: Paulo, Larissa, Guilherme, Maria, Márcia e Colombari.

Aos Amigos: Kelte, Sayonara, Ângela e Luis Antonio;

Aos colegas do Laboratório e Melhoramento do Milho: Sidney, Mateus, Pedro, Gustavo, Roberto;

A Dona Toshi e seu Toshiaki, que foram minha família em Piracicaba;

Aos colegas da Pensão: Bona, Gisele, Pâmela, Clarissa, Felipe, Paula, Diego, Robson, Priscila, Antônio, Jussara e Michele;

A todas as pessoas que contribuíram de forma ou de outra, mas que não foram citados por um lapso de memória, minhas desculpas!

A minha esposa Isabel Cristina, pelas numerosas contribuições nesse trabalho e imensuráveis contribuições na minha vida.

MUITO OBRIGADO!

Epígrafe

A Via Láctea Legião Urbana

Composição: Dado Villa-Lobos/ Renato Russo/ Marcelo Bonfá

Quando tudo está perdido
Sempre existe um caminho
Quando tudo está perdido
Sempre existe uma luz

Mas não me diga isso
Hoje a tristeza não é passageira
Hoje fiquei com febre a tarde inteira
E quando chegar a noite
Cada estrela parecerá uma lágrima

Queria ser como os outros
E rir das desgraças da vida
Ou fingir estar sempre bem
Ver a leveza das coisas com humor

Mas não me diga isso
É só hoje e isso passa
Só me deixe aqui quieto
Isso passa

Amanhã é um outro dia
Não é?

Eu nem sei porque me sinto assim

Vem de repente um anjo triste perto de mim
E essa febre que não passa
E meu sorriso sem graça
Não me dê atenção

Mas obrigado por pensar em mim

Quando tudo está perdido
Sempre existe uma luz
Quando tudo está perdido
Sempre existe um caminho

Quando tudo está perdido
Eu me sinto tão sozinho
Quando tudo está perdido
Não quero mais ser quem eu sou

Mas não me diga isso
Não me dê atenção
E obrigado por pensar em mim

Não me diga isso
Não me dê atenção
E obrigado por pensar em mim

SUMÁRIO

RESUMO.....	8
ABSTRACT	9
LISTA DE TABELAS	10
1 INTRODUÇÃO	13
2 DESENVOLVIMENTO	15
2.1 Revisão bibliográfica	15
2.1.1 Métodos de melhoramento utilizados na cultura da soja.....	15
2.1.2 A seleção precoce	18
2.1.3 Fundamentos teóricos do teste precoce.....	18
2.1.4 O teste precoce no melhoramento de espécies autógamas.....	21
2.1.5 O teste precoce na cultura da soja	28
2.2 Material e Métodos	30
2.2.1 Material.....	30
2.2.2 Métodos.....	31
2.2.2.1 Obtenção das sementes F_1	31
2.2.2.2 Obtenção das sementes F_2	31
2.2.2.3 Obtenção das progênies $F_{2:3}$	31
2.2.2.4 Obtenção das progênies $F_{3:4}$	31
2.2.2.5 Obtenção das progênies $F_{4:5}$	31
2.2.2.6 Avaliação experimental	32
2.2.2.6.1 Caracterização das estações experimentais	32
2.2.2.6.2 Condução dos experimentos	32
2.2.2.7 Caracteres avaliados.....	35
2.2.2.8 Análises estatístico-genéticas	35

2.2.2.8.1 Análises de variância.....	35
2.2.2.8.2 Estimativas dos componentes de variância e herdabilidade	37
2.2.2.8.3 Estimativas das respostas à seleção.....	39
2.2.2.8.4 Resposta observada a seleção	40
2.2.2.9 Avaliação das progênes selecionadas.....	41
2.2.2.9.2 Critério de Agrupamento de médias de Scott-Knott	42
2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	43
2.3.1 Progênes $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$	43
2.3.1.1 Análises de variância.....	43
2.3.1.2 Estimativas dos componentes de variância.....	45
2.3.1.3 Estimativas das respostas à seleção	48
2.3.2 Progênes $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$	51
2.3.2.1 Análises de variância.....	51
2.3.2.2. Estimativas das variâncias genéticas, fenotípicas, herdabilidade e coeficiente de variação genético, a partir das análises de variância conjunta	53
2.3.2.3 Respostas a seleção em % com base nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$	56
2.3.2.4 Comparação entre as respostas preditas e observadas com a seleção	58
2.3.3. Avaliação das 20 progênes selecionadas com testemunhas comerciais	66
2.3.3.1 Análises de variância.....	66
2.3.3.2 Agrupamento das médias pelo critério de SCOTT – KNOTT	68
2.3.4 Considerações Finais	72
3 CONCLUSÕES	73
REFERÊNCIAS	74
ANEXOS	84

RESUMO

Avaliação da eficiência do teste precoce no melhoramento genético de soja

O teste em gerações precoces no melhoramento genético de plantas consiste em identificar e selecionar progênies promissoras em gerações iniciais de endogamia, tais como F_2 ou F_3 , e com isso concentrar tempo e recursos somente em populações com potencial para gerar linhas puras superiores. Considerando a ocorrência de relatos conflitantes, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência do teste precoce no melhoramento genético de soja, utilizando uma população derivada de um cruzamento biparental entre as linhagens 14 e 38, contrastantes para produção de grãos, e selecionadas do cruzamento entre os genitores PI-123439 e PI-239235. Os tratamentos consistiram de uma amostra de 100 progênies de cada tipo: $F_{2:3}$, $F_{3:4}$ e $F_{4:5}$, que foram avaliadas em experimentos em látice 10 x 10 no ano agrícola 2005/6 na área experimental do Departamento de Genética da ESALQ/USP, em Piracicaba, SP. Os experimentos foram avaliados novamente no ano agrícola 2006/7, em dois locais: Piracicaba, SP e Anhumas, SP, utilizando, para isso, os *bulks* oriundos dos experimentos do ano anterior, isto é, progênies $F_{2:4}$, $F_{3:5}$ e $F_{4:6}$. A parcela experimental foi constituída de uma linha de 2 m de comprimento, espaçada de 0,5 m, contendo 35 plantas por parcela após o desbaste. Foram avaliados os seguintes caracteres: altura das plantas no florescimento (AF), dias para florescimento (DF), altura das plantas na maturação (AM), dias para maturação (DM) e produção de grãos por parcela (PG). Devido à baixa taxa de germinação das sementes nos experimentos derivados de plantas F_3 ($F_{3:4}$ e $F_{3:5}$) e, consequentemente à baixa precisão experimental, estes foram excluídos do estudo. Com base nos resultados dos experimentos de 2005/6 foram estimadas as variâncias genéticas e fenotípicas, os coeficientes de herdabilidades e as respostas esperadas com seleção, supondo diferentes intensidades (20%, 30%, 40% e 50%). Com base nos resultados das avaliações de 2006/7 foram obtidas as respostas observadas com seleção, que possibilitaram avaliar a eficiência do teste precoce nas diferentes intensidades de seleção. Observou-se uma boa correspondência entre as respostas preditas e observadas somente para as progênies $F_{4:5}$, fato este já esperado, considerando o alto grau de heterozigose nas progênies $F_{2:3}$. Os resultados gerais indicaram que a seleção em geração tão precoces como $F_{2:4}$ pode ser efetuada, desde que sejam utilizadas intensidades moderadas de seleção, da ordem de 40%.

Palavras-chave: Resposta à seleção; Seleção precoce; Eficiência da seleção; Teste precoce

ABSTRACT

Evaluation of early generation testing effectiveness in soybean breeding

Early generation testing in plant breeding consists of selecting progenies in early generations of selfing such as in F_2 or F_3 , in order to save time and resources. The objective of this work was to assess the early generation testing effectiveness in soybean breeding programs. The base population consisted of a two way cross between inbred lines 14 and 38, derived from the cross between PI-123439 and PI-239235 parents. Entries consisted of a sample of 100 progenies of each generation: $F_{2:3}$, $F_{3:4}$ e $F_{4:5}$, evaluated in lattice 10 x 10 designs in the 2005/6 growing season at Department of Genetics (ESALQ/USP) in Piracicaba, SP. In the 2006/7 growing season new experimental evaluations were performed, using the same experimental designs, in two locations: Piracicaba, SP, and Anhumas, SP, where the entries consisted of bulks derived from 2005/6 entries, i.e., $F_{2:4}$, $F_{3:5}$ and $F_{4:6}$ progenies. Plots consisted of single 2-meter-long rows spaced 0.5 meter apart, with 37 plants after thinning in all experiments. The following traits were evaluated: plant height at flowering (AF), days to flowering (DF), plant height at maturity (AM), days to maturity (DM), and grain yield (PG). Due to the low germination rate and, consequently, the low experimental precision, experiments of F_3 derived lines ($F_{3:4}$ and $F_{3:5}$) were eliminated. Estimates of genetics variances, heritabilities and expected response to selection, considering four selection intensities (20%, 30%, 40% e 50%) were obtained from 2005/6 evaluations. The observed responses to selection were obtained from the 2006/7 experiments, in order to evaluate the effectiveness of early selection. A good correspondence between estimated and observed responses to selection were observed only for experiments based on F_4 derived lines, which is expected, considering the higher degree of heterozygosity of the progenies in as early generations as in F_2 . General results has shown that selection based in early generation as in F_2 can be performed, using moderate intensities of selection, such as 40%.

Key words: response to selection, early generation testing, efficiency of selection; early selection

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 – Esquema da análise de variância e esperanças dos quadrados médios da análise intrablocos do látice, com genótipos ajustados, considerando a análise individual 36
- Tabela 2 – Esquema da análise de variância conjunta e esperanças dos quadrados médios da análise intrablocos do látice, com genótipos ajustados 37
- Tabela 3 – Análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos, em gramas/m² (PG) das progênies F_{2:3}, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06 43
- Tabela 4 – Análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos, em gramas/m² (PG) das progênies F_{4:5}, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06 43
- Tabela 5 – Estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI), da variância fenotípica entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_F^2$), da herdabilidade entre médias de progênies ($\hat{h}^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI) e coeficiente de variação genético (CV_g, %) para as progênies F_{2:3}, F_{4:5} para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos, em gramas/m² (PG) avaliadas na E. E. Genética, Piracicaba–SP, ano agrícola 2005/06 45
- Tabela 6 – Estimativas das respostas à seleção, em porcentagem (Rs%) nas gerações F_{2:∞} e F_{4:∞} com intensidades de seleção de 20, 30, 40 e 50% nas gerações F_{2:3} e F_{4:5} para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Genética, ESALQ/USP, Piracicaba , em 2005/06 49
- Tabela 7 – Análise de variância conjunta para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento,

em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos por parcela, em gramas/m²; (PG) para progênies F_{2:4}, de soja avaliada nas E. E. Genética/ESALQ/USP e E. E. Anhembi/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2006/07. 52

Tabela 8 – Análise de variância agrupada para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos por parcela, em gramas/m²; (PG) para progênies F_{4:6}, de soja avaliada nas E. E. Genética/ESALQ/USP e E. E. Anhembi/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2006/07. 52

Tabela 9 – Estimativas das variâncias genéticas entre médias de progênies (σ_g^2) com seus limites superior (LS) e inferior (LI), da variância da interação genótipos x locais ($\sigma_{g \times l}^2$), da herdabilidade entre médias de progênies ($\hat{h}^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI) e coeficiente de variação genético (CV_g) para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos por parcela, em gramas/m² (PG) com base na análise conjunta entre os experimentos avaliados na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba – SP, ano 2006/07 54

Tabela 10 – Estimativas das respostas esperadas com seleção (Rs%) nas gerações F_{2:∞} e F_{4:∞} com intensidade de seleção de 20, 30, 40 e 50% nas gerações F_{2:4} e F_{4:6} para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba – SP no ano agrícola 2006/07 57

Tabela 11 – Estimativas das respostas à seleção, para o caráter produção de grãos, em porcentagem, com base nas estimativas da herdabilidade obtidas na avaliação das progênies F_{2:3} e F_{4:5}, na E. E. Genética, Piracicaba-SP, safra 2005/06 e respostas observadas, em porcentagem, com base no desempenho das progênies F_{2:4} e F_{4:6}, avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba – SP no ano agrícola 2006/07 58

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das

plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m ² ; (PG) para as progênies selecionadas F _{2:4} avaliadas em E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba - SP, 2006/07	67
---	----

Tabela 13 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m ² ; (PG) para as progênies selecionadas F _{4:6} avaliadas em E. E. Genética e E. E. Anhembi. Piracicaba - SP, 2006/07	67
---	----

Tabela 14 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m ² , para as progênies F _{2:4} avaliadas análise conjunta envolvendo os experimentos na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07	69
--	----

Tabela 15 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m ² , para as progênies F _{4:6} avaliadas análise conjunta envolvendo os experimentos na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07	70
--	----

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é um dos principais produtos de exportação do agronegócio brasileiro. A difusão da cultura para todas as regiões do país ocorreu principalmente devido aos trabalhos de melhoramento genético que permitiram a adaptação da cultura a diferentes latitudes e a incorporação, a cada ano, de cultivares com maior potencial produtivo, que resultaram no sucesso desta cultura a partir de meados da década de 1970. No entanto, para manter os altos níveis de produtividade, existe a necessidade constante de que os programas de melhoramento desenvolvam cultivares mais produtivos que os pré-existentes, incorporando ainda novas características de interesse agrônomo, principalmente resistência a doenças e pragas. Além disso, é preciso desenvolver e utilizar metodologias de melhoramento que permitam a obtenção de resultados em menor tempo.

A eficiência de um método de melhoramento é avaliada através do progresso médio obtido por ano, o que torna os métodos que completam um ciclo de seleção em menor tempo, mais atraentes para o pesquisador. No melhoramento de espécies autógamas existem dois métodos que se enquadram neste contexto: o SSD (single-seed descent) e o teste precoce (early generation testing).

O teste precoce é utilizado no melhoramento de espécies autógamas para avaliar o potencial das progênies per si em estágios precoces (progênies derivadas de plantas F_2 ou progênies derivadas de plantas F_3). Com isso, eliminam-se as progênies de baixo potencial e concentram-se os esforços e recursos naquelas de alto potencial, para os caracteres de interesse. O método, portanto, baseia-se na premissa de que o desempenho de uma progênie em gerações precoces é um bom preditor das performances das linhas puras dela derivadas, premissa essa questionada por muitos pesquisadores.

Os resultados obtidos com o teste precoce no passado foram inconsistentes. Muitos pesquisadores relatam resultados positivos (FREY, 1954; BOERMA; COOPER, 1975; SHARMA, 1994), enquanto outros não (BRIGGS; SHEBESKI, 1971; SEITZER; EVANS, 1978). Este conflito de resultados pode ser explicado por diversas razões, pois dizem respeito a espécies e populações diferentes e, portanto, com diferentes graus de variabilidade genética. Além disso, o método tem sido conduzido de forma diferente por

diferentes pesquisadores, dificultando as comparações dos resultados. Além disso, em alguns casos a seleção é praticada em progênies derivadas de plantas F_2 (progênies $F_{2:3}$, por exemplo), enquanto que em outros, em progênies derivadas de plantas F_3 (progênies $F_{3:4}$, por exemplo). Também, diferentes intensidades de seleção têm sido aplicadas nas etapas de seleção entre progênies (teste precoce) e, posteriormente, dentro de progênies.

Verifica-se ainda que apesar da importância do assunto, existem poucos trabalhos relacionados com o teste precoce em soja, e que estes basicamente foram realizados em países de clima temperado, havendo muito poucos resultados obtidos em condições tropicais. Ressalte-se ainda que a importância do teste precoce tem aumentado nos últimos anos, devido, principalmente, ao uso cada vez mais freqüente de métodos de seleção recorrente em espécies autógamas, onde as progênies geralmente são avaliadas em gerações precoces.

Dessa maneira os objetivos do presente trabalho compreendem a avaliação da eficiência da seleção precoce em soja, com ênfase na produção de grãos, a partir de progênies derivadas de plantas F_2 , isto é, progênies $F_{2:3}$.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Revisão bibliográfica

2.1.1 Métodos de melhoramento utilizados na cultura da soja

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma espécie provavelmente tetraplóide; no entanto, possui comportamento meiótico típico de uma espécie diplóide ($2n=40$) (WILCOX, 1987), mas autógama, ou seja, existe predominância da autopolinização, (mais que 95%). O processo que permite a autogamia na soja é conhecido como cleistogamia. Esse fenômeno se dá com a polinização e fecundação antes da abertura da flor andrógina (BUENO et al., 2001).

Desse modo, os métodos de melhoramento genético empregados na cultura da soja são os normalmente utilizados em espécies autógamas. Existem métodos que exploram a variabilidade natural existente; neste caso, têm-se a introdução de linhagens, variedades ou cultivares, a seleção massal e a seleção de plantas individuais com teste de progênie. Outros métodos utilizam a variabilidade gerada pelo cruzamento entre duas ou mais linhagens diferentes; neste caso, tem-se o método genealógico, o método da população, o “single seed descent” (SSD) entre outros (FEHR, 1987).

A introdução de plantas é o método mais simples e rápido no melhoramento de plantas. Após a introdução, os genótipos são avaliados quanto ao seu potencial agrônomo, seguido de seleção e se algum apresentar superioridade em relação às cultivares existentes, o mesmo é multiplicado e liberado aos agricultores. Cultivares importantes no Brasil como: Bragg, Bossier, Davis, entre outras, são originárias de introduções norte-americanas (MEDINA, 1981).

Na cultura da soja, a seleção massal é também usada para a purificação de cultivares estabelecidos ou na fase final da multiplicação de sementes de uma cultivar experimental, selecionada para ser uma nova cultivar. Esse método baseia-se apenas na detecção e eliminação (*roguing*) de plantas atípicas dentro de uma população (VELLO, 1992).

A seleção de plantas individuais com teste de progênie consiste em selecionar visualmente dentro de uma população heterogênea, (devido a cruzamentos naturais, mutações ou mistura mecânica), plantas com superior valor agrônomo. Estas passam

por processos de multiplicação e seleção. Ao se fazer a multiplicação de sementes, é possível aumentar o tamanho da parcela experimental, o número de repetições e os locais avaliados. Assim, linhagens homogêneas com desempenho superior ao da população original ou ao das testemunhas comerciais podem ser distribuídas aos agricultores (FEHR, 1987).

A hibridação artificial em plantas tem como objetivo reunir em um genótipo alelos favoráveis que estejam presentes em diferentes genitores. Desse modo, a partir da geração F_2 a variabilidade genética criada vai sendo liberada e é possível explorá-la por meio dos seguintes métodos aplicados em plantas autógamas.

No método *bulk* ou população, a partir da geração F_2 , uma amostra de sementes é tomada em conjunto para formar a geração F_3 , da mesma forma, esse processo se repete até as gerações F_5 ou F_6 . Então, “abre-se” o *bulk*, ou seja, plantas individuais são colhidas dando origem às progênes que serão avaliadas em ensaios com repetições, até que se identifiquem as melhores linhas puras. As linhagens selecionadas entram em ensaio regional de competição e posteriormente ensaio nacional podendo se tornar uma nova cultivar. No método não se faz seleção para nenhum caráter antes que a maioria dos locos estejam em homozigose. No entanto na prática, os melhoristas fazem seleção para caracteres de alta herdabilidade, como porte e arquitetura de plantas, e ciclo vegetativo (BUENO et al., 2001).

O método genealógico ou *pedigree* consiste na seleção artificial a partir da geração F_2 . As melhores plantas F_2 são colhidas individualmente gerando as progênes F_3 . As progênes F_3 são cultivadas em fileiras, fazendo-se seleção entre e dentro das progênes. Cada planta F_3 selecionada dará origem a uma progênie F_4 . Na geração F_4 também se pratica seleção entre e dentro de progênes. A partir de F_5 realiza-se seleção apenas entre progênes. A seleção continua até não existir mais variabilidade entre progênes. As progênes então superiores são avaliadas, com testemunhas comerciais, em ensaios de competição regionais e posteriormente nacionais. Identificada às linhagens superiores, estas poderão formar uma nova cultivar/multilinha e ser liberada aos produtores (VELLO, 1992). Uma limitação séria do método genealógico é a eficiência da seleção visual para caracteres de baixa herdabilidade, como produção de grãos, que são sempre pouco eficazes (CUTRIM, et al., 1997).

Principalmente porque diferenças a serem detectadas em caracteres como produção de grãos é cada vez menor (RAMALHO et al., 2001).

O método da descendência de uma única semente SSD (Single Seed Descent – SSD) tem como essência o avanço rápido das gerações (de F_2 até a geração F_5 , normalmente) sem que haja seleção natural ou artificial. Assim sendo, este método pode ser aplicado em qualquer estação e/ou ambiente: campo, casa-de-vegetação e em diferentes locais (FEHR, 1987). Uma das principais vantagens desse método é a redução do espaço necessário para o avanço das gerações até atingir a homozigose. Como desvantagem, esse método tem a perda de variabilidade genética dentro das progênes e perdas de progênes devido a problemas de germinação que ficam em torno de 30% a cada geração. Para resolver esse problema, foram desenvolvidas modificações desse método para garantir maior representatividade das plantas F_2 em gerações mais avançadas. No caso da soja, e de outras leguminosas, uma modificação foi o método descendente de uma única vagem (Single Pod Descent – SPD), em que uma vagem de cada progênie é colhida e plantada, sendo assim, cada planta representada pelos indivíduos de uma vagem na geração seguinte (RAMALHO et al., 2001).

O método do *bulk* dentro de progênes foi proposto por Frey (1954). Esse método tem como essência a colheita de plantas individuais em gerações F_2 ou F_3 , onde cada semente originará uma progênie, sendo as sementes de cada planta misturadas para formar a geração seguinte. E tem como vantagens a associação dos principais métodos de condução de populações segregantes em autógamas (*bulk* e genealógico) e a capacidade de maior representatividade da amostra, em relação ao método *bulk*, e menor trabalho com anotações de genealogia, em relação ao método genealógico,

No método *bulk* dentro de progênes, ao contrário do *bulk* em que as progênes são abertas em gerações F_5 ou F_6 , as mesmas são abertas em gerações precoces. Normalmente têm-se progênes $F_{2:3}$ ou $F_{3:4}$. Estas progênes são avançadas por mais algumas gerações podendo-se fazer avaliações em ensaios com repetições. A seleção é feita com base no desempenho das progênes nessas avaliações, sendo selecionadas as melhores progênes e as melhores linhas dentro de cada progênie. Esse método se beneficia da avaliação experimental e não visual, além disso, as

avaliações são feitas em vários ciclos, assim, a seleção de uma progênie é feita com base no desempenho médio durante os ciclos de avaliação, resultando em informações mais confiáveis pela atenuação da interação genótipos x ambientes (RAMALHO et al., 1993).

