

JOSÉ SÉRGIO DE ARAÚJO

**GANHOS GENÉTICOS OBTIDOS EM HÍBRIDOS
E VARIEDADES DE MILHO REPRESENTATIVOS
DE TRÊS DÉCADAS DE MELHORAMENTO
NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

Orientador

Dr. MANOEL XAVIER DOS SANTOS

LAVRAS

MINAS GERAIS - BRASIL

1995

Araújo, José Sérgio de.

Ganhos genéticos obtidos em híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento no Brasil / José Sérgio de Araújo. -- Lavras: UFLa, 1995.

64 p. : il.

Orientador: Manoel Xavier dos Santos
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.
Bibliografia.

1. Milho - Melhoramento genético. 2. Milho - Progresso genético. I. UFLa. II. Título.

CDD - 633.153

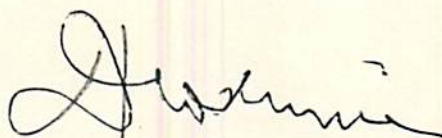
JOSÉ SÉRGIO DE ARAÚJO

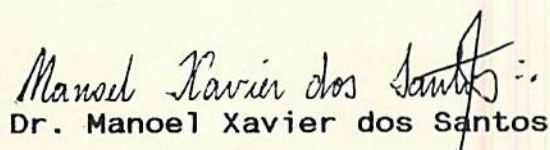
**GANHOS GENÉTICOS OBTIDOS EM HÍBRIDOS
E VARIETADES DE MILHO REPRESENTATIVOS
DE TRÊS DÉCADAS DE MELHORAMENTO
NO BRASIL**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Genética e Melhoramento de Plantas, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 13 de janeiro de 1995


Dr. Mário Silva Campos


Dr. Delmo Diogo Rodrigues


Dr. Manoel Xavier dos Santos
(Orientador)

A Deus

Ofereço

*Um dia destes só restarão recordações
vagas e distantes, mas sei que a
cada vitória que essa carreira
me proporcionar estarão por
trás dela, como estiveram
em cada momento de mi-
nha vida.*

Aos meus pais,

Mariana e Célio (*in memoriam*)

Aos meus irmãos,

João Marcos, Maria Aparecida,

Célia, Laura Helena, Ângela,

Paulo

Dedico

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos:

À Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado.

À Universidade Federal de Lavras.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES).

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA.

Às empresas Cargill, Agroceres e Hata Genética e Melhoramento.

Aos professores e funcionários do Departamento de Biologia - UFLA.

Ao orientador Dr. Manoel Xavier dos Santos.

Aos professores Dr. Magno Antônio Patto Ramalho e Dr. Antônio Carlos Oliveira.

Aos pesquisadores Dr. Mário Silva Campos e Dr. Delmo Diogo Rodrigues.

Aos colegas do curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos amigos Oswaldo Gomes Marques Júnior e Christian Coelho Marques, Maurício Arantes, Leonardo Novaes Rosse, Lanamar Almeida, Daniela Abreu, Dulcimara Gonçalves, Jane Soares, Marco Aurélio Fontes, Cláudia Fontes e Socorro Barbosa.

AGRADECIMENTOS

O autor expressa seus agradecimentos:

À Escola Superior de Agricultura e Ciências de Machado.

À Universidade Federal de Lavras.

À Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoas de Nível Superior (CAPES).

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo - EMBRAPA.

Às empresas Cargill, Agroceres e Hata Genética e Melhoramento.

Aos professores e funcionários do Departamento de Biologia - UFLA.

Ao orientador Dr. Manoel Xavier dos Santos.

Aos professores Dr. Magno Antônio Patto Ramalho e Dr. Antônio Carlos Oliveira.

Aos pesquisadores Dr. Mário Silva Campos e Dr. Delmo Diogo Rodrigues.

Aos colegas do curso de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos amigos Oswaldo Gomes Marques Júnior e Christian Coelho Marques, Maurício Arantes, Leonardo Novaes Rosse, Lanamar Almeida, Daniela Abreu, Dulcimara Gonçalves, Jane Soares, Marco Aurélio Fontes, Cláudia Fontes e Socorro Barbosa.

Aos amigos machadenses, Adriano Garcia, Juliano Carvalho Almeida, Hamilton Gonçalves Camargo, Flávio Domingues, Ricardo Martins, Luciana Godoy, Lilian Vieira Oliveira, Kelly Vieira Oliveira, Keyla Lima Oliveira, Michele Pereira, Karina Aguiar.