2.1.2 A seleção precoce

O teste em gerações precoces é usado em espécies alógamas ou autógamas na avaliação do potencial genético de um indivíduo, progênie ou população, em gerações iniciais de endogamia. O principal objetivo é eliminar progênies ou populações pouco promissoras, que seguramente não terão potencial genético para dar origem a linhagens superiores (FEHR, 1987).

O conceito de teste em gerações precoces para capacidade de combinação foi proposto por Jenkins em 1935 para a cultura do milho, com base em seus trabalhos de autofecundação. Até o desenvolvimento desses estudos, a prática comum em programas de melhoramento de milho, era a autofecundação, sendo a seleção praticada somente em linhagens com alto grau de homozigose (FEHR, 1987).

Em espécies autógamas existem dois conceitos diferentes para o termo seleção precoce.

O primeiro foi descrito por Immer (1941) em um trabalho com cevada e refere-se a eliminação de *bulks* com baixo potencial genético em gerações precoces, dentre os muitos gerados num programa de melhoramento genético.

O segundo, e que está sendo abordado nesse trabalho, refere-se à identificação de progênies superiores dentro de uma mesma população em gerações iniciais.

2.1.3 Fundamentos teóricos do teste precoce

O teste precoce (Early generation testing), em espécies autógamas, refere-se basicamente à avaliação de progênies derivadas de plantas F_2 (progênies $F_{2:3}$ ou $F_{2:4}$) ou de plantas F_3 (progênies $F_{3:4}$ ou $F_{3:5}$) em experimentos com repetições. Com base nesses experimentos, as progênies inferiores são descartadas e, assim, podem ser alocados mais recursos e esforços naquelas com maior potencial de produção de linhas puras superiores. O método, portanto, baseia-se na premissa de que a performance de uma progênie em gerações precoces é boa preditora das

performances das linhas puras dela derivada (FEHR, 1987; BOS; CALIGARI, 1995; BERNARDO, 2003;). Embora tradicionalmente se utilize as gerações F_2 - ou F_3 -, no teste precoce, maiores correlações entre o desempenho das progênes em gerações sucessivas tem sido quando se avalia progênes em gerações mais avançadas, ou seja, maior proporção de locos em homozigose, isso sugere que ao se fazer seleções em progênes com maior grau de endogamia, maiores as probabilidades de sucesso com o processo seletivo (BOS; CALIGARI, 1995)

Segundo Fehr (1987), o principal objetivo do teste precoce seria aumentar o número de progênes com desempenho superior à média da população original. Contudo, esse autor discute algumas limitações do método, tais como: onerosidade, devido à necessidade de avaliação das progênes, e maior tempo gasto até a fase final de endogamia, se comparado ao SSD. Em espécies como a soja, o teste precoce permite a avaliação de apenas uma geração por ano enquanto, o SSD possibilita de 2 a 3 gerações por ano em casa-de-vegetação.

Devido à importância da seleção precoce, sua eficiência foi utilizada em várias espécies empregando diferentes métodos de condução de populações segregantes. No entanto, em função da ineficácia da seleção visual, o método mais adequado restringe-se ao método do *bulk* dentro de progênes em ensaios com repetições. No entanto, uma limitação desse procedimento é a interação genótipos x ambientes que pode reduzir a eficiência do teste precoce (ROSAL, 1999).

Para o entendimento teórico da metodologia da seleção precoce, Bernardo (2003), ao considerar um caráter quantitativo, sem efeitos de ligação e de epistasia, desenvolveu o seguinte raciocínio: supondo um loco B, em que BB tenha valor genotípico a , Bb tenha valor genotípico d e bb valor genotípico $-a$. Considerando dominância completa, tem-se, a e d iguais a 1. No cruzamento entre dois pais contrastantes BB e bb, todos os indivíduos da população F_1 serão Bb e na geração F_2 tem-se: $\frac{1}{4}$ de indivíduos BB, $\frac{1}{2}$ indivíduos de Bb e $\frac{1}{4}$ de indivíduos bb. Após a autofecundação de plantas F_2 têm-se progênes $F_{2:3}$ e a média genotípica destas progênes são: 1 para as progênes autofecundadas de plantas de genótipo BB; 0,50 como resultados das progênes $F_{2:3}$ provenientes da autofecundação de plantas de genótipo Bb; e -1 para as progênes $F_{2:3}$ originadas da autofecundação de plantas F_2

com genótipo bb. Sucessivas gerações de autofecundação nas progênes de genótipo BB e bb não acarretarão mudanças nos valores genotípicos para esse loco. No entanto, para as progênes $F_{2:3}$ de genótipo Bb as sucessivas gerações de autofecundação irão reduzir o número de heterozigotos pela metade, a cada geração, de forma que em gerações avançadas têm-se genótipos BB e bb com iguais probabilidades de ocorrência. A correlação genética entre o desempenho das progênes $F_{2:3}$ e suas gerações homozigotas são calculadas por meio dos seguintes pares (cada par com frequência de 25%) : (1, 1) para BB; (0,50, 1) para as progênes $F_{2:3}$ Bb e suas linhagens BB, (0,50, -1) para as progênes $F_{2:3}$ Bb e suas linhagens homozigóticas bb; e (-1, -1) bb. Com esses valores tem-se a correlação de 0,68 entre as plantas F_2 e suas progênes $F_{2:3}$. Utilizando o mesmo raciocínio, para as gerações, F_3 , F_4 e F_5 com as linhagens delas derivadas em F_∞ , tem-se as seguintes correlações genéticas, respectivamente: 0,87; 0,94 e 0,97. Com esses valores de correlação genética esperar-se-ia que o desempenho de uma geração avançada poderia ser predita em gerações nos estágios iniciais. No entanto, na prática tem-se observado que os efeitos não genéticos influenciam sobremaneira os resultados com seleção precoce (Scott et al., 1994).

Utilizando o raciocínio descrito por Bernardo (2003), pode-se aplicar o exemplo utilizado por Santos (2001) para verificar a eficiência da seleção precoce. Segundo este autor, ao se eliminar indivíduos de genótipo bb, a nova população seria composta por $\frac{1}{3}$ de indivíduos com genótipo BB e $\frac{2}{3}$ com genótipos Bb. Esses indivíduos Bb segregarão na proporção de $\frac{1}{4}$ BB, $\frac{1}{2}$ Bb e $\frac{1}{4}$ bb. Assim a geração F_3 passará a ter as seguintes proporções genotípicas de $\frac{1}{2}$ BB, $\frac{1}{3}$ Bb e $\frac{1}{6}$ bb. Assim observa-se que a seleção fez com que o número de indivíduos com pelo menos um alelo favorável consista em $\frac{5}{6}$, ou seja, de 83,3%, na ausência de seleção a proporção de indivíduos com pelo menos um alelo favorável na geração F_3 seria $\frac{5}{8}$, ou seja, 62,5%. Se a seleção fosse praticada na geração F_3 , eliminando todos os indivíduos com genótipo bb, ter-se-ia a proporção de 90% dos indivíduos com pelo menos um alelo favorável, contra 56,25% se nenhuma seleção fosse aplicada. Esse exemplo evidencia a vantagem em se fazer à seleção em gerações precoces, visando aumentar a

freqüência dos alelos favoráveis e conseqüentemente a média das progênies, como enfatiza Fehr (1987).

Bernardo (1991) demonstrou claramente as condições para que a seleção precoce fosse eficiente. Segundo este autor, a correlação genética (r_g) entre o desempenho fenotípico de uma progênie na geração n (F_n) e o seu desempenho genotípico na geração n' ($G_{n'}$) é dada por $r_{F_n G_{n'}} = r_{G_n G_{n'}} h_{n'}$, ou seja, é em função da raiz quadrada da herdabilidade e da correlação genética entre as gerações G_n e $G_{n'}$, que segundo o autor é função apenas do coeficiente de endogamia $r_{G_n G_{n'}} = [(1 + F_n)/(1 + F_{n'})]^{1/2}$. Geralmente se tem altos coeficientes de endogamia. Assim, a eficiência de um processo seletivo depende quase que exclusivamente, da herdabilidade do caráter. Como os coeficientes de herdabilidade geralmente são baixos para caracteres poligênicos, isso explicaria todos os insucessos com a seleção precoce encontrados na literatura.

2.1.4 O teste precoce no melhoramento de espécies autógamas

O teste precoce, na realidade, foi inicialmente utilizado no melhoramento da cultura do milho. Neste caso, porém, por se tratar de uma espécie tipicamente alógama, em que o objetivo final era a produção de um cultivar híbrido, ele foi inicialmente concebido para a avaliação de progênies parcialmente endogâmicas em cruzamento com um testador, denominado *top-crosses* (JENKINS, 1940). Posteriormente, o mesmo princípio foi utilizado para a avaliação de progênies (principalmente S_1 , isto é, uma geração de autofecundação) em programas de seleção recorrente (HULL, 1945). A literatura é, portanto, bastante vasta quanto aos resultados de testes precoces no melhoramento de espécies alógamas, particularmente do milho, havendo, de início, resultados conflitantes. Hoje, porém, este conflito aparentemente não existe, de forma que a avaliação em gerações precoces, tanto de linhagens para a produção de híbridos, quanto de progênies S_1 em programas de seleção recorrente, passou a ser uma rotina nos programas de melhoramento dessa cultura (FEHR, 1987).

Em espécies autógamas, muitos estudos têm-se mostrado efetivos quanto ao teste precoce (MAHMUD; KRAMER, 1951; FREY 1954; NTARE; AKEN'OVA, 1985; SHARMA, 1994; SAINT-MARTIN; GERALDI, 2002;), por outro lado, outros se mostram

ineficientes (WEISS et al., 1947; BRIGGS; SHEBESKI, 1971; KNOTT; KUMAR, 1975; SEITZER; EVANS, 1978, JONES; SMITH, 2006)

Um dos primeiros trabalhos bem detalhados sobre o uso de testes precoces em espécies autógamas foi realizado por Frey (1954) com a cultura da cevada (*Hordeum vulgare* L.). Basicamente este autor propunha o uso do método em substituição ao método pedigree, por considerar este último muito trabalhoso e também oneroso. O método proposto por este autor previa a seleção entre plantas F_2 somente para características de alta herdabilidade, como resistência a doenças. As progênies derivadas das plantas F_2 (progênies $F_{2:3}$), então, deveriam ser multiplicadas, visando à obtenção de um número de sementes suficiente para os experimentos de avaliação. A avaliação, portanto, seria realizada a partir de F_4 (progênies $F_{2:4}$) para a produção de grãos e demais caracteres quantitativos. Isso, segundo o autor, eliminaria o exaustivo trabalho do método genealógico, isto é, seleção entre e dentro de progênies segregantes, além de permitir um descarte precoce de progênies inferiores. Conseqüentemente, uma maior atenção e recursos eram alocados nas progênies superiores, permitindo uma avaliação mais segura destas e, posteriormente, dentro dessas progênies promissoras seriam selecionadas as linhas puras superiores. A redução do tamanho dos experimentos para a avaliação das progênies, devido à seleção precoce, permitiria a exploração de um maior número de cruzamentos. O autor testou o método a partir de dois cruzamentos. Verificou a ocorrência de uma boa concordância entre progênies derivadas de plantas F_2 (progênies F_{2-}) e progênies derivadas de plantas F_3 (progênies F_{3-}) e que, portanto, a seleção poderia ser realizada inicialmente entre progênies F_{2-} e, posteriormente, em gerações mais avançadas. Evidentemente, a correlação entre progênies em diferentes gerações foi maior para os caracteres de maior herdabilidade. Uma série de outros trabalhos realizados em espécies autógamas atesta a possível eficiência de testes em gerações precoces. Fiuzat e Atkins (1953) sugerem que a seleção para produção de grãos em cevada deve ser realizada com progênies já a partir da geração F_3 . Igualmente, Whitehouse (1953) e Lupton e Whitehouse (1955) relatam a obtenção de sucesso na seleção a partir de progênies F_3 em trigo. Por outro lado, Fowler e Heine (1955) trabalhando com trigo e

Atkins e Murphy (1949), com aveia, questionaram o valor dos testes para produção a partir de gerações F_2 ou F_3 .

Em um estudo visando comparar as performances de progênies F_2 e F_6 para a produção de grãos e de outras características agronômicas em cevada (*Hordeum vulgare* L.), McKenzie e Lambert (1961) também verificaram uma maior correlação entre as gerações para caracteres de alta herdabilidade. Para a produção de grãos esta correlação ocorreu somente em parte dos cruzamentos. Porém, a ausência de correlação se deu principalmente em cruzamentos com baixa variabilidade para o caráter, o que explica este resultado.

Briggs e Shebeski (1971), avaliaram o efeito da seleção precoce em 3 diferentes populações F_3 de trigo (*Triticum aestivum* L.) para parâmetros de qualidade de panificação. O trabalho se constituiu em selecionar plantas F_3 e acompanhar seu desempenho na geração F_3 . Para produtividade, nos três anos de avaliação, ocorreu correlação entre a média da geração F_3 e a geração F_5 delas derivadas em apenas um ano. Nos outros dois anos as correlações foram baixas ou negativas. Contudo, com base em estimativas de herdabilidade obtidas na geração F_5 , afirmam que a seleção em progênies derivadas de plantas F_3 (progênies $F_{3..}$) pode ser de grande valor nos procedimentos de melhoramento visando o melhoramento da qualidade de panificação. Em uma série de estudos em trigo (*Triticum aestivum* L.), McNeal et al. (1964), Heyne e Finney (1965) e Lebsack et al. (1964) também relataram a eficiência do teste precoce em gerações F_3 para qualidade de panificação.

Segundo Fasoulas (1973) a seleção visando aumentar a produtividade de grãos tem sido falha, haja vista, a quase nula correlação entre a média de plantas F_2 e suas progênies $F_{2.3}$. Uma solução para esse problema segundo Knott (1972) seria diminuir a variação ambiental na avaliação da geração F_2 . Isso possibilitaria aumentar a herdabilidade e conseqüentemente os ganhos com seleção.

Algumas tentativas foram feitas para atenuar o efeito ambiental em seleção precoce. Fasoulas (1973) propôs um arranjo em forma de colméia denominado *honeycomb*. Por esse esquema, seis plantas ficam distribuídas eqüidistantes num plano hexagonal. A progênie a ser avaliada é semeada numa cova no centro desse hexágono e o desempenho dessa planta na cova é comparado com as seis plantas

circunvizinhas. Devido o insignificante efeito ambiental dentro da colméia, os efeitos do componente de variância fenotípica e suas interações podem ser considerados nulos, assim, toda variância encontrada na colméia é considerada variância genética. Muitos estudos com diferentes espécies utilizaram o método da colméia proposto por Fasoulas (1973), por exemplo, com trigo (SAADALLA, 1994), centeio (KIRIAKOU; FASOULAS, 1985), arroz (NTANOS; ROUPAKIAS, 2001) e aveia (BENIN et al., 2004).

O'Brien et al. (1978) avaliaram a resposta à seleção para a produção de grãos na geração F_3 de quatro populações distintas em trigo (*Triticum aestivum* L.). Para isso selecionaram as melhores progênies $F_{2:3}$, sendo as produtividades avaliadas nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{2:5}$. Os resultados mostraram que o potencial produtivo foi inconsistente, sendo apenas dois dos quatro cruzamentos. Constataram ainda a influência do ambiente interferindo na seleção precoce pela variação entre os genótipos e pela interação genótipos x ambientes.

Ainda com trigo (*Triticum aestivum* L.), Seitzer e Evans (1978) avaliaram três populações por três diferentes métodos de condução: 1) pedigree, em que a seleção foi visual e praticada na geração F_3 ; 2) teste precoce para produtividade, onde progênies F_3 foram comparadas com tratamentos controles e; 3) onde as progênies F_3 foram comparadas em covas com repetições. A eficiência desses métodos foi avaliada em experimentos na geração F_5 em dois ambientes. Os três métodos apresentaram resultados semelhantes. Os autores concluíram que o teste precoce pode ser útil para selecionar progênies com desempenho produtivo superior à média da população original. No entanto, os valores preditos dependerão da precisão das estimativas das produtividades bem como da herdabilidade do caráter, que é variável em diferentes cruzamentos.

Whan et al. (1981) também realizaram um estudo amplo de correlações entre gerações diferentes em trigo (*Triticum aestivum* L.). Obtiveram estimativas de correlações de 0,51**, 0,68** e 0,78**, respectivamente, entre gerações F_2 e F_3 , F_3 e F_4 e F_4 e F_5 , consideradas altas pelos autores. Verificaram, porém, a ocorrência de correlações de magnitudes diversas entre as progênies F_2 e as progênies F_5 , isto é, valores baixos, médios e altos. Atribuem a baixa correlação, em grande parte, à interação entre genótipos x anos, visto que tais gerações foram avaliadas em anos

diferentes, portanto, em condições que podem ser muito distintas. Com o objetivo de melhorar a eficiência do método, sugeriram a obtenção de progênies em gerações precoces (F_2 ou F_3), a multiplicação destas por uma geração para aumentar a quantidade de sementes e a realização de experimentos de avaliação em vários locais, a fim de reduzir a influência da interação na resposta à seleção. Os autores sugeriram ainda, a escolha de locais contrastantes, para simular a variação ambiental existente entre anos, melhorando a eficiência do método.

Um estudo com caupi (*Vigna unguiculata* L. Walp) foi realizado por Ntare e Aken'Ova (1985). Para isso, os autores obtiveram 18 *bulks*, e com base em caracteres de alta herdabilidade selecionaram as melhores 540 progênies $F_{2:3}$. Estas foram avaliadas em quatro ambientes e as melhores progênies $F_{2:4}$ foram selecionadas com base no desempenho médio dos quatro ambientes. De cada progênie $F_{2:4}$, foram tomadas plantas individuais, formando assim, progênies $F_{3:4}$. Estas foram multiplicadas formando assim a geração $F_{3:5}$, que foram avaliadas em três ambientes. Os autores encontraram alta correlação (0,64) entre as progênies $F_{2:3}$ selecionadas e as progênies $F_{3:5}$ delas derivadas e concluíram que para o caupi a seleção para adaptabilidade em gerações precoces seria possível.

Um trabalho com trigo (*Triticum aestivum* L.), comparando os métodos de SSD e seleção precoce foi realizada por Van Oeveren (1992). Quanto à seleção precoce, o autor argumentou que o teste foi pouco preciso na estimação dos componentes de variância, pois, os efeitos de tamanho da parcela, competição intergenotípica e efeitos de dominância/epistasia interferem nas estimativas e isso resultou numa classificação errada das progênies levando o melhorista a descartar genótipos potenciais. Por outro lado, as estimativas com o método SSD são mais precisas e assim as melhores linhas são de fato selecionadas. O autor ressalta que com base em seu trabalho o método SSD deve ser preferido em programas de melhoramento genético.

A eficiência do teste precoce em ervilha (*Pisum sativum*) foi realizada por Rana e Gupta (1993). As seleções foram realizadas nas gerações F_2 e F_3 e as respostas à seleção verificadas nas gerações F_3 , F_4 e F_5 . Esses autores verificaram que as respostas à seleção e as herdabilidades aumentaram com o avanço das gerações. A seleção de plantas F_2 não mostrou nenhuma correlação com as progênies $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$.

para nenhum caráter avaliado, com exceção do míldio pulverulento (*Erysiphe pisi*) que apresentou constantes em todas as gerações. Todavia, a seleção em plantas F_3 apresentou-se altamente correlacionada com suas progênes $F_{3:4}$ e $F_{4:5}$ para os caracteres produção de grãos, e vários outros componentes de produção. Diante desses resultados os autores concluíram que a resposta à seleção deveria ser em gerações posteriores a F_2 , exceto para caracteres de herança mais simples como o míldio pulverulento onde a seleção foi efetiva na geração F_2 .

Um trabalho com período de enchimento de grãos em trigo (*Triticum aestivum* L.) foi realizado por Sharma (1994). Para isso, o autor utilizou 6 populações divergentes no método genealógico e selecionou as melhores plantas F_2 . Os resultados encontrados por esse autor permitiram concluir que a seleção para período de enchimento dos grãos pode ser realizada em gerações precoces, o que traria ganhos genéticos sobre esse componente de produção.

Com a cultura do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) Bhat et al. (1996) selecionaram plantas F_2 que deram origem as progênes $F_{2:3}$, e plantas selecionadas em $F_{2:3}$ que deram origem às progênes $F_{3:4}$, sendo ambas as gerações avaliadas em experimentos com repetições. Com base nos ganhos genéticos e na herdabilidade realizada, utilizando 20% de seleção concluíram que a seleção foi mais eficiente entre progênes do que dentro progênes e que a seleção precoce foi eficiente especialmente para a produtividade de grãos.

Para a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Ranalli et al. (1996), avaliaram a eficiência da seleção precoce em plantas F_3 e o desempenho das progênes $F_{3:5}$ delas derivadas. Os autores verificaram que as correlações entre essas gerações foram de pequena magnitude (0,20 e 0,25). Além disso, as estimativas simuladas de resposta à seleção foram pequenas nas diferentes intensidades de seleção. Diante desses resultados os autores argumentaram que a seleção precoce só seria eficiente para caracteres de média a alta herdabilidade.

Ainda com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), Rosal et al. (2000) cruzaram as cultivares Carioca e FT-Tarumã, obtiveram as progênes F_1 , RC_1 e RC_2 e avaliaram o desempenho produtivo de progênes $F_{2:3}$ e suas gerações avançadas $F_{2:4}$, $F_{2:5}$ e $F_{2:6}$. Foram estimados os componentes de variância fenotípica e genética, a

herdabilidade realizada e as correlações entre progênies entre as gerações sucessivas e o ganho com a seleção divergente. A correlação entre as progênies $F_{2:3}$ e as sucessivas gerações tiveram boas correspondências, exceto a geração $F_{2:3}$ e sua sucessiva geração $F_{2:5}$, em que a herdabilidade realizada foi nula. Os autores concluíram que a seleção em gerações precoces seria eficiente apenas para eliminar aquelas progênies menos produtivas e que a seleção precoce é fortemente afetada pela interação genótipos x ambientes.

Um estudo com duas populações segregantes em arroz (*Oryza sativa* L.) foi realizado por Ntanos e Roupakias (2001) na Grécia. Os autores utilizaram o método da colméia e o SSD modificado (panícula por linha) e avaliaram a produtividade e qualidade de grãos. Para isso avançaram as populações até a geração F_6 e avaliaram os genótipos selecionados junto com outras testemunhas comerciais em dois anos agrícolas. Os autores verificaram para produtividade de grãos que em uma população os dois métodos foram eficientes em discriminar linhagens superiores tanto comparados com testemunhas comerciais ou com os próprios materiais avaliados. Em Outra população, no entanto, o método da colméia foi mais eficiente que o SSD. Para qualidade de grãos os dois métodos foram eficientes na discriminação de linhagens superiores em relação às testemunhas comerciais. De modo geral, o método da colméia foi mais eficiente que o SSD e para produtividade de grãos, essa superioridade foi de 5% a 6% .

No Brasil, Benin et al. (2005) avaliaram a eficiência do método da colméia em seleção de gerações precoces (F_3 e F_4) em 4 populações de aveia branca. Concluíram que a seleção para produtividade de grãos e peso médio de grãos pode ser realizada em gerações com alto grau de heterozigose.

Um estudo com a cultura do algodoeiro, cultura em que se empregam métodos de melhoramentos utilizados em espécies autógamas, foi realizado por Jones e Smith (2006). O objetivo do trabalho destes autores foi determinar se o teste em gerações precoces no algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) poderia ser utilizado para prever o desempenho em gerações avançadas. As correlações entre as gerações F_2 e suas gerações avançadas, para cada local, se mostraram inconsistentes para as características agronômicas mais importantes no algodão, tais como: produtividade de

línter, porcentagem de línter, comprimento da fibra, resistência da fibra, alongamento da fibra e índice de uniformidade, para os dois ambientes avaliados. Com base na análise conjunta os resultados apontaram correlação positiva e significativa para produtividade de línter, porcentagem de línter e resistência e alongamento da fibra. Diante desses resultados os autores comentam que o teste precoce poderia ser utilizado para alguns caracteres no algodão, dependendo do interesse e dos objetivos específicos de cada melhorista.

2.1.5 O teste precoce na cultura da soja

A literatura é relativamente escassa quanto a trabalhos relacionados com o teste precoce em soja (*Glycine max* L. Merril).

Os resultados disponíveis apresentam conclusões não muito diferentes daquelas de outras espécies autógamas. Um dos trabalhos mais antigos em soja (*Glycine max* L. Merril) é o de Weiss et al. (1947). Estes autores estimaram coeficientes de correlação de -0,19 entre progênies nas gerações F_2 e F_3 e de 0,15 entre progênies das gerações F_3 e F_4 , valores estes próximos de zero, o que levou estes autores a questionarem a eficiência dos testes em gerações precoces para a produção de grãos. Por outro lado, Thorne (1974) obteve correlações de 0,58**, em média para 31 cruzamentos, entre progênies derivadas de plantas F_3 e F_5 . Nos casos onde a correlação não foi significativa, verificou-se que não havia variação genética entre as progênies. Esse autor ressalta ainda, com base nestes resultados, a importância de teste precoce em programas de seleção recorrente.

Um estudo em soja (*Glycine max* L. Merril) visando avaliar a eficiência da seleção em estágios iniciais e verificar a correlação com o desempenho em gerações derivadas foi realizado por Mahmud e Kramer (1951). Para isso, selecionaram plantas individuais na geração F_2 com desempenho produtivo superior ao melhor genitor (Lincoln). O mesmo processo foi realizado nas gerações F_3 e F_4 . Concluíram que a seleção de plantas F_3 prevê boas estimativas da produtividade média da geração F_4 dela derivada, quando atenção é dada no sentido de controlar a deriva genética e as interações de gerações com fatores ambientais.

Raeber e Weber (1953) e Byth et al. (1969) relatam que o teste precoce foi bastante eficiente na seleção para a produção de grãos em soja (*Glycine max* L.

Merril). Voight e Weber (1960) comparam o teste precoce com o método genealógico e o método da população a partir de cinco cruzamentos em soja. Verificaram que o teste precoce, baseado em progênies $F_{3:4}$ produziram um maior número de linhas puras com produção acima da média das testemunhas. Além disso, as linhas puras derivadas do teste precoce apresentaram características superiores para outros caracteres, como menor porte das plantas e menor taxa de acamamento.

Com base no argumento de que o componente predominante da variabilidade genética para a produção de grãos em soja é o componente aditivo, Cooper (1990) recomenda o uso do teste precoce em soja (*Glycine max* L. Merrill). Este autor propôs ainda uma modificação do teste precoce, denominada “teste precoce modificado”, cuja principal vantagem seria a redução do número de parcelas experimentais no início do programa, permitindo a avaliação de um número maior de cruzamentos por ano. A favor deste procedimento, o autor relata que vem utilizando o teste precoce desde 1972 e que a sua eficiência pode ser comprovada pela obtenção de diversas cultivares superiores que foram recomendadas para o estado de Ohio (USA).

Um trabalho visando comparar ganhos genéticos na cultura da soja foi realizado por Saint-Martin e Xie (2000). Para isso os autores avaliaram para o caráter produção de grãos, o ganho genético e seu coeficiente de correlação entre as gerações F_3 , F_4 e F_6 com suas gerações completamente endogâmicas. Os ganhos genéticos foram de -1,4% para a geração F_3 , de 3,7% na geração F_4 e de 9,1% entre as estas gerações e suas gerações completamente homozigóticas, em que essas porcentagens foram baseadas na média de testemunhas comuns nesses experimentos. Com base nesses resultados os autores concluem que a seleção poderia ser intensa nas gerações F_4 e F_6 com baixo risco de descartar potencias cultivares superiores.

Com o objetivo de verificar o potencial produtivo de grãos e de óleo em soja (*Glycine max* L. Merrill), Farias Neto e Vello (2002) avaliaram progênies $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ obtidas de vários cruzamentos em cadeia em Piracicaba -SP. Os autores descreveram alta variabilidade genética remanescente após a seleção e detectaram correlações genéticas altas e significativas entre dias para maturação, altura de plantas na maturação, produção de grãos e teor de óleo, e não encontraram nenhuma correlação entre esses caracteres e porcentagem de óleo. Os caracteres que possibilitaram os

maiores ganhos genéticos foram: produtividade de grãos com 7,4% e produção de óleo com 6,6%. Diante disso, os autores ressaltam os resultados expressivos e semelhantes entre produção de grãos e produção de óleo e a variabilidade expressiva remanescente entre as progênies selecionadas possibilitando ganhos futuros com novos ciclos seletivos.

Saint-Martin e Geraldi (2002) compararam o teste precoce com base em três gerações: progênies F_2 -, progênies F_3 - e progênies F_4 -, a partir de duas populações derivadas de cruzamentos múltiplos, em soja (*Glycine max* L. Merrill). As linhas puras derivadas dos três métodos foram comparadas com uma amostra da população original (sem seleção). Verificaram que os três processos (seleção de progênies F_2 -, seleção de progênies F_3 - e seleção de progênies F_4 -) acarretaram ganhos genéticos similares para a produção de grãos, em média de 4%. A seleção de progênies F_2 -, porém produziu linhas puras mais altas e, conseqüentemente, com maior taxa de acamamento. Com base nisso os autores recomendam que a seleção precoce seja iniciada em progênies F_3 -.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Material

Foram utilizadas duas linhagens experimentais de ciclo semiprecoce (linhagens 24-14 e 24-38) obtidas no programa de Genética e Melhoramento de Soja do Departamento de Genética da ESALQ/USP e contrastantes para a produção de grãos. Essas duas linhagens são oriundas da população formada do cruzamento entre os genótipos PI – 123439 x PI – 239235.

Conforme Pimentel (1991) a descrição desses genótipos é a seguinte:

PI- 123439: linhagem norte-americana, fornecida pelo Centro Nacional Pesquisa de Soja (Embrapa/Soja), com ciclo aproximado de 51 dias para florescimento, hábito de crescimento determinado, flor roxa, semente amarela, pubescência e hilo cinza.

PI- 239235: linhagem norte-americana, fornecida pelo Centro Nacional Pesquisa de Soja (Embrapa/Soja), com ciclo aproximado de 55 dias para florescimento, hábito de crescimento indeterminado, flor branca, semente amarela, pubescência e hilo cinza.

2.2.2 Métodos

2.2.2.1 Obtenção das sementes F_1

Para a obtenção das sementes F_1 , as linhagens foram semeadas em vasos dentro de casa-de-vegetação onde foram realizados os cruzamentos, para a obtenção das sementes F_1 .

2.2.2.2 Obtenção das sementes F_2

As sementes F_2 foram obtidas no ano agrícola de 2004/05, onde uma amostra das sementes F_1 s foi tomada e semeada em vasos dentro de casa-de-vegetação.

2.2.2.3 Obtenção das progênies $F_{2:3}$

No inverno de 2005, uma amostra de 100 sementes F_2 foi tomada e semeada individualmente em vasos dentro de casa-de-vegetação. Cada planta foi colhida e trilhada individualmente, formando assim, 100 progênies $F_{2:3}$.

2.2.2.4 Obtenção das progênies $F_{3:4}$

No ano agrícola 2003/04 havia um experimento avaliando, entre outros genótipos, um *bulk* na geração F_3 dos cruzamentos entre as linhagens em estudo. Assim, uma amostra de sementes F_3 foram tomadas e semeadas individualmente a campo na safra 2004/05. Estas plantas individuais receberam tratamentos culturais diferenciados, sendo realizadas duas adubações (25 e 40 dias após o plantio) em cobertura com sulfato de amônio e espaçamento de 1m entre linhas e de 0,2m entre plantas. De maneira semelhante às progênies $F_{2:3}$, as plantas foram colhidas e trilhadas individualmente formando assim 100 progênies $F_{3:4}$.

2.2.2.5 Obtenção das progênies $F_{4:5}$

O experimento existente na safra 2003/04, foi conduzido também na safra 2004/05. Assim, o *bulk* F_3 do cruzamento em estudo avançou para a geração F_4 . Desse modo, foi tomada uma amostra ao acaso de 100 sementes F_4 , e foram conduzidos 100 vasos em casa-de-vegetação, onde as plantas F_4 foram colhidas e trilhadas individualmente formando as 100 progênies $F_{4:5}$.

2.2.2.6 Avaliação experimental

2.2.2.6.1 Caracterização das estações experimentais

Os experimentos foram conduzidos em duas localidades, denominadas de E. E. Genética e E. E. Anhembi, pertencentes ao Departamento de Genética da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” (ESALQ/USP) e situadas no município de Piracicaba, Estado de São Paulo.

A E. E. Genética, situa-se na área experimental do Departamento de Genética/ESALQ/USP, dentro do Campus “Luiz de Queiroz”. O solo é classificado como Terra Roxa Estruturada Série “Luiz de Queiroz” (Ranzani et al. 1966). O local, em que foram conduzidos os experimentos, possui altitude de 518 m, latitude Sul de 22° 42' 13" e longitude Oeste de 47° 38' 24".

A E. E. Anhembi é coordenada pelo Departamento de Genética da ESALQ/USP. A área experimental possui coordenada de 22° 50' 40" de latitude Sul e 48° 01' 40" de longitude Oeste e altitude de 465 m. O solo da área experimental é classificado como LATOSSOLO AMARELO Distrófico, com fração areia superior as frações argila e silte, respectivamente (9: 3,5: 1).

2.2.2.6.2 Condução dos experimentos

2.2.2.6.2.1 Ano Agrícola 2005/06

No ano agrícola 2005/06 as progênes $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$ foram avaliadas apenas na E. E. Genética, devido a pequena disponibilidade de sementes.

Nessa estação, anualmente se conduz ensaios com a cultura da soja. Após a colheita da safra 2004/05, período de entressafra, a área experimental foi cultivada com a cultura da aveia (*Avena Strigosa* Sckeb), onde a mesma, após maturação, foi incorporada ao solo, visando melhorar as condições físicas, químicas e biológicas do mesmo.

O preparo do solo da área experimental foi realizado com uma gradagem “pesada” (gradagem com 20 cm de profundidade), momento em que foi incorporado a palhada da aveia, e duas gradagens de nivelamento. No intervalo entre a primeira e segunda gradagens de nivelamento houve a aplicação de herbicida pré-plantio

incorporado (Trifluralin). Em seguida, simultaneamente, foram abertos os sulcos e os mesmos receberam adubação de plantio via sulcadora/adubadora tratorizada. A adubação mineral de plantio foi de 200 kg ha⁻¹ da fórmula comercial 04-20-20, respectivamente, Nitrogênio (N), Fósforo (P₂O₅) e Potássio (K₂O), conforme recomendações técnicas para o estado de São Paulo (RAIJ et al., 1996). Os experimentos foram instalados na primeira quinzena do mês de novembro de 2005, onde as sementes eram distribuídas uniformemente nos sulcos de plantio e em seguida, cobertas com uma camada de 3 a 5 cm de espessura de solo livre de torrões.

A parcela experimental foi constituída de 1 linha de 2 m e espaçada de 0,5 m. O delineamento utilizado foi látice simples duplicado (4 repetições) para a geração F_{2:3} e F_{3:4} e triplo (3 repetições) para as progênes F_{4:5}, em função da menor disponibilidade de sementes, para este último.

Na época de germinação os experimentos receberam suplementação hídrica, via irrigação por aspersão, quando necessário, visando garantir umidade adequada para perfeita germinação das sementes.

Aos 25 dias após o plantio, os experimentos receberam desbaste, permanecendo 35 plantas por parcela no estande ideal.

O controle de plantas daninhas, doenças e pragas foram realizados quando pertinentes. No caso de plantas daninhas, houve duas aplicações de herbicidas. A primeira pré-emergente com os herbicidas Flumetsulam (controle de folhas largas) e Imazaquin (controle de folhas estreitas) e a segunda aos 40 dias após a germinação com os herbicidas pós-emergentes clorimurom-etílico (controle de folhas largas) e cletodim + óleo mineral (controle de folhas estreitas). Para o controle de pragas, fizeram-se duas aplicações, no momento em a população de insetos atingiram a condição de dano econômico, com o inseticida Tiodicarbe. Para o controle das doenças fúngicas, realizaram-se duas aplicações preventivas do fungicida Azoxystrobin + Cyproconazole.

Todos os demais tratos culturais e cuidados foram aplicados, visando à obtenção de um experimento com precisão experimental adequada para a pesquisa desenvolvida.

2.2.2.6.2.2 Ano Agrícola 2006/07

Com o objetivo de comparar os ganhos genéticos preditos e realizados, no ano agrícola 2006/07 foram avaliados nas E. E. Genética e E. E. Anhembi as progêneses $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$, provenientes dos experimentos do ano agrícola anterior.

Nesses dois locais também foram avaliados a 20 melhores progêneses de cada uma das gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, as quais foram avaliadas com outras 4 testemunhas comerciais (IAC-8, IAC-Foscarin-31, IAC-12 e IAS-5). Essas progêneses foram selecionadas com base em seus desempenhos produtivos no ano agrícola 2005/06, utilizando para isso as médias ajustadas, desde que não apresentassem problemas quanto ao acamamento.

Na E. E. Genética o preparo de solo, adubação, implantação e condução dos experimentos foram semelhantes ao ano agrícola 2005/06, exceto a data do plantio, realizada no final do mês de outubro e o pousio da área sem a cultura da aveia (*Avena Strigosa* Sckeby).

Na E. E. Anhembi foi utilizado um preparo de solo e dose de adubação mineral semelhante ao do E. E. Genética, com diferença de que a adubação, ao invés, de aplicado no sulco de plantio, foi distribuída em área total, via distribuidora tratorizada e incorporada no processo de gradagem de nivelamento. Os experimentos foram instalados no dia 11 de novembro de 2006. Nessa estação experimental foi aplicada, no momento da instalação dos experimentos, uma solução contendo inoculante específico para a soja (formulado com bactérias do gênero *Bradyrhizobium*). O processo constituiu-se em pulverizar os sulcos de plantio, após semeadura, com uma solução contendo uma concentração suficiente para fornecer uma quantidade de 75×10^6 células por metro linear. Logo após a semeadura as sementes foram cobertas com uma camada de 3 a 5 cm de espessura de solo livre de torrões.

Na E. E. Anhembi os experimentos também receberam suplementação hídrica via irrigação por aspersão quando necessário. O controle fitossanitário foi semelhante ao adotado nos experimentos da E. E. Genética no ano agrícola 2005/06. Os demais tratamentos culturais foram os normalmente utilizados na cultura da soja para a região, possibilitando a condução de um experimento com adequada precisão experimental.

Para todos os experimentos do ano agrícola 2006/07 utilizou-se mesma dimensão da parcela experimental, ou seja, uma linha de 2 m lineares e espaçadas de 0,5 m. O delineamento experimental foi de látice simples duplicado para as gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ e de blocos ao acaso para as progênies selecionadas.

2.2.2.7 Caracteres avaliados

Nos dois anos agrícolas para todos os experimentos os seguintes caracteres foram avaliados e analisados:

- dias para o florescimento (DF): período (em dias) desde a semeadura até quando 50% das plantas na parcela apresentam-se floridas.
- altura das plantas no florescimento (AF): distância (em cm) da superfície do solo ao ápice da haste principal na época do florescimento, avaliada em 5 plantas por parcela.
- dias para a maturação (DM): período (em dias) desde a semeadura até quando 95% das vagens das plantas na parcela apresentam-se maduras.
- altura das plantas maturação (AF): distância (em cm) da superfície do solo ao ápice da haste principal no período de maturação, avaliada de 5 plantas por parcela.
- produção de grãos (PG): obtida (gramas/m²) após a colheita, trilha e pesagem das parcelas, em laboratório, com balança de precisão.
- estande final, número total de plantas por parcela no momento da colheita para os experimentos do ano agrícola 2005/06 e após o desbaste para os experimentos avaliados no ano agrícola 2006/07.

2.2.2.8 Análises estatístico-genéticas

2.2.2.8.1 Análises de variância

Inicialmente, os dados foram submetidos aos testes de aditividade do modelo, normalidade dos erros e homogeneidade de variâncias. Como não ocorreu nenhuma restrição às premissas da análise de variância, realizou-se a mesma.

Entre as três possíveis análises do látice quadrado (PIMENTEL-GOMES; GARCIA, 2002), adotou-se a análise intrablocos, uma vez que, se obtém resultados

mais precisos, quando o interesse é estimar componentes de variância (REGAZZI et al., 1999, SILVA et al., 2000).

As análises de variância foram realizadas utilizando o pacote estatístico computacional SAS, PROC GLM (SAS Institute, 1999).

As análises de variância individuais, considerando o delineamento em látice quadrado, foram efetuadas com base no modelo matemático apresentado a seguir, em que todos os efeitos, exceto a média (μ), foram considerados aleatórios:

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + r_j + v_{k(j)} + e_{ijk} \quad (1)$$

em que:

μ : média geral;

g_i : efeito de genótipos ($i = 1, 2, \dots, 100$),

r_j : efeito de repetições ($j = 1, 2, \dots, 4^1$),

$v_{k(j)}$: efeito de blocos dentro de repetições ($k = 1, 2, \dots, 10$), e

e_{ijk} : erro experimental associado à parcela ijk .

Com base neste modelo, tem-se o esquema da análise de variância apresentado na tabela 1.

Tabela 1 – Esquema da análise de variância e esperanças dos quadrados médios da análise intrablocos do látice, com genótipos ajustados, considerando a análise individual

Fontes de variação	GL	QM	E (QM)	Teste de F
Genótipos Ajustados	$g-1$	QM_G	$\sigma^2 + r\sigma_g^2$	QM_G/QM_E
Erro Intra-Bloco	$(k-1)(rk-k-1)$	QM_E	σ^2	

g , k e r significam, respectivamente, número de genótipos, de blocos e de repetições; QM_G : quadrado médio de genótipos; QM_E : quadrados médio do erro intrablocos.

As análises de variância conjunta dos experimentos avaliados na E. E. Genética e E. E. Anhembi, considerando o delineamento em látice quadrado foram realizadas com base no modelo matemático apresentado a seguir, em que todos os efeitos, exceto a média (μ) e locais (I), foram considerados aleatórios:

$$Y_{ijkl} = \mu + I_l + g_i + r_{j(l)} + v_{k(jl)} + gl_{il} + e_{ijkl} \quad (2)$$

em que:

μ é a média geral;

I é o efeito de locais ($l=1, 2$);

g_i é o efeito de genótipos ($i = 1, 2, \dots, 100$),

$r_{j(l)}$ é o efeito de repetições dentro de locais ($j = 1, 2, \dots, 4$),

$v_{k(jl)}$ é o efeito de blocos dentro de repetições e de locais ($k = 1, 2, \dots, 10$);

$(gl)_{il}$ é o efeito da interação do genótipo i com o local l

e_{ijkl} é o erro experimental associado à parcela $ijkl$.

A partir deste modelo, tem-se o esquema da análise de variância apresentado na tabela 2.

Tabela 2 – Esquema da análise de variância conjunta e esperanças dos quadrados médios da análise intrablocos do látice, com genótipos ajustados

Fontes de variação	GL	QM	E (QM)	Teste de F
Locais (L)	$I-1$	QM_L		-
Genótipos Ajustados (G)	$g-1$	QM_G	$\sigma^2 + rI\sigma_g^2$	QM_G/Q_E
G x L	$(g-1)(I-1)$	$QM_{L \times G}$	$\sigma^2 + r \frac{I}{I-1} \sigma_{g \times l}^2$	$QM_{L \times G}/Q_E$
Erro		Q_E	σ^2	

I , g , e r significam, respectivamente, número de locais, de genótipos e de repetições; QM_L : quadrado médio de locais; QM_G : quadrado médio de genótipos; $QM_{G \times E}$: quadrados médio da interação genótipos x ambientes; Q_E : quadrados médio do erro intrablocos.