A quantos que me ajudaram anonimamente, a fim de que chegasse ao término deste curso.

Um dia, numa época remota,
o milho cativou o homem e
o homem cultivou o milho,
de tal maneira que nos dias de hoje
e nos que estão por vir,
um viver sem o outro
é, no mínimo, complicado.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	x
RESUMO	xii
SUMMARY	xiv
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	4
2.1 O milho híbrido	4
2.2 Tipos de cultivares de milho	6
2.3 Alternativas para se avaliar o progresso genético ...	9
2.4 Estimativa do progresso genético na cultura do milho.	11
2.5 Estimativa do progresso genético no Brasil	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	19
3.1 Materiais	19
3.2 Execução experimental	20
3.3 Características avaliadas	21
3.4 Análise estatística	22
3.5 Estimativa do progresso genético	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
4.1 Caracteres da espiga	27
4.2 Caracteres da planta	37
4.2.1 Florescimento masculino	37
4.2.2 Altura de planta e de espiga	39

4.2.3 Acamamento e quebramento	42
5 CONCLUSÕES	52
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	54

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
1	Estimativas de ganho genético em híbridos e variedades de milho (modificado de Russell, 1991) .	14
2	Performance média dos grupos de cultivares de milho representativos de diferentes décadas avaliadas em três ambientes em 1980 e oito ambientes em 1981. (Modificado de Castleberry et al., 1984) .	15
3	Tratamentos avaliados em 1993/94 considerando suas principais características e décadas de criação	25
4	Altitude, latitude e longitude aproximada dos locais dos experimentos. Ano agrícola 1993/94	26
5	Médias obtidas para os caracteres avaliados com os respectivos números de locais e coeficientes de variação experimental (CV %). Ano agrícola 1993/94	29

Tabela

Página

6	Análise de variância conjunta para as características de florescimento masculino (FM - dias), altura de planta (AP - cm) e espiga (AE - cm), acamamento (AC - número de plantas), quebramento (PQ - número de plantas), peso de espiga (PE - kg/ha) e peso de grão (PG - kg/ha), com base nas médias obtidas em diferentes locais no ano agrícola 1993/94	30
7	Estimativas do progresso genético obtido para os diferentes caracteres (Δ g%) dos híbridos e variedades com respectivos valores de acordo com a mensuração do caráter (Z)	33

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1-2	Produtividade de grãos de milho por grupos de cultivares obtidos em diferentes décadas, avaliados em condições de irrigação completa ou estresse de água (A) e em solo com alta ou baixa fertilidade (B). (Modificado de Castleberry et al. (1984) ...	13
3	Progresso do melhoramento de híbridos de milho e melhoramento de variedades para o Estado de São Paulo. (Adaptado de Paterniani, 1985)	18
4	Número de dias para o caráter florescimento masculino de híbridos e variedades de milho (dias) representativos de três décadas de melhoramento avaliado em quatro ambientes no ano agrícola 93/94.	45
5	Análise de regressão para o caráter altura de plantas de híbridos e variedades de milho (cm) representativos de três décadas de melhoramento avaliado em nove ambientes no ano agrícola 93/94	46
6	Representação de altura de espiga de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em nove ambientes no ano agrícola 93/94	47

Figura		Página
7	Representação do número de plantas acamadas de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em seis ambientes no ano agrícola 93/94	48
8	Representação do número de plantas quebradas de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em dez ambientes no ano agrícola 93/94	49
9	Análise de regressão para o caráter peso de espiga de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em dez ambientes no ano agrícola 93/94	50
10	Análise de regressão para o caráter peso de grão de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em seis ambientes no ano agrícola 93/94	51

RESUMO

ARAÚJO, J.S. de. Ganhos genéticos obtidos em híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento no Brasil. Lavras, UFLA, 1994. 64p. (Dissertação - Mestrado em Agronomia).*

O presente trabalho foi conduzido com o objetivo de estimar o progresso genético obtido em híbridos e variedades de milho representativos das décadas de 70-80-90 para conhecer a eficiência dos programas de melhoramento. Cada época foi representada por uma variedade e quatro híbridos, perfazendo um total de quinze tratamentos. Os ensaios foram instalados em dez ambientes no ano agrícola de 1993/94. Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, três repetições e espaçamento de 1 m x 0,20 m. A parcela experimental foi formada por quatro fileiras de 5 metros, aproveitando-se as duas centrais para mensurar os parâmetros de florescimento masculino, altura de planta e espiga, número de plantas acamadas e quebradas, peso de espigas e peso de grãos. Procedeu-se, inicialmente, a análise de variância por local, efetuando-se, em seguida, a análise conjunta para cada caráter. Realizou-se, posteriormente, a decomposição dos graus de liberdade dos tratamentos em função dos grupos e décadas. Verificou-se, através dos coeficientes de regressão, um ganho genético estimado

* Orientador: Manoel Xavier dos Santos. Membros da Banca: Mario Silva Campos e Delmo Diogo Rodrigues.

para peso de espigas dos híbridos e variedades no valor de 61,07 kg/ha/ano e 58,30 kg/ha/ano, respectivamente, e que são equivalentes em termos percentuais a 0,75% e 0,85% ao ano. Considerando-se o peso de grãos dos híbridos e variedades, esse valor foi de 50,89 kg/ha/ano e 30,70 kg/ha/ano, respectivamente, que corresponde em percentagem a 0,89% e 0,65% ao ano. Foram encontradas diferenças significativas entre os grupos de híbridos e variedades para todos os caracteres avaliados, averiguando-se também significância para os efeitos lineares entre as décadas dentro dos grupos. Observou-se, por outro lado, que os híbridos e variedades mais modernos foram mais produtivos tanto em ambientes favoráveis quanto desfavoráveis. Considerando os híbridos dentro de cada década, apenas não se detectou significância para peso de grãos e número de plantas acamadas. Os resultados médios obtidos e a significância mostrada pelos coeficientes de regressão revelaram a tendência linear dos híbridos e variedades mais recentes exibirem redução tanto no porte da planta e espiga quanto no acamamento e quebramento, sem afetar, contudo, a produtividade. A magnitude dos progressos genéticos obtidos foi capaz de mostrar as alterações benéficas ocorridas ao longo das décadas de 70 a 90 e mostraram, de forma clara, que os programas de melhoramento de milho têm sido tão eficientes em gerar materiais adaptados às condições ambientais brasileiras quanto os programas de clima temperado.

SUMMARY

GENETIC GAINS OBTAINED IN THE HYBRIDS AND THE VARIETIES OF CORN REPRESENTATIVE OF THE THREE DECADES OF THEIR IMPROVEMENT IN BRAZIL.

The present work was conducted with the objective of estimating the genetic gains obtained in the hybrids and the varieties of corn representative of the decades of 70-80-90 to learn about the efficiency of their improvement programs. Each period was represented by one variety and four hybrids, thus giving a total of fifteen treatments. The trial tests were conducted in ten environmental conditions on the 1993/94 agricultural year. The randomized complete block design was used, with three replications and a spacing of 1m x 0.20m. The experimental plot consisted of four rows of five meters, using the two in the middle to measure the parameter of male flowering, height of plant and ear of corn, root lodging and breakage, and weight of ear of corn and grain yield. Initially, an analysis of local variance was performed, followed by a complex analysis for each character. Later, the decomposition of the degrees of freedom of the treatments as a function of the groups and the decades was realized. By the coefficients of regression, a genetic gain estimated for the weight of ear of corn of hybrids and varieties was verified to be 61.07 kg/ha/year and 58.30 kg/ha/year, respectively, which are equivalent

in terms of percentage, to 0.75% and 0.85% per year. Considering the weight of grain of hybrids and varieties, this value was 50.89 kg/ha/year and 30.70 kg/ha/year, respectively, which corresponds in percentage a value of 0.89% and 0.65% per year. Significant differences were found between the groups of hybrids and varieties for all the characters evaluated, verifying also the significance of the linear effects between the decades in the groups. It was observed, on the other hand, that the more modern hybrids and varieties were more productive in both favorable and non-favorable environments. Considering the hybrids in each decade, the only thing which was not detected was statistical significance for the grain weight and the number of root lodged plants. The average results obtained and the significance shown by regression coefficients revealed the linear tendency of hybrids, and most recent varieties exhibited a reduction in the plant height and the ear height of corn as well as in root lodging and breakage, without affecting the productivity at all. The magnitude of the genetical progress obtained was capable of showing beneficial alterations occurred in the along 70s and 90s and also showed clearly, that the programs of corn improvement have been as efficient in generating adapted materials to brazilian environmental conditions as those of temperate areas.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do milho ocupa lugar de destaque, não só pelo grande progresso que tem havido no acúmulo de conhecimentos técnico-científicos, mas também pelo grande valor e imenso potencial que ela representa para o mundo.