2.2.2.8.2 Estimativas dos componentes de variância e herdabilidade

Com base no quadro de análise de variâncias individuais (Tabela 1), foram obtidas as estimativas das variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais por meio dos seguintes estimadores:

$\hat{\sigma}^2 = Q_E$: variância do erro experimental entre parcelas

$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{Q_G - Q_E}{r}$: variância genética entre genótipos,

¹ 3 Repetições para as progênies $F_{4:5}$

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{Q_G}{r} : \text{variância fenotípica entre médias de progênies}$$

em que:

r: é o número de repetições

Conforme o esquema na análise de variância conjunta (Tabela 2) foram obtidas as estimativas das variâncias genéticas, fenotípicas e ambientais por meio dos seguintes estimadores (VENCOVSKY; BARRIGA, 1992):

$$\hat{\sigma}^2 = Q_E : \text{variância do erro experimental entre parcelas}$$

$$\hat{\sigma}_g^2 = \frac{Q_G - Q_E}{lr} : \text{variância genética entre genótipos,}$$

$$\hat{\sigma}_{gxl}^2 = \frac{Q_{GxL} - Q_E}{\frac{rl}{l-1}} : \text{variância da interação genótipos x locais}$$

$$\hat{\sigma}_F^2 = \frac{Q_G}{lr} : \text{variância fenotípica entre médias de progênies}$$

em que:

r: o número de repetições;

e l: o número de locais

A partir das expressões apresentadas por Barbin (1993), foram estimados os limites superiores e inferiores dos intervalos de confiança para as variâncias genéticas através do seguinte estimador:

$$IC = P \left[\frac{GL\hat{\sigma}_g^2}{X_{\frac{\alpha}{2}}^2} < \sigma_g^2 < \frac{GL\hat{\sigma}_g^2}{X_{1-\frac{\alpha}{2}}^2} \right] = (1-\alpha)100\% \quad (3)$$

em que:

IC: intervalo de confiança;

α : coeficiente de probabilidade (5%);

GL: número de graus de liberdade associados ao componente da variância genética, obtido segundo Satterthwaite (1946):

$$GL = \frac{(Q_G - Q_E)^2}{\frac{(Q_G)^2}{GL_G} + \frac{(Q_E)^2}{GL_E}} \quad (4)$$

A herdabilidade no sentido amplo para a seleção entre médias de progênes foi obtida de acordo com a expressão apresentada por Vencovsky e Barriga (1992):

$$\hat{h}^2 = \frac{\hat{\sigma}_g^2}{\hat{\sigma}_F^2} \times 100 \quad (5)$$

Utilizando a metodologia de Knapp et al. (1985), foram estimados os limites superior e inferior para herdabilidade por meio do seguinte estimador:

$$LI = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_G}{Q_E} \right) F_{1 - \frac{\alpha}{2}; GL_G, GL_E} \right]^{-1} \right\} \quad (6)$$

$$LS = \left\{ 1 - \left[\left(\frac{Q_G}{Q_E} \right) F_{\frac{\alpha}{2}; GL_G, GL_E} \right]^{-1} \right\} \quad (7)$$

As estimativas dos coeficientes de variação genéticos (CV_g) foram calculadas por meio do seguinte estimador:

$$CV_g = \frac{100 \sqrt{\hat{\sigma}_g^2}}{\bar{x}} \quad (8)$$

sendo $\bar{x}$ a média geral das progênes avaliadas

2.2.2.8.3 Estimativas das respostas à seleção

A resposta esperada com a seleção (R_s) foi obtida por meio do seguinte estimador:

$$R_s = i\hat{h}^2\hat{\sigma}_{\bar{F}} \quad (9)$$

em que:

i : diferencial de seleção estandardizado associado a intensidade de seleção;

$\hat{h}^2$: herdabilidade no sentido amplo entre médias de progênies

$\hat{\sigma}_{\bar{F}}$: desvio-padrão fenotípico com base na média das progênies

Com base na resposta a seleção, foram estimados os ganhos genéticos em porcentagem e a média da população melhorada, por meio da seguinte expressão:

Ganho genético em porcentagem:

$$R_s(\%) = (R_s/\bar{X}_0)100 \quad (10)$$

em que:

$\bar{X}_0$: média da população original

2.2.2.8.4 Resposta observada a seleção

Os valores para as respostas observadas nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$, foram obtidos por meio do seguinte estimador:

$$RO(\%) = \left(\frac{\bar{X}_i - \bar{X}_j}{\bar{X}_j} \right) \times 100 \quad (11)$$

em que:

$RO(\%)$ =resposta observada à seleção;

$\bar{X}_i$ =média dos melhores indivíduos selecionados na geração i e avaliados na geração j

e ;

$\bar{X}_j$ = média da população avaliada na geração j

2.2.2.9 Avaliação das progênes selecionadas

2.2.2.9.1 Análises de variância

As análises de variância individuais foram realizadas por meio da seguinte modelo matemático, em que os efeitos da média (μ), e de genótipos (g) foram fixos, sendo os demais efeitos aleatórios.

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + r_k + e_{ik} \quad (12)$$

Em que:

μ : média geral;

g_i : efeito de genótipos ($i = 1, 2, \dots, 20$),

r_k : efeito de repetições ($j = 1, 2, \dots, 10$),

e_{ik} : erro experimental associado à parcela ik .

O teste de F foi realizado conforme esquema mostrado na tabela 1, ou seja, QM_G/QM_E .

As análises de variância conjunta dos experimentos envolvendo as E. E. Genética e E. E. Anhembi foram efetuadas considerando o seguinte modelo estatístico-matemático, apresentado a seguir, em que os efeitos da média (μ), de genótipos (g) e de locais (l) foram fixos, sendo os demais efeitos aleatórios.

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + l_j + r_{k(j)} + gl_{ij} + e_{ijk} \quad (13)$$

em que:

μ : média geral;

g_i : efeito de genótipos ($i = 1, 2, \dots, 20$),

l_j : efeito de locais ($l=1, 2$);

$r_{k(j)}$: efeito de repetições dentro de locais ($j = 1, 2, \dots, 10$),

$(gl)_{ij}$: efeito da interação do genótipo i com o local l

e_{ijk} : erro experimental associado à parcela ijk .

Conforme esquema mostrado na tabela 2, foi realizado o teste de F para o efeito de genótipos e da interação genótipos x ambientes.

2.2.2.9.2 Critério de Agrupamento de médias de Scott-Knott

Havendo diferenças significativas pelo teste de F para os caracteres avaliados nas duas gerações, aplicou-se o critério de agrupamentos de média de pela metodologia desenvolvida por Scott e Knott (1974), conforme descrito por Ramalho et al., (2000). Para isso, foi utilizado o pacote estatístico computacional MapGen v. 3.0, desenvolvido por Ferreira (1993)²

² MapGen não publicado. Daniel Furtado Ferreira, Professor do Departamento de Ciências Exatas da Universidade Federal de Lavras (UFLA).

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

2.3.1 Progenies $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$

2.3.1.1 Análises de variância

Devido a problemas de germinação, que acarretaram irregularidade do estande e consequentemente inconsistência dos dados, optou-se pela eliminação das gerações $F_{3:4}$ e $F_{3:5}$ dos resultados.

Os valores e significâncias detectados pelo teste de F na análise de variância, as médias ajustadas, o coeficiente de variação experimental e a eficiências dos delineamentos em látice em relação aos delineamentos em blocos ao acaso para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG) nas gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$ estão apresentadas nas tabelas 3 e 4, respectivamente.

Tabela 3 – Análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos, em gramas/m² (PG) das progênies $F_{2:3}$, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06

FV	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	99	17,79**	127,24**	18,62**	318,51**	3.391,08**
Resíduo	261 ¹	4,25	51,13	4,41	120,29	2.281,09
Média ajustada		59,50	51,92	142,51	87,59	217,11
CV _E (%)		3,47	13,77	1,47	12,52	22,00
Eficiência Látice (%)		109,34	119,06	111,54	113,05	100,71

¹ GL para DF =259 e PG=258, ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste de F;

Tabela 4 – Análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos, em gramas/m² (PG) das progênies $F_{4:5}$, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06

FV	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	99	12,54**	133,45**	17,44**	303,52**	4.072,29*
Resíduo	171 ¹	2,91	40,99	2,81	50,66	2.935,74
Média ajustada		60,93	57,79	138,65	92,93	208,45
CV _E (%)		2,80	11,08	1,21	7,66	25,99
Eficiência do Látice (%)		101,07	114,55	100,81	103,11	101,26

¹ GL do resíduo para PG= 169; ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste de F

Entre genótipos, observam-se diferenças altamente significativas ($P \leq 0,01$), pelo teste de F, para todos os caracteres avaliados nas duas gerações, exceto para PG na geração $F_{4:5}$ ($P \leq 0,05$). As diferenças significativas, principalmente para produção de grãos eram esperadas, uma vez que, os genitores que deram origem a estas populações foram selecionados com base em suas divergentes capacidades produtivas.

A precisão experimental, medida pelo coeficiente de variação (CV_E), oscilou de 1,21% para DM até 25,99% para PG, ambos na geração $F_{4:5}$. Tentativas de classificação do CV_E são comuns na literatura. Pimentel-Gomes e Garcia (2002), com base em resultados experimentais de campo, classificaram como baixo, os coeficientes abaixo de 10%; médios de 10 a 20%; altos de 20 a 30% e muito altos acima de 30%. No entanto, essa classificação é muito abrangente, não levando em consideração particularidades de cada cultura, nem a natureza do caráter sob avaliação (GARCIA, 1989; SCAPIM et al., 1995; COSTA et al., 2002). Não levam consideram ainda, as condições edafoclimáticas e o ciclo reprodutivo da cultura (SCAPIM et al., 1995). Na cultura da soja, Carvalho et al. (2003) fizeram uma proposta de classificação do CV_E . No entanto, basearam-se em resultados de ensaios intermediários e finais, em dois Estados brasileiros, sendo para o Paraná o período compreendido entre as safras de 1989/90 a 1998/99 e para o Mato Grosso entre as safras de 1994/95 e 1999/00. Os resultados encontrados por estes autores indicam que os valores máximos aceitáveis para PG e AM seriam de 16 e 12%, respectivamente. Com base nesse critério, o CV_E para AM estaria adequado, mas para produtividade estaria elevado. Contudo, são comuns na literatura valores elevados para CV_E 's, principalmente para produção de grãos (ROSSMANN, 2001; SANTOS, 2005; ARAÚJO, 2006). Um problema em programas de melhoramento, em fases iniciais, é a quantidade de sementes, geralmente baixa, o que impossibilita realizar experimentos com muitas repetições e tamanho adequado de parcela; assim sendo, os valores encontrados para CV_E 's para produtividade de grãos estaria concordando com que utilizaram o mesmo tipo de parcela (GIECO, 1997; ROSSMANN, 2001; SANTOS, 2005; ARAÚJO, 2006).

A utilização do delineamento em látice foi mais adequada em relação ao delineamento de blocos ao acaso para todos os caracteres avaliados. Essa eficiência

oscilou entre 0,71% para PG a 19,06% para AF, ambas na geração $F_{2:3}$. Nesse caso, como o número de genótipos é grande e a priori não se tinha informações sobre a homogeneidade do solo, nem da distribuição da irrigação suplementar, a utilização do delineamento em látice permitiu um maior controle experimental. Pimentel-Gomes e Garcia (2002) argumentam que se o número de genótipos a ser avaliado é grande ou heterogêneo, ou ainda, outros efeitos restringem excessivamente o tamanho dos blocos, é conveniente utilizar delineamentos em látice.

2.3.1.2 Estimativas dos componentes de variância

As estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$) e seus limites superior (LS) e inferior (LI), das variâncias fenotípicas ($\hat{\sigma}_F^2$), herdabilidades entre médias de progênes ($\hat{h}^2$) com seus limites superior e inferior e coeficientes de variação genética (CV_g) para as gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$ estão apresentados, na tabela 5.

Tabela 5 – Estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI), da variância fenotípica entre médias de progênes ($\hat{\sigma}_F^2$), da herdabilidade entre médias de progênes ($\hat{h}^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI) e coeficiente de variação genético (CV_g , %) para as progênes $F_{2:3}$, $F_{4:5}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos, em gramas/m² (PG) avaliadas na E. E. Genética, Piracicaba–SP, ano agrícola 2005/06

Caráter	Geração	LI	$\hat{\sigma}_g^2$	LS	$\hat{\sigma}_F^2$	LI	$\hat{h}^2$	LS	CV_g (%)
DF	$F_{2:3}$	2,4	3,38	5,1	4,45	66,4	76,09	82,6	3,09
	$F_{4:5}$	2,3	3,21	4,7	4,18	66,7	76,78	83,5	2,94
AF	$F_{2:3}$	12,5	19,03	33,3	31,81	43,5	59,82	70,7	8,40
	$F_{4:5}$	21,2	30,82	48,9	44,48	56,0	69,28	78,2	9,61
DM	$F_{2:3}$	2,6	3,55	5,4	4,66	66,7	76,33	82,7	1,32
	$F_{4:5}$	3,6	4,88	7,0	5,81	76,9	83,87	88,6	1,59
AM	$F_{2:3}$	40,3	56,74	85,1	74,76	66,1	75,90	82,4	8,60
	$F_{4:5}$	61,5	84,29	121,0	101,17	76,1	83,31	88,2	9,88
PG	$F_{2:3}$	131,86	277,50	928,88	847,77	5,36	32,73	51,01	8,64
	$F_{4:5}$	154,99	378,85	1.806,16	1.357,43	0,00	34,05	48,91	10,07

Para os caracteres DF, AF, DM e AM , as estimativas de herdabilidades apresentaram valores elevados. Esse fato demonstra o pequeno efeito do ambiente interferindo no controle desses caracteres.

Para DF as herdabilidades variaram de 76,09% para a geração $F_{2:3}$ a 76,78% para a geração $F_{4:5}$. Valores elevados para herdabilidade de DF são freqüentemente relatados na literatura. Resultados comparáveis para herdabilidade no sentido amplo para DF foram descritos por Destro et al. (1987), Freire Filho (1988), Lin e Nelson (1988b); contudo valores superiores variando de 0,9 a 0,99 são relatados por Gilioli (1979), Toledo e Kiihl (1982), Bonato e Vello (1999) e Reis et al. (2002)

As estimativas das herdabilidades para AF variaram de 59,82% a 69,28% para as gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, respectivamente. Comparando os resultados com os encontrados por Freire Filho (1988), os valores para herdabilidades são mais elevados, no entanto, Destro et al. (1987) trabalhando com progênies F_3 e F_4 encontraram estimativas variando de 0,0% a 90%, dependendo do tipo de população avaliada. Reis et al. (2002) descrevem valores de 80,05%. Assim, os resultados encontrados nesse trabalho estão de acordo com os encontrados por estes autores.

Para o caráter DM os valores da herdabilidade foram altos e variaram de 76,33% a 83,87% para as progênies $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, respectivamente. A baixa interferência ambiental para DM é demonstrado pelo grande número de publicações com valores elevados para herdabilidade para este caráter. Num levantamento feito por Brim (1973), foi relatado valores entre 78% a 94%, com média de 84% para a herdabilidade para DM. Em outra pesquisa, Freire Filho (1988) constatou valores entre 71% a 86% com média de 80% e Reis et al. (2002) relatam valores de 97,62% .

O caráter AM apresentou valores elevados para herdabilidade, sendo de 75,90% para a geração $F_{2:3}$ e 83,31% para as progênies $F_{4:5}$. Esses valores são superiores a muitos trabalhos descritos na literatura. Farias Neto e Vello (2001) descrevem valores variando de 0,0% a 71%, dependendo da população segregante estudada. Outros trabalhos na literatura também fazem referência a baixos valores de herdabilidade para o caráter AM, entre eles: Fehr e Weber (1968) e Zimback (1992). No entanto, os valores deste trabalho se mostram condizentes com os valores estimados por Reis et

al. (2002) e Costa et al. (2004) nos quais os autores verificaram valores de 84,76% e 85,65%, respectivamente, para a herdabilidade para AM.

Comparações entre herdabilidades em diferentes trabalhos devem ser feitas com cautela, uma vez que, tamanho de parcela, densidade populacional e número de repetições tem influência direta em suas estimativas. Assim, os valores de herdabilidade só podem ser comparados se os experimentos forem efetivamente bem conduzidos (Robinson, 1963) e se tratarem de mesma população de origem. As comparações devem ser feitas com ressalva, uma vez que, qualquer generalização pode levar as conclusões errôneas, pois, não se leva em consideração a interferência do ambiente que poderá inflacionar os valores das variâncias fenotípicas e conseqüentemente da herdabilidade. Contudo, mesmo trabalhando com populações diferentes existe uma concordância entre valores elevados para herdabilidade nos caracteres anteriormente relatados.

Os valores da herdabilidade para PG foram menores que os caracteres anteriormente mencionados. As estimativas foram de 32,73% e 34,05% para as progênes $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, respectivamente. Destaca-se o maior valor da estimativa para geração $F_{2:3}$ em relação à geração $F_{4:5}$. As estimativas dos intervalos de confiança para PG foram positivas e variaram de 5,36% a 51,01% para a geração $F_{2:3}$ e de 0,00% a 48,91%, para a geração $F_{4:5}$, indicando para essa última geração que os valores da herdabilidade podem assumir valor nulo.

A PG é um caráter que apresenta comportamento puramente quantitativo, em razão do grande número de locos que a controla. Isso faz com que o efeito do ambiente seja pronunciado e, conseqüentemente, diminua a relação entre a variância genética sobre a fenotípica. Assim, existem muitos trabalhos na literatura que apresentam estimativas baixas de herdabilidade para PG. Dentre estes podem ser citados: Destro et al. (1987), Triller e Toledo (1996), Azevedo Filho et al. (1998), Mauro et al. (2000) Toledo et al. (2000); Farias Neto e Vello (2001). Por outro lado existem alguns trabalhos que encontram estimativas de moderadas a altas: como Srivastava e Jain (1994), Santos et al. (1995) e Costa et al. (2004).

As estimativas dos coeficientes de variação genético (CV_g) para os caracteres dias florescimento (DF), altura das plantas no florescimento (AF), dias para maturação

(DM), altura das plantas na maturação (AM) e produção de grãos (PG), também, estão apresentados na tabela 5. Observa-se claramente que os caracteres DF, AM e PG apresentam CVg's altos (em torno de 10%), enquanto que os caracteres relacionados ao ciclo da planta (DF e DM) apresentam CVg's baixos (em torno de 2%). Este fato era esperado, visto que os genitores que deram origem à população tinham ciclos semelhantes. Estes resultados indicam claramente que existem boas perspectivas de sucesso na seleção para AF, AM e PG, mas não para DF e DM.

2.3.1.3 Estimativas das respostas à seleção

A Tabela 6 apresenta as estimativas das respostas esperadas com a seleção, em porcentagem ($R_s\%$) empregando-se variáveis intensidades de seleção, para os caracteres dias para florescimento (DF), altura das plantas no florescimento (AF), dias para maturação (DM), altura das plantas na maturação (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG).

Para os cinco caracteres foram simuladas quatro intensidades de seleção: $i = 50\%$, correspondendo à seleção das melhores 50% progênies; $i = 40\%$, correspondendo à seleção das 40 progênies superiores; $i = 30\%$, correspondendo à seleção das 30 progênies superiores e $i = 20\%$, correspondendo a uma seleção das melhores 20 progênies. Todas as condições refletem situações de seleção em médio e longo prazo.

Tabela 6 – Estimativas das respostas à seleção, em porcentagem (Rs%) nas gerações $F_{2:\infty}$ e $F_{4:\infty}$ com intensidades de seleção de 20, 30, 40 e 50% nas gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Genética, ESALQ/USP, Piracicaba, em 2005/06

Caráter	Geração/intensidade de seleção	Respostas a Seleção (%)			
		i = 20%	i = 30%	i = 40%	i = 50%
DF	$F_{2:\infty}$	1,65	1,36	1,14	0,94
	$F_{4:\infty}$	1,82	1,51	1,26	1,04
AF	$F_{2:\infty}$	9,10	7,53	6,28	5,20
	$F_{4:\infty}$	11,19	9,27	7,72	6,40
DM	$F_{2:\infty}$	1,62	1,34	1,12	0,92
	$F_{4:\infty}$	2,04	1,69	1,41	1,17
AM	$F_{2:\infty}$	10,49	8,68	7,24	5,99
	$F_{4:\infty}$	12,62	10,45	8,71	7,21
PG	$F_{2:\infty}$	6,15	5,09	4,24	3,51
	$F_{4:\infty}$	8,42	6,97	5,81	4,81

Os caracteres que possibilitariam maiores Rs seriam AF e AM. Já DF e DM, apresentaram as menores respostas esperadas com a seleção, de aproximadamente de 1 a 2% em todas as intensidades de seleção. Essa baixa Rs para DF e DM era esperada, uma vez que, as populações foram provenientes de genitores contrastantes para PG e não para outros caracteres. Mesmo assim, seria possível diminuir a AF e AM pela prática da seleção se este caráter fosse objetivo do programa de melhoramento. Para PG, verifica-se, independentemente da intensidade de seleção aplicada, maiores Rs% seriam obtidos com a geração $F_{4:\infty}$; contudo observa-se que mesmo com uma intensidade moderada de seleção (50%), seriam possíveis Rs% superiores a 3,5% com a seleção na geração $F_{2:\infty}$ e resposta em $F_{2:\infty}$.

É importante para o melhoramento genético das plantas o conhecimento de como as interações genótipos por ambientes afetam os progressos por seleção. Por exemplo, em que extensão podem-se prever as conseqüências da seleção em um ambiente e a resposta em outro ambiente, e quais as modificações que devem ser feitas em um programa de melhoramento visando selecionar genótipos para adaptações amplas ou restritas (PERKINS; JINKS, 1971; JINKS; CONNOLLY, 1973).

Ressalta-se que os ganhos genéticos podem estar superestimados, uma vez que, os experimentos foram avaliados em apenas um ano agrícola e em apenas um local; assim, as variâncias genéticas podem estar confundidas com a variância associada à interação genótipos x ambientes, principalmente para PG. Entretanto, é oportuno destacar que coeficientes de herdabilidades semelhantes para esse caráter são freqüentemente encontrados na literatura (MAURO et al.; 1995, REIS et al.; 2002).