Sem dúvida alguma, o maior impacto produzido com essa cultura foi a utilização da heterose manifestada na produção do milho híbrido que, a partir de 1920, começou a ser extensamente explorada nos Estados Unidos. Em outros países, o uso do milho híbrido foi desenvolvido mais tarde. Todavia, por volta de 1950, inúmeros países em várias partes do mundo já contavam com programas de melhoramento para obtenção do milho híbrido.

O Brasil foi o primeiro País de clima tropical a produzir e introduzir na lavoura a semente de milho híbrido. A introdução da semente híbrida, sem dúvida, contribuiu para a expansão da área de plantio e para o aumento da produção, principalmente nas regiões com maior regularidade climática. O milho passou a ser cada vez mais comercializado e iniciou-se, desta forma, o desenvolvimento de uma agricultura mais tecnificada.

A evolução dos diferentes tipos de milho híbrido no Brasil tem sido feita de forma gradativa iniciando-se pela comercialização dos híbridos duplos e havendo, atualmente, uma

tendência crescente para a utilização de híbridos triplos e simples.

Os melhoristas de milho têm conseguido superar a cada ano novos recordes de produção com o lançamento de tipos mais produtivos e eficientes. Estão surgindo no mercado novos e melhores materiais mais tolerantes às condições adversas, às restrições térmicas, às irregularidades climáticas e mais adaptados aos solos tropicais de baixa fertilidade, permitindo que sejam ampliadas as áreas de produção.

A base de todo esse sucesso alcançado está nos programas de melhoramento intrapopulacionais com germoplasmas tropicais, tendo o melhorista desempenhado relevante papel para aumentar a frequência de genes favoráveis com adaptação para posterior extração de linhagens e formação de novas combinações híbridas.

Considerando que o sucesso dos programas com milho híbrido está diretamente relacionado com os trabalhos genéticos básicos na melhoria de um conjunto de caracteres, é importante para o melhorista saber o ganho alcançado ao longo do tempo.

Diferentes alternativas têm sido utilizadas para estimar esse progresso genético com o objetivo de quantificar o retorno da pesquisa na geração de tecnologias e, a partir dessas informações, direcionar os futuros trabalhos de melhoramento ou delinear as estratégias que possam solucionar problemas existentes.

No Brasil, apenas um estudo dessa natureza foi conduzido com a cultura do milho (Vencovsky et al., 1986), porém na literatura estrangeira há diversos relatos (Cardwel, 1982; Duvick, 1984), entre outros.

Procurando conhecer a eficiência dos programas de melhoramento do milho no Brasil, o presente trabalho teve por objetivo estimar o progresso genético obtido para alguns caracteres de valor agronômico em híbridos e variedades representativas das décadas de 1970, 1980 e 1990.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 O milho híbrido

Com o redescobrimto das leis de Mendel por De Vries, Correns e Tschermack em 1900, muitas pesquisas foram realizadas visando verificar se essas leis se aplicavam a todos os caracteres. Uma dessas pesquisas foi realizada por Shull (1909), citado por Allard (1967), que constatou no milho perda acentuada de vigor com a autofecundação sendo, porém, restaurada através da hibridação. A partir desse fato, foi sugerido realizar várias autofecundações até atingir homozigose (linhagens) e seu posterior cruzamento para a obtenção da geração F_1 híbrida. Apesar dessas informações terem sido limitadas, elas forneceram as bases para o florescimento da indústria do milho híbrido em todo o mundo.

Shull (1909), dizia: a) "num campo de milho todas as plantas são híbridas; b) a perda de vigor que ocorre quando a planta é autofecundada resulta da redução gradual do número de locos em heterozigose; c) o melhoramento deve ser direcionado para a obtenção da melhor combinação híbrida e não da melhor linhagem.

A proposição inicial baseava-se no uso de híbrido simples. Essa idéia, no entanto, não foi disseminada na época, uma vez que as linhagens apresentavam baixo vigor e produtividade.

Jones (1918), propôs a produção do híbrido duplo. Dessa forma, a semente F_1 comercial é oriunda do cruzamento de dois híbridos simples, tornando exeqüível a produção comercial das sementes híbridas.

A partir dessa idéia, houve interesse das empresas e vários pesquisadores empenharam-se no propósito de produzir a semente de milho híbrido. Segundo Viégas e Miranda Filho (1987), foi a partir de 1919 que o primeiro melhorista de empresa privada começou a efetuar trabalhos de autofecundação, sendo os primeiros híbridos produzidos para a região Central do cinturão de milho nos Estados Unidos. A sua aceitação foi lenta e em 1933 apenas 1% foi semeado com esse tipo de milho. Um fato que estimulou uma maior demanda das sementes híbridas nos Estados Unidos foi a seca ocorrida durante o período de 1934 e 1936, no qual o milho híbrido mostrou certa superioridade a essa condição adversa (Wich, 1988). De lá para cá a procura de milho híbrido foi sempre crescente, estimulando o desenvolvimento da indústria sementeira e fazendo com que o mercado de sementes híbridas fosse cada vez mais competitivo. Contribuiu também para o espetacular incremento na produtividade do milho nos Estados Unidos, nos últimos sessenta anos (Duvick, 1994).

O Brasil foi o primeiro país de clima subtropical e tropical a produzir e introduzir na lavoura a semente de milho híbrido (Viégas, 1989). O trabalho foi iniciado no Instituto Agrônômico de Campinas, em 1932, por C.A. Krug. Também na Universidade Federal de Viçosa em 1934, iniciou-se um programa visando a obtenção de híbridos comerciais de milho que culminou com a criação da Agrocereis em 1945 (Drummond, 1965 e Miranda, 1966).

Em várias outras instituições e universidades foram iniciados e desenvolvidos programas de melhoramento, mais ou menos extensos, visando a produção de híbridos e variedades melhoradas. Valiosa participação também foi dada por empresas produtoras de sementes, que contribuíram para organizar e estruturar o mercado de sementes do milho híbrido e variedades melhoradas no país (Menezes, 1952).

2.2 Tipos de cultivares de milho

As cultivares utilizadas são incluídas em dois grupos: variedades e híbridos. As variedades são populações em equilíbrio genético e portanto têm suas freqüências alélicas e genotípicas inalteradas nos sucessivos plantios em ausência de seleção e contaminação. Como a polinização ocorre ao acaso, não há nenhum trabalho adicional na sua obtenção.

O milho híbrido corresponde à geração F_1 do cruzamento controlado entre genitores previamente selecionados. Os híbridos podem ser de variedades ou de linhagens, e a polinização ocorre de forma direcionada, requerendo desta forma, um custo adicional, o que torna onerosa sua produção.

Os vários tipos de híbridos que podem ser produzidos são descritos por Viégas e Miranda Filho (1987):

- 1) "Top-cross" - Resulta do cruzamento entre uma linhagem endogâmica e uma variedade de base genética ampla. Este tipo de híbrido não tem sido considerado de valor comercial, mas é amplamente utilizado nos programas de avaliação de linhagens para utilização em híbridos.

2) Híbrido simples - É obtido mediante o cruzamento de duas linhagens endogâmicas. Em geral é mais produtivo do que os outros tipos de híbridos, apresentando grande uniformidade de plantas e de espigas. A semente tem um custo de produção mais elevado porque é produzida sobre linhagens que, por serem endógamas, exibem produção mais baixa.

3) Híbrido simples modificado - Utiliza-se como genitor feminino o híbrido entre duas progênes afins da mesma linhagem, isto é $(A \times A')$, e como genitor masculino uma outra linhagem (B) ou também um híbrido entre progênes afins $(B \times B')$. Em qualquer caso, o custo de produção de semente é reduzido em relação ao híbrido simples porque o genitor feminino apresenta um certo vigor que se manifesta em maior produção.

4) Híbrido triplo - É obtido pelo cruzamento de um híbrido simples $(A \times B)$ com uma terceira linhagem (C) . A linhagem polinizadora deve ser suficientemente vigorosa para poder ser plantada intercaladamente ao híbrido simples e produzir quantidade de pólen suficiente para garantir uma boa produção de grãos nas linhas femininas. O híbrido triplo também pode ser obtido sob a forma de híbrido modificado, isto é $(A \times B) \times (C \times C')$, onde C e C' são duas progênes afins de uma mesma linhagem.

5) Híbrido duplo - É o tipo de híbrido mais largamente utilizado, sendo obtido pelo cruzamento de dois híbridos simples $(A \times B)$ $(C \times D)$, envolvendo, portanto, quatro linhagens endogâmicas.

6) Híbrido múltiplo - É produzido mediante a utilização de 6, 8 ou mais linhagens. Tem sido muito pouco usado

comercialmente e sua principal vantagem reside na maior variabilidade genética, que pode resultar em maior amplitude de adaptação.