O sucesso dos programas de melhoramento genético depende da existência da variabilidade genética e da capacidade de identificar genótipos superiores na população sob seleção. O processo seletivo depende dessa variabilidade, que estimada pelos parâmetros genéticos, permite basear os trabalhos de melhoramento genético em fundamentos teóricos mais sólidos. Esse fato foi comprovado pela significância entre genótipos nas duas gerações avaliadas (Tabelas 3 e 4). Outro fator bastante favorável foram os coeficientes de herdabilidade, sempre altos para AF e AM e de menor magnitude para PG, porém superiores a 32,5% e semelhantes a muitos trabalhos na literatura com a cultura da soja (DESTRO et al., 1987; AZEVEDO FILHO et al., 1998; MAURO et al., 2000; TOLEDO et al., 2000)

Uma importante função da herdabilidade, segundo Falconer e Mackay (1996) é seu papel no ganho genético em função da seleção expressada pelo valor fenotípico como estimador do valor genético. Assim, deve se dar atenção às estimativas destes coeficientes, uma vez que, maiores respostas à seleção, não estão necessariamente associadas a caracteres de alta herdabilidade. Por exemplo, uma herdabilidade no sentido restrito pode ser alta mesmo com pequena variância genética aditiva, desde que o efeito ambiental seja de pequena magnitude. Na avaliação da herdabilidade, como indicativo de predição, o importante é saber quanto do diferencial de seleção se espera ganhar, em virtude da seleção, na geração seguinte. Assim, para os caracteres de alta herdabilidade associada à intensidade elevada de seleção, espera-se maior R_s . Deste modo, fica evidenciando a importância de obter experimentos com baixo CV_E . Nesses casos os experimentos apresentaram precisões semelhantes a outros trabalhos na literatura (SANTOS, 2005, ARAÚJO, 2006) de forma que as estimativas da herdabilidade são consideradas confiáveis.

O efeito da seleção sobre a estrutura genética de uma população depende da precisão das estimativas das médias das progênies avaliadas, das frequências gênicas dos caracteres selecionados e da intensidade de seleção. Quanto menor a porcentagem de seleção, maior será a R_s . No entanto, mais rapidamente também será exaurida a variabilidade genética, o que vem a caracterizar um programa de melhoramento genético em curto prazo.

Desprezando os efeitos de dominância Bernardo (2003), mostrou que a correção genética entre geração F_2 e suas linhas derivadas seriam de 0,71. Essa correlação aumenta na medida em que ocorre o avanço da endogamia, com valores de 0,87; 0,94 e 0,97 para as gerações F_3 , F_4 e F_5 , com suas linhagens derivadas, respectivamente. Diante desses resultados é possível notar que existe uma alta correlação entre as gerações precoces, como a geração F_2 e suas linhagens derivadas e que métodos de melhoramento poderiam ser efetivos em estágios iniciais de um programa de melhoramento genético. Mesmo considerando, efeitos de dominância, desde que os mesmos, sejam de dominância parcial ou completa, estes não causariam efeitos a ponto de comprometer os resultados com a prática da seleção. No entanto, a seleção precoce pode se tornar não efetiva, quando efeitos não genéticos são muito pronunciados. Mahmud e Kramer (1951) trabalhando com progênies segregantes de soja enfatizaram que progênies F_3 poderiam antever boas estimativas da produtividade de progênies F_4 , desde que a deriva genéticas ou interações dos genótipos com ambientes fossem efetivamente controladas.

2.3.2 Progênies $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$

2.3.2.1 Análises de variância

Os resumos das análises de variância individuais com os seus valores de significâncias pelo teste de F, as médias ajustadas, os coeficientes de variação experimental (CV_E) e a eficiência do delineamento látice em relação ao de blocos casualizados para as progênies $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ para E. E. Genética e E. E. Anhembi no agrícola 2006/07 para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das

plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG), estão apresentados nas tabelas 1 a 4 do anexo B.

Os resumos das análises de variância conjuntas com suas significâncias detectadas pelo teste de F, médias ajustadas e CV_E para os caracteres DF, AF, DM, AM e PG das progêneses F_{2:4} e F_{4:6} avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi estão apresentadas e 8, respectivamente.

Tabela 7 – Análise de variância conjunta para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos por parcela, em gramas/m²; (PG) para progêneses F_{2:4}, de soja avaliada nas E. E. Genética/ESALQ/USP e E. E. Anhembi/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2006/07.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos (G)	99	31,47**	187,71**	14,65**	322,61**	5.276,60**
Locais (L)	1	5.146,05**	251,16*	2.723,22**	31.543,39**	118.456,72*
G x L	99	9,38**	69,69**	6,26**	91,02**	3.569,57**
Erro médio		4,72	40,71	3,68	44,56	2.492,23
Média ajustada		60,32	51,70	141,34	81,94	194,00
Coefficiente Variação (%)		3,60	12,34	1,36	8,15	25,73

[†] GL para e PG=518, **, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente, ^{ns}: não significativo.

Tabela 8 – Análise de variância agrupada para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias; (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos por parcela, em gramas/m²; (PG) para progêneses F_{4:6}, de soja avaliada nas E. E. Genética/ESALQ/USP e E. E. Anhembi/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2006/07.

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos (G)	99	48,06**	219,45**	25,40**	408,76**	7.679,63**
Locais (L)	1	1.934,42**	2.518,73 ^{ns}	7.056,72**	9.584,20**	127.598,59**
G x L	99	16,54**	62,87**	7,49**	90,88**	3.341,13**
Erro médio		4,27	40,23	4,45	40,08	2343,12
Média ajustada		61,75	55,53	143,03	84,07	189,72
Coefficiente Variação (%)		3,35	11,42	1,47	7,53	25,51

**, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente, ^{ns}: não significativo.

Ocorreram diferenças altamente significativa ($P \leq 0,01$) pelo teste de F entre genótipos e entre locais para todos os caracteres nas duas gerações, exceto entre locais para o caráter AF.

O efeito da interação genótipos x ambientes foi altamente significativo ($P \leq 0,01$) pelo teste de F para todos os caracteres avaliados nas duas gerações. Esse resultado demonstra como o comportamento de um genótipo pode ser influenciado pelo ambiente fazendo, muitas vezes, com que o melhorista tome decisões errôneas ao selecionar os genótipos superiores com base em apenas um local de avaliação. Muitas vezes, como nesse caso, a baixa disponibilidade de sementes obtidas de plantas individuais, obriga o melhorista a realizar experimentos em apenas um local. Segundo Baihaki, et al. (1976) a seleção não poderia ser feita em apenas um ambiente sem sérios riscos de descartar genótipos superiores, devido à interação genótipos por ambientes. No entanto, Scott et al. (1994) comenta que a pequena disponibilidade de sementes não deve restringir os trabalhos de seleção em fases iniciais, onde o número de sementes é limitado. Segundo esses autores, as avaliações em estágios iniciais é o ponto de partida, onde o melhorista deve descartar aqueles genótipos não promissores, ou seja, baixas intensidades de seleção devem ser aplicadas nesses estágios.

Os CV_E foram adequados para AF, DF, AM, e DM de acordo com as tentativas de quantificação dos coeficientes de variação genético para a cultura da soja disponíveis na literatura (CARVALHO et al., 2003). Em relação ao CV_E para PG, verifica-se que os valores foram próximos a 25%. Valores estes de magnitudes semelhantes aos encontrados na literatura para o tipo de parcela utilizado Prado (1994), Laínez-Mejía (1996), Rossmann (2001), Santos (2005) e Araújo (2006).

2.3.2.2. Estimativas das variâncias genéticas, fenotípicas, herdabilidade e coeficiente de variação genético, a partir das análises de variância conjunta

As estimativas das variâncias genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$), da variância da interação entre genótipos x locais ($\hat{\sigma}_{g \times l}^2$), herdabilidade entre médias de progênies no sentido amplo ($\hat{h}^2$) e coeficientes de variação genético (CV_g) para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para

maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG), considerando a análise conjunta entre os experimentos avaliados na E. E. Genética e E. E. Anhembi, em Piracicaba-SP no ano agrícola 2006/07 estão apresentadas na tabela 9.

Tabela 9 – Estimativas das variâncias genéticas entre médias de progênes ($\hat{\sigma}_g^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI), da variância da interação genótipos x locais ($\hat{\sigma}_{g \times l}^2$), da herdabilidade entre médias de progênes ($\hat{h}^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI) e coeficiente de variação genético (CV_g) para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM), e produção de grãos por parcela, em gramas/m² (PG) com base na análise conjunta entre os experimentos avaliados na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba – SP, ano 2006/07

Caráter	Geração	LI	$\hat{\sigma}_g^2$	LS	$\hat{\sigma}_{g \times l}^2$	LI	$\hat{h}^2$	LS	CV_g (%)
DF	F _{2:4}	2,54	3,34	4,97	0,58	79,31	84,99	88,76	3,03
	F _{4:6}	4,21	5,47	7,86	1,53	87,74	91,11	93,34	3,79
AF	F _{2:4}	14,08	18,38	29,72	3,62	70,10	78,31	83,76	8,29
	F _{4:6}	17,16	22,40	34,89	2,83	74,72	81,67	86,27	8,52
DM	F _{2:4}	1,02	1,37	2,21	0,32	65,32	74,85	81,17	0,83
	F _{4:6}	2,05	2,62	4,16	0,38	75,84	82,48	86,88	1,13
AM	F _{2:4}	26,16	34,76	50,50	5,81	80,95	86,19	89,66	7,19
	F _{4:6}	35,13	46,09	65,79	6,35	86,48	90,19	92,66	8,07
PG	F _{2:4}	233,79	348,05	742,10	134,67	34,86	52,77	64,64	9,62
	F _{4:6}	550,71	667,06	1.369,56	124,75	57,93	69,49	77,15	13,61

Os valores para a $\hat{\sigma}_{g \times l}^2$ foram menores que as $\hat{\sigma}_g^2$ para todos os caracteres e em todas as gerações. As estimativas das $\hat{\sigma}_g^2$, com base na análise conjunta entre E. E. Genética e E. E. Anhembi, para PG foram 348,05 e 667,06 (gramas/m²)² para as gerações F_{2:4} e F_{4:6}, respectivamente.

As estimativas de $\hat{h}^2$, considerando as médias de progênes, foram elevadas para todos os caracteres. Nota-se que para o caráter PG as estimativas da $\hat{h}^2$ variaram de 52,77% para a geração F_{2:4} a 69,49% para a geração F_{4:6}. Para outros caracteres as estimativas da $\hat{h}^2$ sempre estiveram acima de 70%. A pouca influência ambiental sobre

os caracteres DF, AF, DM e AM é um fenômeno bastante conhecido e destacado em inúmeros trabalhos sobre melhoramento genético de plantas.

As estimativas das herdabilidades, considerando as médias de progênies, foram mais elevadas se comparadas às obtidas no ano agrícola 2005/06, principalmente para PG. Esses resultados discrepantes para as estimativas da $\hat{h}^2$ para PG podem ter sido provocados pelo fato de ter-se utilizado dois locais de avaliação e, portanto um maior número de repetições, que reduzem a variância fenotípica entre médias de progênies.

Reitera-se que as estimativas da herdabilidade podem estar ainda viesadas, devido ao confundimento das variâncias genéticas pelas interações genótipos x anos e genótipos x locais x anos (O'BRIEN et al., 1978).

Para AF os valores encontrados para $\hat{h}^2$ foram altas, superiores as encontradas por Freire Filho (1988). Entretanto, Destro et al. (1987) trabalhando com progênies F_3 e F_4 , encontraram estimativas variando de 0,0% a 90% dependendo do tipo de população avaliada. Reis et al. (2002) descrevem valores de 80,05%, concordando plenamente com as estimativas deste estudo.

As estimativas da $\hat{h}^2$ para AM foram altas e concordam com os resultados encontrados por Rossmann (2001) que trabalhando com progênies endogâmicas de soja em quatro anos de avaliação encontrou valores variando de 81% a 97%. Outros trabalhos na literatura também apresentam estimativas semelhantes da $\hat{h}^2$ para DM, destacando-se Azevedo Filho et al. (1998), Reis et al. (2002).

As altas estimativas de $\hat{h}^2$ para AM também são freqüentes na literatura. Brim (1973) realizou um levantamento e determinou que os valores de $\hat{h}^2$ para AM variavam de 78% a 94%, com média de 84%. Já, Freire Filho (1988) constatou valores entre 71% a 86% com média de 80% e Reis et al. (2002) relatam valores em torno de 97%.

Os valores encontrados na literatura em relação à $\hat{h}^2$ para PG variam acentuadamente. As estimativas da $\hat{h}^2$ são dependentes de muitos fatores como: condições ambientais em que foram conduzidos os experimentos, da variabilidade

genética dos materiais utilizados e também do método como se obtém as estimativas (FALCONER; MACKAY, 1996).

Um parâmetro auxiliar no sucesso de um processo seletivo seria a utilização do CV_g , segundo Geraldi (1977), uma vez que, as estimativas dos coeficientes de herdabilidade per se não refletem necessariamente a quantidade de variação genética presente em uma determinada população.

As estimativas dos CV_g oscilaram de 0,83% para o caráter DM na geração $F_{2:4}$ a 13,61% na geração $F_{4:6}$ para o caráter PG. Esses valores são considerados baixos comparados com outros trabalhos na literatura (PULCINELLI, 1997; PRADO, 1994; ROSSMANN, 2001). No caso desse último autor, os valores encontrados foram pouco superiores para PG; no entanto, destaca-se que o mesmo avaliou genótipos com maior grau de endogamia e obtidos de cruzamentos mais divergentes que as progêies avaliadas nesse trabalho.

2.3.2.3 Respostas a seleção em % com base nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$

Na tabela 10 encontra-se as estimativas das respostas à seleção em porcentagem (Rs), simulando intensidades variáveis de seleção (20 a 50%), com base nos valores obtidos da análise de variância conjunta envolvendo os experimentos avaliados na E. E. Piracicaba e E. E. Anhembi, para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm, (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG), em Piracicaba-SP, no ano agrícola 2006/07 para as gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$.

Tabela 10 – Estimativas das respostas esperadas com seleção ($R_s\%$) nas gerações $F_{2:\infty}$ e $F_{4:\infty}$ com intensidade de seleção de 20, 30, 40 e 50% nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM), produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba – SP no ano agrícola 2006/07

Caráter	Geração\intensidade de seleção (%)	Resposta à seleção em porcentagem (R_s)			
		i=20%	i=30%	i=40%	i=50%
DF	$F_{2:\infty}$	1,28	1,06	0,88	0,73
	$F_{4:\infty}$	1,71	1,41	1,18	0,98
AF	$F_{2:\infty}$	10,27	8,50	7,09	5,87
	$F_{4:\infty}$	10,78	8,93	7,44	6,16
DM	$F_{2:\infty}$	1,00	0,83	0,69	0,57
	$F_{4:\infty}$	1,44	1,19	0,99	0,82
AM	$F_{2:\infty}$	9,35	7,74	6,45	5,34
	$F_{4:\infty}$	10,74	8,89	7,41	6,13
PG	$F_{2:\infty}$	9,78	8,10	6,75	5,59
	$F_{4:\infty}$	15,89	13,15	10,96	9,08

As magnitudes das variâncias genéticas têm efeito considerável na seleção em gerações precoces. Grandes respostas podem ser esperadas na seleção de populações com alta variância genética. Nesse estudo verifica-se que é possível obter resposta à seleção para todos os caracteres, simulando qualquer intensidade de seleção. Os caracteres AF e AM apresentaram R_s superiores a 5%, mesmo com uma intensidade branda de seleção (50%).

Nota-se que, para PG é possível obter R_s com qualquer intensidade de seleção e em qualquer geração. As maiores R_s foram obtidas com a geração $F_{4:6}$. Observa-se que, mesmo fazendo uma seleção branda (50%), seria possível uma R_s próxima de 6%, quando se seleciona em $F_{2:4}$ e com R_s em $F_{2:\infty}$.

É oportuno salientar que essas R_s podem estar sub ou superestimados, uma vez que, as variâncias genéticas podem estar confundidas com as interações genótipos x anos, pois os experimentos foram conduzidos em apenas dois locais e em um mesmo ano agrícola (2006/07). Assim, essas estimativas da R_s , podem não refletir os verdadeiros valores da R_s em F_{∞} .

As menores interferências ambientais nos caracteres DF, AF, DM e AM são indicativos de que $R_s\%$ mais confiáveis sejam obtidas com esses caracteres, ditos

secundários. No entanto, mesmo o caráter sendo mais influenciado pelas interações genótipos x ambientes, resultados promissores para a $R_s\%$ são esperados, desde que alguns cuidados sejam tomados, como menor índice de seleção, visando um programa de melhoramento de médio a longo prazo (PRADO, 1994; ROSSMANN, 2001).

2.3.2.4 Comparação entre as respostas preditas e observadas com a seleção

Os valores de resposta à seleção em porcentagem preditos para o caráter produção de grãos com base na seleção das gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$ na E. E. Genética, no agrícola 2005/06 e da resposta à seleção observadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi, no ano agrícola 2006/07, para as gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ estão apresentados na tabela 11

Tabela 11 – Estimativas das respostas à seleção, para o caráter produção de grãos, em porcentagem, com base nas estimativas da herdabilidade obtidas na avaliação das progênies $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, na E. E. Genética, Piracicaba-SP, safra 2005/06 e respostas observadas, em porcentagem, com base no desempenho das progênies $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$, avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba – SP no ano agrícola 2006/07

Respostas (%)		20%	30%	40%	50%
Predita $F_{2:3}$	E.E. Genética	6,15	5,09	4,24	3,51
	E. E. Genética	3,06	3,20	3,31	4,28
Observada $F_{2:4}$	E. E. Anhembi	3,36	5,30	4,19	4,21
	Conjunta	3,22	4,32	3,78	4,24
Predita $F_{4:5}$	E.E. Genética	8,42	6,97	5,81	4,81
	E. E. Genética	8,05	5,65	3,99	2,12
Observada $F_{4:6}$	E. E. Anhembi	8,08	7,06	5,57	3,04
	Conjunta	8,07	6,40	4,83	2,61

Verifica-se a ocorrência de maior coincidência entre os valores preditos e observados para a seleção praticada na geração $F_{4:5}$. Neste caso, maiores intensidades de seleção resultam em maiores respostas à seleção, tanto para a resposta esperada quanto para a observada. Na geração $F_{2:3}$, maiores intensidades de seleção resultam em resultados discrepantes entre as respostas com seleção observadas e esperadas, visto que as respostas observadas pouco variam para as diferentes intensidades de seleção.

Estes resultados podem ser melhor visualizados por meio das figuras 1 a 6, que ilustram as respostas observadas com a seleção com base na média do ano anterior. Nestas figuras tem-se o número de progênies superiores à média da população para diferentes intensidades de seleção: 20%, 30%, 40% e 50%. Nas figuras 1 e 2, tem-se as respostas observadas no local de seleção (E.E.Genética) com seleção de progênies $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, respectivamente, Nas Figuras 4 e 5 tem-se a mesma situação, mas para as respostas observadas no outro local (E.E.Anhembi). Comparando estes resultados (figura 1 vs 2 e figura 3 vs 4) verifica-se que o número de progênies coincidentes passa a ser maior com porcentagens de seleção acima de 40%. Com porcentagens de seleção menores (seleção mais intensa) a resposta observada com seleção, isto é, o número de progênies com média superior à média da população é maior para a seleção com progênies $F_{4:5}$.

As respostas observadas com seleção considerando as médias dos dois ambientes avaliados (E.E. Genética e E.E. Anhembi) estão apresentados nas figuras 5 e 6. Neste caso existe uma coincidência maior para os diferentes tipos de progênies, mesmo com intensidades mais altas, devido, provavelmente, ao fato de se estar avaliando em um número maior de ambientes e controlando a interação genótipos-ambientes. Mesmo assim, tem-se que ter cautela com intensidade abaixo de 40%.

Figura 1 – Média da população e distribuição frequência de genótipos selecionados com base em diferentes intensidades de seleção (A=20%, B=30%, C=40% e D=50%) de progênies $F_{2:3}$ (E. E. Genética, 2005/06) e avaliação da progênies derivadas $F_{2:4}$ (E. E. Genética, 2006/07)

Figura 2 – Média da população e distribuição de frequência de genótipos selecionados com base em diferentes intensidades de seleção (A=20%, B=30%, C=40% e D=50%) de progênies $F_{4:5}$ (E. E. Genética, 2005/06) e avaliação da progênies derivadas $F_{4:6}$ (E. E. Genética, 2006/07)

Figura 3 – Média da população e distribuição de frequência de genótipos selecionados com base em diferentes intensidades de seleção (A=20%, B=30%, C=40% e D=50%) de progênies $F_{2:3}$ (E. E. Genética, 2005/06) e avaliação da progênies derivadas $F_{2:4}$ (E. E. Anhembi, 2006/07)

Figura 4 – Média da população e distribuição de frequência de genótipos selecionados com base em diferentes intensidades de seleção (A=20%, B=30%, C=40% e D=50%) de progênies $F_{4:5}$ (E. E. Genética, 2005/06) e avaliação da progênies derivadas $F_{4:6}$ (E. E. Anhembi, 2006/07)

Figura 5 – Média da população e distribuição de frequência de genótipos selecionados com base em diferentes intensidades de seleção (A=20%, B=30%, C=40% e D=50%) de progênies $F_{2:3}$ (E. E. Genética, 2005/06) e avaliação conjunta da progênies derivadas $F_{2:4}$ na E. E. Genética e E. E. Anhembi, 2006/07)

Figura 6 – Média da população e distribuição de frequência de genótipos selecionados com base em diferentes intensidades de seleção (A=20%, B=30%, C=40% e D=50%) de progênies $F_{4:5}$ (E. E. Genética, 2005/06) e avaliação conjunta da progênies derivadas $F_{4:6}$ na E. E. Genética e E. E. Anhembi, 2006/07)

A análise destes resultados mostra, portanto, que a seleção na geração F_2 , ou entre progênies $F_{2:4}$ não pode ser muito intensa, pois a probabilidade de se selecionar progênies cuja superioridade não se repete na geração seguinte é maior. Isso ocorre, certamente, devido ao maior nível de heterozigosidade que ocorre dentro de cada progênie, e que vai se dissipando com as sucessivas gerações de autofecundação. Obviamente em F_4 , isto é, progênies $F_{4:5}$, a heterozigose já está bem reduzida, resultando em uma identificação mais eficaz das progênies superiores.

Um fato importante a ser considerado, mas que não é possível avaliar neste trabalho, é que as progênies $F_{2:3}$ permitem explorar a variabilidade genética dentro das mesmas em gerações avançadas, o que deverá resultar em uma resposta adicional com seleção.

2.3.3. Avaliação das 20 progênies selecionadas com testemunhas comerciais

2.3.3.1 Análises de variância

Os valores e significâncias detectados pelo teste de F na análise de variância, as médias ajustadas e o coeficiente de variação experimental para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, gramas/m² (PG) nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ estão apresentadas nas tabelas 12 e 13, respectivamente.

Tabela 12 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m²; (PG) para as progênes selecionadas F_{2:4} avaliadas em E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba - SP, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	23	184,71**	410,19**	34,06**	1.927,48**	42.720,16**
Entre progênes (P)	19	25,34**	137,36**	29,76**	437,49**	7.035,00**
Entre testemunhas (T)	3	567,42**	1.941,45**	66,67**	11.092,16**	188.453,84**
P vs. T	1	2.064,56**	1.000,25**	18,03**	2.743,16**	283.537,14**
Locais (L)	1	770,42**	465,05 ^{ns}	4.712,53**	6.718,16**	192.446,81**
G x L	23	18,85**	91,44**	25,58**	105,64**	8.918,57**
Entre P x L	19	7,26 ^{ns}	60,00 ^{ns}	5,80 ^{ns}	102,24**	2.844,03 ^{ns}
Entre T x L	3	95,09**	283,29**	39,73**	53,70 ^{ns}	3.073,22 ^{ns}
P vs T x L	1	10,45 ^{ns}	113,21 ^{ns}	358,83**	326,09*	141.870,80**
Erro	414	4,55	44,07	4,05	50,70	2.673,89
Média ajustada		59,18	57,47	143,87	88,99	193,19
Coeficiente Variação (%)		3,60	11,55	1,40	8,00	26,77

Tabela 13 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m²; (PG) para as progênes selecionadas F_{4:6} avaliadas em E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba - SP, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	23	237,92**	379,78**	57,73**	3.135,04**	56.431,08**
Entre progênes (P)	19	34,61**	65,04*	33,04**	709,29**	21.382,17**
Entre testemunhas (T)	3	725,76**	1.357,29**	107,47**	18.603,71**	170.733,60**
P vs. T	1	2.637,37**	3.427,32**	377,63**	2.818,18**	379.452,75**
Locais (L)	1	683,44**	595,35 ^{ns}	1.387,20**	23.511,60**	672.720,77**
G x L	23	29,48**	134,40**	9,88**	166,32 ^{ns}	11.701,65**
Entre P x L	19	15,06**	50,96 ^{ns}	4,98 ^{ns}	107,89 ^{ns}	3.482,83*
Entre T x L	3	128,56**	500,29**	28,53**	177,43 ^{ns}	19.761,80**
P vs T x L	1	6,31 ^{ns}	622,08**	47,04**	1.243,30**	143.678,95**
Erro	414	5,83	39,80	3,87	121,15	2.025,06
Média ajustada		59,34	57,73	141,82	89,92	180,04
Coeficiente Variação (%)		4,07	10,93	1,39	12,24	24,99

Verifica-se que para as duas gerações e para todos os caracteres avaliados que as fontes de variação entre genótipos, entre progênies selecionadas, entre testemunhas comerciais e o contraste entre progênies selecionadas vs. testemunhas comerciais entre locais também, que ocorreram diferenças altamente significativas ($P \leq 0,01$), exceção apenas entre genótipos para o caráter AF na geração $F_{4:6}$, que foi significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F. Esse fato evidencia o comportamento não coincidente entre os genótipos com base na média dos dois ambientes avaliados. A mesma afirmativa pode ser feita entre progênies selecionadas e entre testemunhas comerciais. As significâncias entre os contrastes progênies selecionadas vs. testemunhas comerciais para as duas gerações evidenciam que em média nos dois ambientes as progênies selecionadas e as testemunhas comerciais apresentam desempenhos distintos.

A interação genótipos x locais se mostrou altamente significativa para todos os caracteres ($P \leq 0,01$) para as duas gerações avaliadas. Esse fato indica que os genótipos respondem de maneira diversa, dependendo de onde estão sendo avaliados. Na decomposição dessa fonte de variação, verifica-se que entre progênies selecionadas x ambientes os resultados se mostraram não coincidentes quanto à significância. Entre as testemunhas comerciais x locais, os resultados se mostraram significativos ou não significativos, dependendo da geração e do caráter avaliado.

Os coeficientes de variação com base na análise conjunta apresentaram valores adequados para AF, DF, AM e DM e variaram de 1,39% para DM a 12,24%, ambos na geração $F_{4:6}$. Para o caráter PG se mostrou mais elevado e seus valores oscilaram de 24,99 a 26,77% para as gerações $F_{4:6}$ e $F_{2:4}$, respectivamente.

As médias ajustadas das duas gerações avaliadas nos dois ambientes também estão apresentadas nas tabelas 12 e 13. Verifica-se que na média dos dois ambientes, as progênies $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ apresentaram médias similares para a maioria dos caracteres, exceto para PG, onde a média foi um pouco maior na geração $F_{2:4}$.

2.3.3.2 Agrupamento das médias pelo critério de SCOTT – KNOTT

A partir das diferenças detectadas pelo teste F nas análises de variância conjuntas, foi realizado o teste de agrupamento de Scott e Knott (1974), com o objetivo

de se estudar mais detalhadamente a formação dos diferentes grupos genotípicos. Os resultados referentes ao teste de agrupamento de médias estão apresentados nas tabelas 14 e 15.

Tabela 14 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², para as progênies F_{2:4} avaliadas análise conjunta envolvendo os experimentos na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07

Genótipos	DF		AF		DM		AM		PG	
	Médias		Médias		Médias		Médias		Médias	
IAC-8	60,0	B ¹	71,7	A	145,9	A	94,4	B	359,1	A
IAC-Foscarin-31	44,3	D	38,0	C	145,7	A	111,5	A	272,5	B
4	62,4	A	60,3	A	144,9	A	91,9	B	234,5	B
IAC-12	57,9	B	51,2	B	142,1	B	68,2	D	233,5	B
72	59,9	B	61,3	A	144,9	A	97,1	B	198,9	C
33	63,7	A	62,7	A	145,3	A	96,8	B	198,0	C
91	59,3	B	58,4	A	145,7	A	89,6	C	194,6	C
45	58,3	B	53,5	B	143,7	B	82,7	C	194,6	C
55	62,4	A	59,4	A	144,3	A	92,3	B	190,6	C
88	60,2	B	59,9	A	143,5	B	89,1	C	188,5	C
54	60,0	B	55,3	A	143,3	B	84,1	C	187,7	C
25	60,9	A	60,0	A	144,5	A	90,5	C	186,4	C
46	63,0	A	64,4	A	144,7	A	94,6	B	185,8	C
51	60,1	B	62,9	A	143,1	B	93,2	B	180,9	C
57	61,8	A	60,8	A	143,7	B	95,0	B	179,2	C
95	61,9	A	61,0	A	140,7	B	91,8	B	178,5	C
14	59,8	B	55,2	A	143,3	B	83,9	C	172,9	C
53	60,0	B	58,7	A	144,5	A	90,0	C	172,5	C
60	58,9	B	49,7	B	143,1	B	82,4	C	171,9	C
5	61,0	A	56,3	A	143,9	B	89,5	C	162,7	C
50	59,3	B	58,8	A	144,3	A	95,5	B	161,8	C
35	59,0	B	53,5	B	142,7	B	85,7	C	161,5	C
36	58,0	B	55,6	A	141,5	B	85,8	C	144,8	C
IAS-5	48,3	C	50,7	B	143,5	B	60,6	D	125,1	C

¹Médias ajustadas seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com a metodologia de agrupamento de Scott-Knott (P≤0,05)

Tabela 15 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², para as progênies F_{4:6} avaliadas análise conjunta envolvendo os experimentos na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07

Genótipos	DF		APF		DM		APM		PG	
	Médias		Médias		Médias		Médias		Médias	
IAC-8	60,5	C ¹	65,1	A	146,3	A	93,1	B	352,9	A
IAC-Foscarin-31	42,3	E	37,2	C	143,9	A	123,2	A	259,3	B
IAC-12	57,5	C	48,8	B	140,7	C	68,3	C	230,5	B
75	58,8	C	55,9	A	141,7	C	92,5	B	226,1	B
34	62,3	B	60,1	A	141,3	C	87,5	B	220,4	B
17	59,8	C	58,5	A	142,7	B	92,1	B	214,8	B
73	59,0	C	61,4	A	141,3	C	95,4	B	205,6	B
80	60,2	C	58,9	A	143,9	A	91,4	B	195,3	B
12	58,4	C	59,7	A	142,3	B	93,4	B	192,6	B
72	66,0	A	56,6	A	143,3	B	76,6	C	180,0	C
33	60,0	C	61,3	A	139,5	C	99,8	B	177,4	C
7	61,2	B	58,7	A	142,7	B	101,6	B	163,1	C
76	60,1	C	55,2	A	139,5	C	80,8	C	162,0	C
23	61,7	B	62,0	A	141,5	C	93,0	B	160,0	C
41	63,4	B	65,0	A	141,1	C	97,4	B	157,3	C
1	61,5	B	62,8	A	140,1	C	90,5	B	151,1	C
4	60,9	B	58,3	A	139,3	C	85,5	B	148,5	C
43	58,4	C	59,6	A	142,1	B	91,3	B	146,1	C
26	59,5	C	57,9	A	142,3	B	92,6	B	134,9	C
87	61,2	B	56,2	A	140,1	C	89,0	B	133,8	C
28	61,1	B	61,5	A	140,7	C	93,5	B	132,3	C
IAS-5	47,4	D	46,0	B	144,3	A	53,5	D	128,5	C
71	60,0	C	57,3	A	141,9	C	91,8	B	126,2	C
21	62,9	B	61,5	A	141,1	C	84,5	B	119,6	C

¹Médias seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com a metodologia de agrupamento de Scott-Knott (P≤0,05)

Foi possível verificar a formação de grupos distintos para os 5 caracteres para as duas gerações avaliadas.

Para a geração F_{2:4} (tabela 14), nota-se que os caracteres que formaram os maiores números de grupos foram DF e AM, quatro grupos. O caráter DM foi o que apresentou menor número de grupos, isto é, dois. Para o caráter PG houve a formação de três grupos distintos. Verifica-se que o primeiro grupo foi formado pela testemunha comercial IAC-8, com média de 359,1 gramas/m². O segundo grupo foi formado por duas testemunhas comerciais, IAC-Foscarin-31, IAC-12 e pelo genótipo selecionado 4.

O terceiro grupo foi formado pelos demais genótipos avaliados, sendo 19 genótipos experimentais e a testemunha comercial IAS-5.

Na tabela 15, verifica-se que ocorreu a formação de grupos distintos entre todos os caracteres avaliados entre as progênes $F_{4:6}$. O caráter com a maior número de grupos foi DF com cinco grupos, seguido de AM com quatro grupos e dos demais caracteres com três grupos diferentes.

A testemunha IAC-8, de modo análogo aos outros experimentos, formou um grupo distinto para produção de grãos, sendo superior aos demais genótipos. No segundo grupo verifica-se que duas testemunhas (IAC-Foscarin-31 e IAC-12) que seis progênes selecionadas (75, 34, 17, 73, 80 e 12) não foram estatisticamente diferente entre si. Verifica-se assim que entre as progênes selecionadas em $F_{4:5}$, um maior número de progênes apresenta desempenho comparável as testemunhas comerciais com melhor desempenho produtivo. Isso reforça os estudos que demonstram que as correlações entre gerações avançadas apresentam-se maiores do que progênes com alto grau de endogamia, como salientam Knott e Kumar (1975), Whan et al. (1981), Rana e Gupta (1993), Bernardo, (1991), Bos e Caligari (1995), Ranalli et. al. (1996), Rosal et. al. (2000) e Jones e Smith (2006). Os demais genótipos e a testemunha comercial IAS-5 apresentaram desempenho semelhante e formaram o terceiro grupo.

A predominância entre as testemunhas comerciais com a formação dos grupos de maior média era esperada, uma vez que são genótipos selecionados em programas de melhoramento, no qual objetivo é desenvolver genótipos cada vez mais competitivos, tanto em produtividade, quanto em outros caracteres de importância agrônômica. As populações desse estudo foram formadas pelo cruzamento de linhagens provenientes da segregação de cruzamentos entre genitores exóticos, ou seja, pouco melhorados e, portanto possuidores de poucos genes de interesse agrônômico. Entre os inúmeros fatores intrínsecos nessas populações segregantes pode-se citar, por exemplo, o aspecto amarelado das progênes, denotando deficiência de nitrogênio, quando as condições de suplemento desse nutriente estão adequadas. Outra característica marcante nos experimentos do ano agrícola 2006/07, devido o excesso de chuvas, nos meses de janeiro e fevereiro de 2007 foi o aparecimento de bacterioses nas folhas, fato não encontrado nas cultivares comerciais. Mesmo assim,

verificaram-se genótipos com desempenho surpreendente, tendo desempenhos comparáveis aos genótipos comerciais, principalmente na geração $F_{4:6}$.

2.3.4 Considerações Finais

Os resultados encontrados nesse trabalho corroboram os resultados de outros trabalhos sobre a seleção precoce. Foi possível verificar que, mesmo se dispondo de pequena quantidade de sementes em gerações iniciais, é viável realizar experimentos para avaliar essas progênes, uma vez que estas fornecem informações úteis para o processo seletivo.

As respostas observadas com seleção indicam que a seleção em geração tão precoce quanto a $F_{2:3}$ pode ser realizada, desde que a intensidade de seleção não seja alta (acima de 40%). Obviamente a resposta com seleção em $F_{4:5}$ será maior, mais isto acarreta um maior tempo para completar um ciclo, fazendo com que esta vantagem reduza ou desapareça. Além disso, não se trataria mais de um teste precoce, pois as progênes já atingiram um alto grau de homozigose. Infelizmente, no presente trabalho foram perdidas as progênes $F_{3:4}$. Os resultados obtidos, porém, indicam que esta geração poderia ser mais apropriada para o início da seleção precoce. Neste caso, poder-se-ia praticar uma intensidade de seleção maior e, conseqüentemente, ter uma resposta maior com seleção. Utilizando-se facilidades como plantio de inverno, poder-se-ia completar um ciclo em um prazo semelhante ao das progênes $F_{2:3}$.

Embora o método SSD (single seed descent) tenha sido descrito na literatura (BOERMA; COOPER, 1973, KONOTT; KUMAR, 1975, NTARE; AKEN'OVA, 1985) como comparável ao teste precoce na geração F_3 para a identificação de genótipos superiores para produção de grãos, nada impediria de utilizar essas duas metodologias associadas, com o objetivo de identificar as progênes mais promissoras, ou seja, poder-se-ia utilizar a seleção precoce para identificar as progênes mais promissoras nas gerações $F_{2:3}$ ou $F_{3:4}$ e conduzir as progênes selecionadas pelo método SSD até a geração F_5 ou F_6 , de onde poderiam ser extraídas linhas puras superiores.

Qual seria o melhor método seletivo ao aplicar seleção em gerações precoces? Whan et al. (1981) comenta que resultado mais confiável na seleção precoce seria obtido se houvesse experimentos avaliados em vários locais em experimentos com

repetições. Assim, o método mais eficiente na seleção precoce seria gerar as progênies $F_{2:3}$ ou $F_{3:4}$, multiplicar suas sementes obtendo assim, as gerações $F_{2:4}$ e $F_{3:5}$, e avaliá-las em vários locais em experimentos com repetições. O efeito de diferentes anos poderia ser amenizado pela escolha criteriosa de vários locais dentro de um mesmo ano.

3 CONCLUSÕES

- 1) A seleção precoce na geração $F_{2:3}$ se mostrou eficiente para a identificação de progênies superiores para a produção de grãos em soja, desde que sejam aplicadas intensidades de seleção moderadas.
- 2) Os resultados obtidos indicam que a geração $F_{3:4}$ deve ser também apropriada para o início da seleção. Estudos adicionais devem ser realizados para obter informações mais seguras sobre esta geração.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, P. A. **Detecção da epistasia para produção de grãos e caracteres agrônômicos em soja**. Piracicaba, 2006, 78p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2006.
- ATKINS, R. E.; MURPHY, H. C. Evaluation of yield potentialities of oat crosses from *bulk* hybrid test. **Agronomy Journal**, Madison, v. 41, n. 1, p. 41-45, 1949.
- AZEVEDO FILHO, J. A.; VELLO, N. A.; GOMES, R. L. F. Estimativas de parâmetros genéticos de populações de soja em solos contrastantes na saturação de alumínio. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 227-239, 1998.
- BAIHAKI, A.; STUCKER, R. E.; LAMBERT, J. W. Association of genotype x environment interactions with performance level of soybean lines in preliminary yields tests. **Crop Science**, Madison, v. 16, n. 6, p. 718-721, 1976.
- BARBIN, D. **Componentes de variância: teoria e aplicações**, 2. ed. Piracicaba: FEALQ 1993. 120p.
- BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; SILVA, J. A. G.; LORENCETTI, C.; MAIA, M. B.; MARCHIORO, V. S.; FREITAS, F.; HARTWIG, I. Uma proposta de seleção para caracteres quantitativos e qualitativos em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, n. 3, p. 701-706, 2004.
- BENIN, G.; CARVALHO, F. I. F.; OLIVEIRA, A. C.; LORENCETTI, C.; VALÉRIO, I. P.; SCHIMIDT, D. A. M.; HARTWIG, I.; RIBEIRO, G.; VIEIRA, E. A.; SILVA, J. A. G. Early generation strategy for yield and yield components in White oat. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 62, n. 4, p. 357-365, 2005.
- BERNARDO, R. Correlation between testcross performance of lines at early and late selfing generations. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlin, v. 82, n.1 p. 17-21, 1991.
- BERNARDO, R. On the effectiveness of early generation selection in self-pollinated crops. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 4, p. 1558-1560, 2003.
- BHAT, R. S.; GOWDA, M. V. C.; ABDUL KHADER, K. M. Early generation selection for late leaf spot resistance and productivity in groundnut (*Arachis hypogea* L.). **Indian Journal Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 53, n. 3, p. 352-356, 1996.

BOERMA, H. R.; COOPER, R. L. Effectiveness of early-generation yield selection of heterogeneous lines in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 3, p. 313-315, 1975.

BONATO, E. R.; VELLO, N. A. Aspectos genéticos do tempo para o florescimento em variantes naturais de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 989-993, 1999.

BOS, I.; CALIGARI, P. **Selection methods in plant breeding**. New York (USA): Chapman & Hall, 1995, 347 p.

BRIGGS, K. G.; SHEBESKI, L. H. Early generation selection for yield and bread making quality of hard red spring wheat. **Euphytica**, Wageningen, v. 20, n. 3, p. 453-463, 1971.

BRIM, C. A. Quantitative Genetics and breeding. In: BERNARDO, R. L.; WEISS, M. G. ed. **Soybeans: Improvement, production and uses**. Madison: American Society of Agronomy, 1973. p. 155-185.

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

BYTH, D. E.; WEBER C. R.; CALDWELL, B. E. Correlated truncation selection for yield in soybeans. **Crop Science**, Madison, v. 9, n. 6. p. 699-702, 1969b.

CARVALHO, C. G. P.; ARIAS, C. A. A.; TOLEDO, J. F.F.; ALMEIDA, L. A.; KIIHL, R.A.S.; OLIVEIRA, M. S.; HIROMOTO, D. M.; TAKEDA, C. Proposta de classificação dos coeficientes de variação em relação à produtividade e altura da planta de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 187-193, 2003.

COOPER, R. L. Modified early generation testing procedure for yield selection in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 30, n. 2, p. 417-419, 1990.

COSTA, M. M.; MAURO, A. O.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; ARRIEL, N. H. C. BÁRBARO, I. M.; MUNIZ, F. R. S. Ganho genético por diferentes critérios de seleção em populações segregantes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 11, p. 1095-1102, 2004.

COSTA, N. H. A. D.; SERAPHIN, J. C.; ZIMMERMANN, F. J. P. Novo método de classificação de coeficientes de variação para a cultura do arroz de terras altas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 3, p. 243-249, 2002.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. **Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético**. 3 ed. Viçosa: UFV, 2001. 390p.

CUTRIM, V. A.; RAMALHO M.A. P.; CARVALHO, A. M. eficiência da seleção visual na produtividade de grãos de arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 6, p. 601-601, 1997.

DESTRO, D.; SEDIYAMA, T.; SILAVA, J. C.; SEDIYAMA, C. S. THIEBAUT, J. T. L. estimativas de herdabilidade de alguns caracteres em dois cruzamentos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 22, n. 3, p. 291- 304, 1987.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F.C. **Introduction to quantitative genetics**. 4. ed. Harlow: Addison Wesley Longman, 1996. 464p.

FARIAS NETO, J.T.; VELLO, N.A. Avaliação de progênies $F_{4:3}$ e $F_{5:3}$ e estimativas de parâmetros genéticos com ênfase para porcentagem de óleo, produtividade de grãos e óleo em soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.25, n. 3, p.812-820, 2001.

FASOULAS, A. **A new approach to breeding superior yielding varieties**. Thessaloniki: Aristotelian University of Thessaloniki/Dept. of Genetics and Plant Breeding, 1973, 42 p.

FEHR, N. R.; WEBER, C. R. mass selection by seed size and specific gravity in soybean populations. **Crop Science**, Madison, v. 8, n. 5, p. 551-554, 1968.

FEHR, W. R. **Principles of cultivar development: Theory and Technique**. New York (USA): Mc-Graw Hill, 536 p.1987.

FIUZAT, Y.; ATKINS, R. E. Genetic and environmental variability in segregating barley populations. **Agronomy Journal**, Madison, v. 45, n. 9, p. 414-416, 1953.

FOWLER, W. L.; HEYNE, E. G. Evaluation of *bulk* hybrid tests for predicting performance of pure line selections in hard red winter wheat. **Agronomy Journal**, Madison, v. 47, n.9, p. 430-434, 1955

FREIRE FILHO, F. R. **Análise genética de um dialelo entre genótipos precoces de soja [*Glycine max* (L.) Merril]**. 1988. 224p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” /Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

FREY, K. J. The use of F_2 lines in predicting the performance of F_3 selections in two barley crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 46, n. 12, p. 541-544, 1954.

GARCIA, C. H. **Tabelas para classificação do coeficiente de variação**. Piracicaba: Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais, 1989. 12 p. (Circular Técnica, 171).

GERALDI, I. O. **Estimação de parâmetros genéticos de caracteres do pendão em milho (*Zea mays* L.) e perspectivas de melhoramento**. 1977. 103 p Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1977

GIECO, J. O. **Interação Genótipos x ambientes e implicações para o melhoramento da soja**. 1997. 98 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997

GILIOI, J. L. **Herança do número de dias para a floração e maturação em quatro mutantes naturais em soja (*Glycine max.* (L.) Merrill)**. 1979. 142 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1979.

HEYNE, E. G.; FINNEY, K. F. F₂ progeny test for studying agronomic and quality characteristics in hard red winter wheat. **Crop Science**, Madison, v. 5, n. 2, p. 129-132, 1965.

HULL, F. H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. **Journal of the American Society the Agronomy**, New York, v. 37, n. 2, p. 134-145, 1945.

IMMER, F. R. Relation between yielding ability and homozygosis in barley crosses. **Journal of the American Society the Agronomy**, New York, v. 33, n. 3, p. 200-206, 1941.

JENKINS, M. T. The segregation of genes affecting yield of grain in maize. **Agronomy Journal**, Madison, v.32, n.1, p. 55-63, 1940.

JINKS, J. L.; CONNOLY, Y. Selection for specific and general response to environmental differences. **Heredity**, Edinburgh, v. 30, n. 1, p. 33-40, 1973.

JONES, D. G.; SMITH, C. W. Early generation testing in upland cotton. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 1, p. 1-5, 2006.

KIRIAKOU, D. T.; FASOULAS, A.C. Effects of competition and selection pressure on yield response in winter rye (*Secale cereale* L.). **Euphytica**, Wageningen, v. 34, n. 3, p. 883-895, 1985.

KNAPP, S. J.; STROUP, W. W.; ROSS, W. M. Exact confidence intervals for heritability on a progeny means basis. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 1, p. 192-194, 1985.

KNOTT, D. R. Effects of selection for F_2 plant yield on subsequent generations in wheat. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 74, n. 1, p. 721-726, 1972.

KNOTT, D. R.; KUMAR, J. Comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in wheat breeding. **Crop Science**, Madison, v. 15, n. 3, p. 295-299, 1975.

LAÍNEZ-MEJÍA, J. R. **Implicações da interação genótipos x ambientes na seleção de progênes de soja com ênfase nas produtividades de grãos e óleo**. Piracicaba, 1996, 145p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996,

LEBSOCK, K. L.; FIFIELD, C. C.; GURNEY, G.M.; GREENAWAY, W. T. Variability and evaluation of mixing tolerance, protein content and sedimentation value in early generations of spring wheat. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 2, p. 171-174, 1964.

LIN, M. S.; NELSON, R. L. relationship between plant height and flowering date in determinate soybean. **Crop Science**, Madison, v. 28, n. 1, p. 27-30, 1988.

LUPTON, F. G. H.; WHITEHOUSE, R. N. H. Selection methods in the breeding of high yielding wheat varieties. **Heredity**, Edinburgh, v. 9, n 1, p.150-151, 1955.

MAHMUD, I.; KRAMER, H. H. segregation for yield, height and maturity following a soybean cross. **Agronomy Journal**, Madison, v. 43, n. 12, p. 605-609, 1951.

MAURO, A. O.; OLIVEIRA, R. C.; MARCONDES, A. F.; SEDIYAMA, T. Ganho genético por seleção em linhagens de soja. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 270, p. 135-144, 2000.

McKENZIE, R. I. H.; LAMBERT, J. W. A comparison of F_3 lines and their related F_6 lines in two barley crosses. **Crop Science**, Madison, v. 1, n. 4, p. 246-249, 1961.

McNEAL, F. H., M. A. BERG, R. K. BEQUETE, C. A. WATSON & KOCH.. Early generation selection for flour absorption and dough mixing properties in a Lemhi x Thatcher wheat cross. **Crop Science**, Madison, v. 4, n. 1, p. 105-108, 1964.

MEDINA, J. C. Introdução e Evolução da Soja no Brasil: Primeiras Notícias da Soja no Brasil. In. MIYASAKA, J. C.; MEDINA; J. C. **A Soja no Brasil**. Campinas: Instituto de Tecnologia de Alimentos, 1981. cap. 2, p. 17-24.

NTANOS, D. A.; ROUPAKIAS, D. G. Comparative efficiency of two breeding methods for yield and quality in rice. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 2, p. 345-350, 2001.

NTARE, B. R.; AKEN'OVA, M. Yield stability in segregating populations of cowpea. **Crop Science**, Madison, v. 25, n. 2, p. 208-211, 1985.

O'BRIEN, L.; BAKER, R. J.; EVANS, L.E. Response to selection for yield in F_3 of four wheat cross. **Crop Science**, Madison, v. 18, n. 6, p. 1029–1033, 1978.

PERKINS, J. M.; JINKNS, J. L. specificity of the interaction of genotypes with contrasting environments. **Heredity**, Edinburgh, v. 26, n. 3, p. 463-473, 1971

PIMENTEL, A. M. **Cruzamentos dialélicos em soja, com ênfase em teor de proteína e produção de grãos**. 1991. 150p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1991.

PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônômicos e florestais**: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. Piracicaba: FEALQ, 2002, 309 p.

PRADO, L. C. **Perspectivas para o melhoramento de linhagens homozigóticas de soja, com ênfase em produção de grãos e teor de proteína**. 1994. 128 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” - Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1994.

PULCINELLI, C. E. **Avaliação de cruzamentos dialélicos de soja em gerações avançadas de endogamia**. 1997, 165p. Tese (Doutorado em genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1997

RAEBER, J. G.; WEBER.; C. R. Effectiveness of selection for yield in soybean crosses by *bulk* and pedigree systems of breeding. **Agronomy Journal**, Madison, v.45, n. 8, p. 362-366, 1953.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Eds) **Recomendações de adubação e calagem para O Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agrônômico e IAC, 1996. 285 p. (Boletim Técnico 100).

RAMALHO, M. A. P. SANTOS, J. B.; ZIMMERMAN, M. J. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia, Universidade Federal de Goiás. 1993, 271 p.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F; OLIVEIRA, A. C. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000, 326 p.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B. Melhoramento de espécies autógamas. In: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S. VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento** - plantas. Rondonópolis: Fundação MT, 2001. cap. 9, p. 201-230.

RANA, J. C.; GUPTA, V. P. Response to selection and early generation evaluation in Pea. **Indian Journal Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 53, n. 3, p. 269-270, 1993.

RANALLI, P.; RUARO, G.; DEL RE, P. FAETI, V. comparison of early generation yield testing and a single seed descent procedure in two bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crosses. **Journal of Genetics & Breeding**, Rome, v. 50, n. 2, p. 103-108, 1996.

RANZANI, G.; FREIRE, O.; KINJO T. **Carta de solos do município de Piracicaba**. Piracicaba, ESALQ/Centro de Estudos de Solos, 1966, 86 p. (mimeografado)

REGAZZI, A. J.; SILVA, H. D.; VIANA, J. M. S.; CRUZ, C. D. Análise de experimentos em látice quadrado com ênfase aos componentes de variância. II. Análise conjunta. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 11, p. 1897-1997, 1999.

REIS, E. F.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, T.; CRUZ, C. D. Estimativa de variâncias e herdabilidades de algumas características primárias e secundárias da produção de grãos em soja (*Glycine max* (L.) Merrill). **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.26, n.4, p.749-761, 2002.

ROBINSON, P. Heritability: a second look. In: HANSON, W. D.; ROBINSON, H. F. (ed) **Statistical genetics and plant breeding**, Washington: NAS-NCR, 1963. p. 609-614

ROSAL, C. J. S. **Seleção precoce para produtividade no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 1999, 51p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, UFLA. Lavras, 1999

ROSAL, C. J. S.; RAMALHO M. A. P. GONCALVES, F. M. A. ABREU, A. F. B. Seleção precoce para a produtividade de grãos no feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 2, p. 189-195, 2000.

ROSSMANN, H. **Estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos de uma população de soja avaliada em quatro anos**. 2001, 80 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2001.

SAADALLA, M. M. Response to early-generation for yield and yield components in wheat. **Cereal Research Communications**, Szeged, v. 22, p. 187-193, 1994.

SAINT-MARTIN, S. K.; XIE, F. Genetic gain in early stages of a soybean breeding program. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 6, p. 1559- 1564, 2000.

SAINT-MARTIN, S. K.; GERALDI, I. O. Comparison of three procedures for early generations testing of soybean. **Crop Science** , Madison, v.42, n. 3, p. 705-709, 2002

SANTOS, C. A. F.; REIS, M. S.; SEDIYAMA, C. S.; CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, T. parâmetros genéticos e seleção indireta de progênies F₆ de um cruzamento de soja (*Glycine max* (L.) Merrill), **Revista Ceres**, Viçosa, v. 42, n. 240, p. 155-166, 1995.

SANTOS, V. S. **Implicações da seleção precoce para tipo de grão no melhoramento genético do feijoeiro comum**. 2001, 51p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Lavras. Lavras, 2001.

SANTOS, V. S. **Seleção de pré-cultivares de soja baseada em intensidade**. 2005, 104p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 2005.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide for personal computers**. Version 8.1. Cary: Nashville University, 1999.

SATTERTWHAITE, F. E. An approximate distribution of estimates of variance components. **Biometrics**, Washington, v. 2, n. 6, p. 110-114, dec. 1946

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

SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, v. 30, n.3, p. 507-512, 1974.

SCOTT, R. A.; CHAMPOUX, M.; SCHAPAUGH, Jr. W.T. Influence of environmental productivity levels and stability on selection strategies in soybean. **Euphytica**, Wageningen, v. 78. n. 1-2, p. 115-122, 1994.

SEITZER, J. F.; EVANS, L. E. Yield grains in wheat by the pedigree method of selection and two early yields tests. **Zeitschrift für Pflanzenzüchtg**, Berlin, v. 80, n. 1, p.1-10, 1978.

SHARMA, R. C. Early generation selection for grain-filling period in wheat. **Crop Science**, Madison, v. 34, n. 4, p. 945-948, 1994.

SILVA, H. D.; FERREIRA, D.F.; PACHECO, C. A. P. Avaliação de quatro alternativas de análise de experimentos em látice quadrado, quanto à estimação de componentes de variância. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 117-123, 2000.

SRIVASTAVA, A. N.; JAIN, J. K. Variability and coheritability estimates for physiological and economic attributes in soybean. **Indian Journal of Genetics and Plant Breeding**, New Delhi, v. 54, n. 2, p. 179-183, 1994.

THORNE, J. C. Early generation testing and selection in soybeans: association of yields in F_3 - and F_5 - derived lines. **Crop Science**, Madison, v. 14, n. 6, p. 898-900, 1974.

TOLEDO, J. F.F.; ARIAS, C. A. A.; OLIVEIRA, M, F.; TRILLER, C.; MIRANDA, Z. F. S. Genetical na enviromental analyses of yield in six biparental soybean cross. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 9, p. 1783-1796, 2000.

TRILLER, C.; TOLEDO, J. F. F. Using the F_3 generation for predicting the breeding potential of soybean crosses. **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 2, p. 289-294, 1996.

VAN OEVEREN, A. J. a comparison between single seed descent and early cross selection in wheat breeding. **Euphytica**, Wageningen, v. 58, n. 3, p. 275-287, 1992.

VELLO, N. A. Métodos de Melhoramento de Soja. In: I SIMPÓSIO SOBRE CULTURA E PRODUTIVIDADE DA SOJA, 1992, Piracicaba, **Anais...** Piracicaba, FEALQ, 1992. p. 40- 59.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética Biométrica no Fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Revista Brasileira de Genética, 1992, 496p.

VOIGHT, R. L.; WEBER, C. R. Effectiveness of selection methods for yield in soybean crosses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 52, n. 9, p. 527-530, 1960.

WEISS, M. G.; WEBWR, C. R.; KALTON, R. R. Early generation testing in soybeans. **Journal of the American Society the Agronomy**, New York, v. 39, n. 9, p. 791-810, 1947.

WHAN, B. R.; RATHJEN, A. J.; KNIGHT, R. The relation between wheat lines derived from the F_2 , F_3 , F_4 and F_5 generations for grain yield and harvest index. **Euphytica**, Wageningen, v. 30, n. 2, p. 419-430, 1981.

WHITEHOUSE, R. N. H. Breeding for yield in the cereals. **Heredity**, Edinburgh, v. 7, n. 2, p. 146-147, 1953.

WILCOX, J.R. ed. **Soybeans**: improvement, production and uses. 2 ed. Madison: American Society of Agronomy, 1987, 888p.

ZIMBACK, L. E. D. **Cruzamentos em cadeia entre genótipos adaptados e exóticos de soja com ênfase na produção de óleo**. 1992. 178 p. Tese (Doutorado em Genética e melhoramento de Plantas) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, 1992

ANEXOS

Anexo A: Figuras

Figura 1 – Valores observados para precipitação total na área experimental, relativos às quinzenas correspondentes ao período de novembro de 2005 a abril de 2006 para Piracicaba – SP (Fonte: LCE/ESALQ)

Figura 2 – Valores observados para temperatura média do ar, relativos às quinzenas correspondentes ao período de novembro de 2005 a abril de 2006 para Piracicaba – SP (Fonte: LCE/ESALQ)

Figura 3 – Valores observados para precipitação total na área experimental, relativos às quinzenas correspondentes ao período de novembro de 2006 a abril de 2007 para Piracicaba – SP (Fonte: LCE/ESALQ)

Figura 4 – Valores observados para temperatura média do ar, relativos às quinzenas correspondentes ao período de novembro de 2006 a abril de 2007 para Piracicaba – SP (Fonte: LCE/ESALQ)

Anexo B: Tabelas

Tabela 1 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m² (PG) das progênies F_{2:4}, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2006/07

Fontes de variação	Quadrados Médios					
	GL	DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	99	23,68**	144,08**	11,60**	294,17**	4.454,49**
Entre progênies (P)	79	22,96**	132,57**	11,46**	277,46**	4.543,72**
Entre Progênies selecionadas (T)	19	25,59**	128,99**	12,76**	274,89**	4.154,67 ^{ns}
P vs. T	1	44,39*	1.340,48**	1,00 ^{ns}	1.980,45**	3.102,16 ^{ns}
Erro	261 ¹	7,44	62,21	4,20	60,68	2743,38
Média ajustada		62,86	52,26	143,18	88,22	181,64
Coeficiente Variação (%)		4,34	15,09	1,43	8,83	28,84
Eficiência do Látice (%)		101,11	145,37	106,47	141,33	100,01

¹ GL para PG=257, ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste de F, ^{ns}: não significativo.

² Ef. Látice (%) = eficiência do látice em relação ao delineamento de blocos ao acaso

Tabela 2 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m² (PG) das progênies F_{2:4}, de soja avaliadas na E. E. Anhembi/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2006/07

Fontes de variação	Quadrados Médios					
	GL	DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	99	17,17**	113,32**	9,31**	119,46**	4.391,67**
Entre progênies (P)	79	18,64**	106,08**	9,75**	118,65**	4.803,23**
Entre Progênies selecionadas (T)	19	11,83**	128,78**	7,93**	105,48**	2.659,22 ^{ns}
P vs. T	1	2,44 ^{ns}	391,92**	1,32 ^{ns}	449,28**	4.795,38 ^{ns}
Erro	261 ¹	2,00	19,20	3,17	28,45	2241,08
Média ajustada		57,79	51,14	139,49	75,66	206,27
Coeficiente Variação (%)		2,45	8,57	1,28	7,05	22,95
Eficiência do Látice (%)		102,17	113,56	116,25	150,39	102,88

¹ GL para DF =259 e PG=260, ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste de F, ^{ns}: não significativo.

Tabela 3 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m² (PG) das progênies F_{4:6}, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	99	14,38**	114,36**	16,51**	317,76**	4.315,39**
Entre progênies (P)	79	14,78**	123,15**	15,65**	335,40**	4.376,80**
Entre Progênies selecionadas (T)	19	12,53**	83,11 ^{ns}	19,23**	251,83**	2.782,97 ^{ns}
P vs. T	1	18,60*	13,48 ^{ns}	32,49**	177,07 ^{ns}	28.579,51**
Erro	261	3,68	57,37	4,89	57,25	2612,46
Média ajustada		63,30	53,76	146,00	87,53	176,93
Coeficiente Variação (%)		3,03	14,09	1,52	8,64	28,89
Eficiência do Látice (%)		101,64	141,23	115,76	177,30	115,63

**, * significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente, ^{ns}: não significativo.

Tabela 4 – Resumo da análise de variância para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos por parcela, em gramas/m² (PG) das progênies F_{4:6}, de soja avaliadas na E. E. Anhembi/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos	99	50,21**	167,97**	16,39**	181,88**	6.705,37**
Entre progênies (P)	79	54,58**	195,65**	17,11**	171,33**	6.376,59**
Entre Progênies selecionadas (T)	19	26,81**	60,15**	12,85**	191,64**	7.144,32**
P vs. T	1	150,06**	29,46 ^{ns}	26,52**	830,16**	24.338,66**
Erro	261 ¹	4,87	23,09	4,01	22,91	2073,77
Média ajustada		60,19	57,31	140,06	80,61	202,50
Coeficiente Variação (%)		3,67	8,39	1,43	5,94	22,49
Eficiência do Látice (%)		100,29	121,96	112,25	146,12	108,03

¹ GL para PG=257, ** significativo a 1% de probabilidade de erro pelo teste de F, ^{ns}: não significativo.

Tabela 5 – Estimativas das variâncias genéticas das médias de parcelas ($\hat{\sigma}_g^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI), da variância fenotípica das médias de parcelas ($\hat{\sigma}_F^2$), da herdabilidade das médias de parcelas ($\hat{h}^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI) e coeficiente de variação genético (CV_g), em porcentagem, $F_{2:4}$, e $F_{4:6}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Genética, Piracicaba–SP, 2006/07

Caráter	Geração	LI	$\hat{\sigma}_g^2$	LS	$\hat{\sigma}_F^2$	LI	$\hat{h}^2$	LS	CV_g (%)
DF	$F_{2:4}$	3,01	4,06	7,22	5,92	55,79	68,57	77,09	3,21
	$F_{4:6}$	2,08	2,68	4,66	3,60	64,04	74,43	81,37	2,58
AF	$F_{2:4}$	16,05	20,47	52,27	36,02	39,28	56,82	68,53	8,66
	$F_{4:6}$	9,45	14,25	35,89	28,59	29,45	49,83	63,44	7,02
DM	$F_{2:4}$	1,31	1,85	3,33	2,90	49,14	63,83	73,64	0,95
	$F_{4:6}$	2,23	2,90	5,30	4,13	58,32	70,36	78,40	1,17
AM	$F_{2:4}$	44,27	58,37	92,25	73,54	70,99	79,37	84,97	8,66
	$F_{4:6}$	48,65	65,13	97,78	79,44	74,66	81,98	86,87	9,22
PG	$F_{2:4}$	286,67	427,78	2.019,41	1113,62	13,34	38,41	55,15	11,39
	$F_{4:6}$	359,92	425,73	3.409,62	1078,85	14,87	39,46	55,88	11,66

Tabela 6– Estimativas das variâncias genéticas das médias de parcelas ($\hat{\sigma}_g^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI), da variância fenotípica das médias de parcelas ($\hat{\sigma}_F^2$), da herdabilidade das médias de parcelas ($\hat{h}^2$) com seus limites superior (LS) e inferior (LI) e coeficiente de variação genético (CV_g), em porcentagem, das as progênies $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Anhembi, Piracicaba–SP, 2006/07

Caráter	Geração	LI	$\hat{\sigma}_g^2$	LS	$\hat{\sigma}_F^2$	LI	$\hat{h}^2$	LS	CV_g (%)
DF	$F_{2:4}$	2,89	3,79	5,51	5,72	83,61	88,35	91,51	3,37
	$F_{4:6}$	8,74	11,34	16,44	12,55	86,36	90,30	92,93	5,59
AF	$F_{2:4}$	17,83	23,53	35,64	37,77	76,17	83,06	87,65	9,49
	$F_{4:6}$	27,87	36,22	54,32	41,99	80,66	86,25	89,98	10,50
DM	$F_{2:4}$	1,19	1,53	3,08	3,10	52,08	65,93	75,17	0,89
	$F_{4:6}$	2,44	3,09	5,42	4,10	65,61	75,55	82,18	1,26
AM	$F_{2:4}$	17,34	22,75	37,67	39,82	66,51	76,18	82,64	6,30
	$F_{4:6}$	30,69	39,74	59,24	45,47	82,28	87,40	90,82	7,82
PG	$F_{2:4}$	402,66	537,65	1.681,14	1.463,89	28,24	48,97	62,81	11,24
	$F_{4:6}$	995,42	1.157,90	2.565,73	1.676,34	56,51	69,07	77,46	16,80

Tabela 7 – Resumo da análise de variância agrupada para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos em gramas/m² (PG) das progênies $F_{2:3}$ e $F_{2:4}$, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06 e 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos (G)	99	30,71**	185,90**	24,02**	492,63**	4.440,61*
Gerações (Ge)	1	2.230,01**	22,95 ^{ns}	90,45 ^{ns}	79,04 ^{ns}	245.931,13**
G x Ge	99	8,88**	67,94 ^{ns}	5,58*	96,51 ^{ns}	2.972,38 ^{ns}
Erro médio	522	5,85	56,67	4,30	90,48	2.511,79
Média ajustada		61,18	52,09	142,84	87,91	199,40
Coeficiente Variação (%)		3,95	14,45	1,45	10,82	25,13

** e *: significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente; ^{ns}: não significativo pelo teste de F

Tabela 8 – Resumo da análise de variância agrupada para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos em gramas/m² (PG) das progênies F_{2:3} e F_{2:4}, de soja avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi /ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06 e 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos (G)	99	28,42**	165,36**	20,01**	321,06**	4.429,22**
Gerações (Ge)	1	593,36**	122,27 ^{ns}	1.821,06**	28.464,38**	23.654,69**
G x Ge	99	4,98**	67,32**	6,78**	105,58**	2.881,47**
Erro médio	522	3,12	35,16	3,79	74,37	2.261,01
Média ajustada		58,64	51,53	141,00	81,63	211,68
Coeficiente Variação (%)		3,01	11,51	1,38	10,56	22,46

** e * :significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente; ^{ns}: não significativo pelo teste de F

Tabela 9 – Resumo da análise de variância agrupada para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos em gramas/m² (PG) das progênies F_{4:5} e F_{4:6}, de soja avaliadas na E. E. Genética/ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06 e 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos (G)	99	20,61**	191,85**	27,06**	539,96**	5.054,21**
Gerações (Ge)	1	967,64**	2.793,34**	9.261,00**	4.988,06**	168.023,24*
G x Ge	99	4,70*	50,54 ^{ns}	5,30*	59,79 ^{ns}	2.697,16 ^{ns}
Erro médio	432	3,37	50,89	4,07	54,64	2.739,97
Média ajustada		62,28	55,49	142,85	89,84	190,42
Coeficiente Variação (%)		2,95	12,86	1,41	8,23	27,49

** e *:significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente; ^{ns}: não significativo pelo teste de F

Tabela 10 – Resumo da análise de variância agrupada para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos em gramas/m² (PG) das progênies F_{4:5} e F_{4:6}, de soja avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi /ESALQ/USP, Piracicaba-SP, em 2005/06 e 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		DF	AF	DM	AM	PG
Genótipos (G)	99	42,57**	219,06**	22,45**	384,67**	6.342,89**
Gerações (Ge)	1	94,67 ^{ns}	42,32 ^{ns}	339,42 ^{ns}	25.729,07**	9.072,66 ^{ns}
G x Ge	99	10,02**	58,68**	9,51**	98,83**	3.161,75 ^{ns}
Erro médio	432	4,11	30,27	3,54	33,82	2.527,65
Média ajustada		60,50	57,51	139,46	85,91	204,36
Coeficiente Variação (%)		3,35	9,57	1,35	6,77	24,60

** e *:significativo a 1% e a 5% de probabilidade de erro pelo teste de F, respectivamente; ^{ns}: não significativo pelo teste de F

Tabela 11 – Estimativas das variâncias Genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$), da interação genótipos x gerações ($\hat{\sigma}_{gxGe}^2$), do erro experimental ($\hat{\sigma}_E^2$) e da herdabilidade ($\hat{h}^2$) para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², com base nas análises agrupadas das progênes F_{2:3} e F_{2:4}, F_{4:5} e F_{4:6}, avaliadas na E. E. Genética, Piracicaba-SP, nos anos agrícolas 2005/06 e 2006/07, respectivamente

Ano	2005/06- 2006/07	LI	$\hat{\sigma}_g^2$	LS	$\hat{\sigma}_{gxGe}^2$	$\hat{\sigma}_E^2$	LI	$\hat{h}^2$	LS	r_g
DF	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Pira)	1,93	2,78	4,40	0,91	5,82	57,01	70,15	80,54	0,50
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Pira)	1,81	2,53	3,81	0,39	3,38	66,08	77,38	84,64	0,73
AF	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Pira)	10,90	16,50	28,20	2,37	56,89	45,68	66,54	75,41	0,74
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Pira)	15,06	21,42	33,24	0,00	50,73	60,85	72,36	82,28	1,01
DM	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Pira)	1,81	2,52	3,84	0,30	4,31	65,48	78,59	84,37	0,84
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Pira)	2,44	3,39	4,96	0,45	4,04	70,87	79,47	86,81	0,76
AM	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Pira)	40,22	55,89	81,77	1,56	89,97	70,88	82,29	86,82	0,96
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Pira)	55,48	74,00	104,78	0,80	55,12	83,54	88,84	92,55	0,96
PG	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Pira)	118,50	253,84	1.171,11	91,73	2.515,57	0,52	41,33	54,96	0,47
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Pira)	174,77	314,85	697,94	0,00	2.762,26	20,69	41,41	64,09	1,13

LI: Limite inferior

LS: Limite superior

Tabela 12 – Estimativas das variâncias Genéticas ($\hat{\sigma}_g^2$), da interação genótipos x gerações ($\hat{\sigma}_{gxGe}^2$), do erro experimental ($\hat{\sigma}_E^2$) e da herdabilidade ($\hat{h}^2$) para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², com base nas análises agrupadas das progênes F_{2:3} e F_{2:4}, F_{4:5} e F_{4:6}, avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, nos anos agrícolas 2005/06 e 2006/07, respectivamente

	2005/06- 2006/07	LI	$\hat{\sigma}_g^2$	LS	$\hat{\sigma}_{gxGe}^2$	$\hat{\sigma}_E^2$	LI	$\hat{h}^2$	LS	r_g
DF	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Anhe)	2,29	3,13	4,58	0,49	3,14	73,96	83,03	88,21	0,72
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Anhe)	3,90	5,50	8,28	2,10	4,15	65,03	76,15	84,17	0,53
AF	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Anhe)	8,27	13,02	23,15	8,63	35,31	39,49	59,87	72,61	0,20
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Anhe)	17,88	25,80	39,47	8,00	30,93	60,19	74,16	81,98	0,53
DM	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Anhe)	1,18	1,77	2,91	0,83	3,79	49,66	66,61	77,21	0,41
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Anhe)	1,28	2,04	3,72	1,86	3,55	37,08	57,55	71,51	0,05
AM	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Anhe)	20,06	29,58	48,72	9,01	73,80	51,12	68,29	77,87	0,59
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Anhe)	31,19	44,17	68,30	20,10	34,02	61,82	73,98	82,71	0,41
PG	F _{2:3} (Pira)/F _{2:4} (Anhe)	103,93	214,49	835,71	155,40	2.276,76	3,31	37,19	56,23	0,16
	F _{4:5} (Pira)/F _{4:6} (Anhe)	265,03	454,04	944,33	286,73	2.519,20	25,92	45,24	66,46	0,27

Tabela 13 – Estimativas das respostas à seleção, em porcentagem, nas gerações $F_{2:\infty}$ e $F_{4:\infty}$ com intensidade de seleção de 10, 20, 30, 40 e 50% nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) produção de grãos, em gramas/m² (PG) avaliadas na E. E. Genética, Piracicaba – SP no ano agrícola 2006/07

Caráter	Geração\Índice de seleção (%)	Resposta a seleção em % (Rs)			
		20%	30%	40%	50%
	$F_{2:\infty}$	1,54	1,27	1,06	0,88
	$F_{4:\infty}$	1,35	1,11	0,93	0,77
	$F_{2:\infty}$	9,14	7,56	6,30	5,22
	$F_{4:\infty}$	6,94	5,74	4,79	3,97
	$F_{2:\infty}$	1,06	0,88	0,73	0,61
	$F_{4:\infty}$	1,37	1,13	0,95	0,78
	$F_{2:\infty}$	10,80	8,94	7,45	6,17
	$F_{4:\infty}$	11,69	9,68	8,06	6,68
	$F_{2:\infty}$	9,88	8,18	6,82	5,65
	$F_{4:\infty}$	10,26	8,49	7,08	5,86

LI: Limite inferior
LS: Limite superior

Tabela 14 – Estimativas das respostas à seleção, em porcentagem, nas gerações $F_{2:\infty}$ e $F_{4:\infty}$ com intensidade de seleção de 20, 30, 40 e 50% nas gerações $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) produção de grãos, em gramas/m² (PG), avaliadas na E. E. Anhembi, Piracicaba – SP no ano agrícola 2006/07

Caráter	Geração\Índice de seleção (%)	Resposta a seleção em % (Rs)			
		20%	30%	40%	50%
DF	$F_{2:\infty}$	2,08	1,73	1,44	1,19
	$F_{4:\infty}$	3,54	2,93	2,44	2,02
AF	$F_{2:\infty}$	12,10	10,02	8,35	6,92
	$F_{4:\infty}$	13,65	11,30	9,42	7,80
DM	$F_{2:\infty}$	1,01	0,84	0,70	0,58
	$F_{4:\infty}$	1,53	1,27	1,05	0,87
AM	$F_{2:\infty}$	7,70	6,38	5,32	4,40
	$F_{4:\infty}$	10,24	8,47	7,06	5,85
PG	$F_{2:\infty}$	11,01	9,12	7,60	6,29
	$F_{4:\infty}$	19,55	16,19	13,49	11,17

Tabela 15 – Média das populações originais e estimativas das médias populações melhoradas em F_{∞} com intensidades de seleção de 20, 30, 40 e 50% para o caráter produção de grãos, em gramas/m², das gerações $F_{2:3}$ e $F_{4:5}$, $F_{2:4}$ e $F_{4:6}$ avaliadas na E. E. Genética e E. E. Anhembi nas safras 2005/06 e 2006/07, Piracicaba-SP

Ano	Local	Geração	M0*	Média da população melhorada			
				i = 20%	i = 30%	i = 40%	i = 50%
2005/06	Piracicaba	$F_{2:3}$	217,11	230,45	228,15	226,31	224,73
		$F_{4:5}$	208,45	226,01	222,99	220,57	218,49
	Piracicaba	$F_{2:4}$	181,64	199,59	196,50	194,03	191,90
		$F_{4:6}$	176,93	195,08	191,95	189,45	187,30
2006/07	Anhembi	$F_{2:4}$	206,27	228,99	225,08	221,95	219,25
		$F_{4:6}$	202,50	242,10	235,28	229,82	225,13
	Conjunta	$F_{2:4}$	193,96	212,93	209,66	207,05	204,80
		$F_{4:6}$	189,72	219,86	214,67	210,52	206,94

*M0= Média população original

Tabela 16 – Resumo da análise de variância das progênies selecionadas para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG) para a geração $F_{2:4}$ avaliadas em E. E. Genética, Piracicaba, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		PG	DF	AF	DM	AM
Genótipos	23	32.888,57**	130,53**	228,73**	38,26**	1.180,49**
Entre progênies (P)	19	4.728,54**	15,16**	134,46**	24,74**	388,83**
Entre testemunhas (T)	3	84.442,54**	509,92**	828,58**	100,67**	5.761,03**
P vs. T	1	413.267,28**	1.184,42**	220,22*	108,00**	2.480,41**
Erro	207 ¹	2.189,63	3,09	52,42	4,25	58,24
Média ajustada		173,16	60,98	56,08	147,00	92,73
Coeficiente Variação (%)		27,02	2,88	12,91	1,40	8,23

¹ 92 GL para DF e AF.

Tabela 17 – Resumo da análise de variância das progênes selecionadas para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG) para a geração F_{2,4} avaliadas em E. E. Anhembi, Piracicaba, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		PG	DF	AF	DM	AM
Genótipos	23	18.750,15**	73,03**	272,90**	21,38**	852,63**
Entre progênes (P)	19	5.150,49**	17,44**	62,90*	10,83**	150,90**
Entre testemunhas (T)	3	107.084,53**	152,60**	1.396,16**	5,73 ^{ns}	5.384,83**
P vs. T	1	12.140,66**	890,60**	893,24**	268,85**	588,84**
Erro	207 ¹	3.158,16	6,01	35,72	3,85	43,16
Média ajustada		213,21	57,39	58,86	140,73	85,25
Coeficiente Variação (%)		26,36	4,27	10,15	1,39	7,71

¹ 92 GL para DF e AF.

Tabela 18 – Resumo da análise de variância das progênes selecionadas para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG) para a geração F_{4,6} avaliadas em E. E. Genética, Piracicaba, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		PG	DF	AF	DM	AM
Genótipos	23	37.913,58**	156,60**	129,21**	31,09**	1.606,59**
Entre progênes (P)	19	10.348,48**	12,71**	68,62 ^{ns}	17,56**	477,72**
Entre testemunhas (T)	3	60.110,50**	636,45**	367,80**	100,80**	7.990,77**
P vs. T	1	495.059,69**	1.450,81**	564,54**	79,05**	3.902,59**
Erro	207 ¹	1.755,57	4,16	52,95	4,54	42,36
Média ajustada		142,56	61,03	56,15	143,52	96,92
Coeficiente Variação (%)		29,39	3,34	12,96	1,48	6,72

¹ 92 GL para DF e AF.

Tabela 19 – Resumo da análise de variância das progênes selecionadas para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM) e altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m² (PG) para a geração F_{4:6} avaliadas em E. E. Anhembi, Piracicaba, 2006/07

Fontes de variação	GL	Quadrados Médios				
		PG	DF	AF	DM	AM
Genótipos	23	30.219,15**	110,80**	384,97**	36,52**	1694,77**
Entre progênes (P)	19	14.516,52**	36,95**	47,38*	20,46**	339,45*
Entre testemunhas (T)	3	130.384,90**	217,87**	1.489,78**	35,20**	10.790,37**
P vs. T	1	28.072,01**	1.192,86**	3.484,86**	345,61**	158,89 ^{ns}
Erro	207 ¹	2.293,25	7,50	26,65	3,20	199,94
Média ajustada		217,37	57,65	59,30	140,12	82,93
Coeficiente Variação (%)		22,03	4,75	8,71	1,28	17,05

¹ 92 GL para DF e AF.

Tabela 20 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², para as progênies F_{2:4} avaliadas na E. E.Genética, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07

Genótipos	DF		APF		DM		APM		PG	
	Médias		Médias		Médias		Médias		Médias	
IAC-8	64,4	A	71,4	A	148,6	A	95,2	C	361,23	A
IAC-Foscarin-31	45,0	D	44,2	C	147,8	A	114,4	A	295,73	A
IAC-12	60,8	B	52,6	C	142,2	B	71,8	D	264,86	A
4	64,6	A	58,5	B	149,0	A	93,8	C	214,72	B
51	61,6	B	67,4	A	147,0	A	99,7	B	176,99	B
91	61,8	B	56,4	B	149,0	A	93,6	C	171,55	B
54	61,6	B	56,4	B	147,0	A	88,8	C	170,14	B
88	63,2	A	60,4	B	147,0	A	92,0	C	169,34	B
45	59,2	C	48,2	C	146,6	A	84,8	C	167,19	B
72	62,0	B	55,0	B	148,6	A	101,0	B	161,10	B
55	63,8	A	56,0	B	148,6	A	96,2	C	159,72	B
60	60,4	C	47,8	C	146,6	A	84,3	C	157,78	B
46	64,0	A	64,4	A	148,6	A	101,2	B	150,30	B
25	64,6	A	58,0	B	148,6	A	90,3	C	149,36	B
95	64,6	A	60,6	B	143,4	B	97,0	C	149,28	B
50	62,0	B	58,0	B	147,4	A	103,1	B	149,07	B
33	64,8	A	61,8	B	149,0	A	103,5	B	147,11	B
53	62,6	B	55,4	B	148,2	A	94,1	C	146,62	B
57	62,4	B	60,8	B	147,8	A	103,1	B	142,18	B
IAS-5	45,6	D	44,0	C	143,4	B	60,8	E	141,99	B
35	61,2	B	48,4	C	146,2	A	86,2	C	141,60	B
5	62,4	B	53,0	C	146,6	A	92,4	C	134,14	B
14	62,2	B	53,2	C	147,0	A	88,1	C	123,46	B
36	58,6	C	54,0	C	143,8	B	90,2	C	110,45	B

^aMédias ajustadas seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com a metodologia de agrupamento de Scott-Knott (P≤0,05)

Tabela 21 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², para as progêneses F_{2:4} avaliadas na E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07

Genótipos	DF		APF		DM		APM		PG	
	Médias		Médias		Médias		Médias		Médias	
IAC-8	55,6	B	72,0	A	143,2	A	93,5	B	357,04	A
4	60,2	A	62,0	A	140,8	B	89,9	B	254,32	A
IAC-Foscarin-31	43,6	D	31,9	C	143,6	A	108,6	A	249,18	A
33	62,6	A	63,6	A	141,6	B	90,1	B	248,91	A
72	57,8	B	67,6	A	141,2	B	93,1	B	236,74	A
25	57,2	B	62,0	A	140,4	C	90,7	B	223,44	A
14	57,4	B	57,2	A	139,6	C	79,7	C	222,34	A
45	57,4	B	58,8	A	140,8	B	80,6	C	222,06	A
55	61,0	A	62,8	A	140,0	C	88,4	B	221,49	A
46	62,0	A	64,4	A	140,8	B	87,9	B	221,26	A
91	56,8	B	60,4	A	142,4	A	85,6	B	217,66	A
57	61,2	A	60,8	A	139,6	C	86,9	B	216,23	A
88	57,2	B	59,4	A	140,0	C	86,2	B	207,70	A
95	59,2	A	61,4	A	138,0	C	86,5	B	207,66	A
54	58,4	B	54,2	B	139,6	C	79,3	C	205,25	A
IAC-12	55,0	B	49,8	B	142,0	B	64,5	D	202,05	A
53	57,4	B	62,0	A	140,8	B	85,9	B	198,32	A
5	59,6	A	59,6	A	141,2	B	86,6	B	191,31	A
60	57,4	B	51,6	B	139,6	C	80,4	C	186,07	A
51	58,6	B	58,4	A	139,2	C	86,7	B	184,83	A
35	56,8	B	58,6	A	139,2	C	85,2	B	181,37	A
36	57,4	B	57,2	A	139,2	C	81,4	C	179,07	A
50	56,6	B	59,7	A	141,2	B	87,8	B	174,54	A
IAS-5	51,0	C	57,4	A	143,6	A	60,4	D	108,18	A

^aMédias ajustadas seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com a metodologia de agrupamento de Scott-Knott (P≤0,05)

Tabela 22 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², para as progênies F_{4:6} avaliadas na E. E. Genética, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07

Genótipos	DF		APF		DM		APM		PG	
	Médias		Médias		Médias		Médias		Médias	
IAC-8	63,0	A	63,6	A	149,0	A	98,6	C	316,0	A
IAC-Foscarin-31	42,6	C	49,8	B	143,8	C	122,2	A	294,4	A
IAC-12	63,0	A	48,0	B	141,4	C	72,3	E	220,6	B
75	60,8	B	54,8	B	143,4	C	99,1	C	191,0	C
12	60,0	B	56,0	A	143,4	C	98,3	C	174,6	C
34	64,6	A	62,8	A	143,0	C	96,9	C	165,0	C
80	61,6	B	56,0	A	145,8	B	102,9	C	156,0	C
17	62,2	B	53,0	B	144,2	C	95,9	C	152,6	C
73	60,0	B	60,5	A	142,6	C	103,5	C	147,2	C
IAS-5	44,4	C	43,8	B	145,0	B	58,5	F	145,2	C
23	63,8	A	59,4	A	143,8	C	100,2	C	125,6	D
33	62,6	A	57,4	A	141,4	C	109,1	B	121,4	D
41	64,4	A	60,8	A	142,6	C	107,3	B	117,4	D
7	62,8	A	52,8	B	145,0	B	112,8	B	116,8	D
72	64,2	A	53,4	B	146,2	B	83,6	D	115,2	D
28	64,8	A	62,6	A	143,0	C	102,4	C	114,6	D
1	65,0	A	64,3	A	142,2	C	99,4	C	103,6	D
76	61,6	B	53,0	B	142,2	C	86,9	D	103,2	D
43	60,0	B	58,4	A	143,8	C	94,4	C	102,4	D
26	62,8	A	56,6	A	143,4	C	98,8	C	97,0	D
4	62,6	A	54,0	B	141,4	C	91,9	C	91,6	D
71	62,6	A	55,4	B	143,4	C	98,3	C	89,4	D
87	62,0	B	52,2	B	141,4	C	99,3	C	86,4	D
21	63,2	A	59,0	A	143,0	C	93,6	C	72,6	D

[†]Médias ajustadas seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com a metodologia de agrupamento de Scott-Knott (P≤0,05)

Tabela 23 – Médias ajustadas e classificação das médias pelo método de Scott-Knott para os caracteres dias para florescimento, em dias (DF), altura das plantas no florescimento, em cm (AF), dias para maturação, em dias (DM), altura das plantas na maturação, em cm (AM) e produção de grãos, em gramas/m², para as progênies F_{4,6} avaliadas na E. E. Anhembi, Piracicaba-SP, ano agrícola 2006/07

Genótipos	DF		APF		DM		APM		PG	
	Médias		Médias		Médias		Médias		Médias	
IAC-8	58,0	C	66,6	A	143,6	A	87,5	A	389,8	A
17	57,4	C	64,0	A	141,2	B	88,4	A	277,0	B
34	60,0	C	57,4	B	139,6	C	78,1	A	275,8	B
73	58,0	C	62,2	A	140,0	B	87,4	A	264,0	B
75	56,8	C	57,0	B	140,0	B	85,9	A	261,2	B
72	67,8	A	59,8	B	140,4	B	69,6	B	244,8	B
IAC-12	52,0	D	49,6	C	140,0	B	64,3	B	240,4	B
80	58,8	C	61,8	B	142,0	B	79,9	A	234,6	B
33	57,4	C	65,2	A	137,6	C	90,4	A	233,4	B
IAC-Foscarin-31	42,0	E	24,6	D	144,0	A	124,1	A	224,2	C
76	58,6	C	57,4	B	136,8	C	74,7	A	220,8	C
12	56,8	C	63,4	A	141,2	B	88,6	A	210,6	C
7	59,6	C	64,6	A	140,4	B	90,5	A	209,4	C
4	59,2	C	62,6	A	137,2	C	79,0	A	205,4	C
1	58,0	C	61,2	B	138,0	C	81,6	A	198,6	C
41	62,4	B	69,2	A	139,6	C	87,5	A	197,2	C
23	59,6	C	64,6	A	139,2	C	85,7	A	194,4	C
43	56,8	C	60,8	B	140,4	B	88,1	A	189,8	C
87	60,4	C	60,2	B	138,8	C	78,7	A	181,2	C
26	56,2	C	59,2	B	141,2	B	86,4	A	172,8	C
21	62,6	B	64,0	A	139,2	C	75,5	A	166,6	C
71	57,4	C	59,2	B	140,4	B	85,3	A	163,0	C
28	57,4	C	60,4	B	138,4	C	84,6	A	150,0	C
IAS-5	50,4	D	48,2	C	143,6	A	48,5	C	111,8	C

¹Médias ajustadas seguidas de mesma letra, na coluna, pertencem ao mesmo grupo de acordo com a metodologia de agrupamento de Scott-Knott (P≤0,05)