7) Híbrido intervarietal - Os híbridos intervarietais podem ser utilizados comercialmente, pois permitem a utilização da heterose sem a necessidade da obtenção de linhagens. Apresentam, portanto a vantagem de facilidade de obtenção além de exibirem uma maior capacidade de adaptação devido à maior variabilidade genética do que os híbridos de linhagens. As gerações avançadas dos híbridos intervarietais podem ser utilizadas como populações base para o melhoramento intrapopulacional.

As diferenças entre os diversos tipos de híbridos podem ser analisadas sob diversos aspectos. Schnell (1973) apresenta as vantagens e desvantagens dos diversos tipos de híbridos, analisando três aspectos principais: uniformidade, produtividade e estabilidade. Os híbridos simples apresentam as vantagens de maior uniformidade e produtividade. Apresentam porém a desvantagem de maior custo de produção das sementes. Além disso, os híbridos simples podem ser obtidos com 1 ou 2 anos menos do que os outros híbridos de linhagens. Analisando a produtividade média, de um modo geral, os híbridos simples mostram uma tendência de superioridade em relação aos triplos e duplos. Com relação à estabilidade (menor interação genótipo x ambiente) os resultados relatados por Sprague e Federer (1951), Adams et al. (1959), Funk e Anderson (1968), Eberhart et al. (1964), Russell e Eberhart (1968), Rosbaco e Babboni (1968), Eberhart e Russell (1969), Weatherspoon (1970), Naspolini Filho (1975), Fakorede et al. (1986)

e Fernandes (1988) mostram que os híbridos duplos e triplos apresentam maior estabilidade do que os híbridos simples. A hipótese, no caso, é que os híbridos duplos e triplos apresentam maior estabilidade por se constituírem de uma mistura de genótipos, enquanto que os híbridos simples constituem teoricamente, genótipos únicos. Portanto, os híbridos duplos e triplos teriam menor variação em uma gama de ambientes devido à flexibilidade de população, condicionada pelo grande número de genótipos.

2.3 Alternativas para se avaliar o progresso genético

Quantificar os avanços do melhoramento genético conseguidos para uma espécie cultivada é, sem dúvida, de grande importância. Através desta quantificação, consegue-se, dentre outros aspectos, avaliar o retorno das atividades de pesquisa, haja vista que a pesquisa é onerosa para os cofres públicos e a sociedade deve ser informada onde são gastos os recursos e sobre os retornos proporcionados pelos mesmos. É também de fundamental importância a estimativa do progresso genético para que se possa direcionar os futuros trabalhos de melhoramento (Soares, 1994).

Um dos modos de se avaliar a eficiência dos programas de melhoramento é através do número de cultivares que são utilizadas pelos agricultores e a área semeada com cada uma. Entretanto, esse processo é falho, pois nesse caso a eficiência avaliada não é só do programa de melhoramento em si, mas também da difusão das novas cultivares, que é sempre independente do melhorista.

Uma outra opção é avaliar em ensaios comparativos as cultivares desenvolvidas pelo melhoramento. Esse procedimento tem sido bastante utilizado para avaliar o sucesso de programas de melhoramento em várias espécies. Tem, porém, o inconveniente de exigir a condução de experimentos apenas com essa finalidade e há a necessidade de se armazenar ou resintetizar os materiais mais antigos sem alteração na sua constituição. Em se tratando de cultivares híbridas de linhagens de milho, os diferentes híbridos podem ser sintetizados sem problemas desde que as linhagens tenham sido armazenadas. Por essa razão, esse procedimento tem sido inúmeras vezes utilizado nessa espécie (Duvick, 1977; Duvick, 1984; Duvick, 1994; Russell, 1974; Wilcox et al., 1979; Cardwell, 1982 e Castleberry et al., 1984).

Uma outra alternativa que pode ser utilizada na quantificação dos avanços genéticos sem a instalação de experimentos exclusivos para essa finalidade é o uso dos resultados de avaliação de cultivares obtidos dos ensaios nacionais. Esses experimentos, conduzidos anualmente, por instituições oficiais de pesquisa, têm por objetivo a avaliação de genótipos e a recomendação de cultivares. Nestes ensaios, as cultivares podem ser substituídas no decorrer dos anos por outras supostamente melhores. Desse modo, avalia-se a eficiência em função da superioridade genética das cultivares novas. Nesse processo, os materiais comuns a dois ou mais anos são utilizados para avaliar a flutuação ambiental. Esse procedimento tem sido realizado em algumas culturas no Brasil, como o milho (Vencovsky et al., 1986), soja (Toledo et al., 1990), sorgo (Rodrigues, 1990), arroz (Soares, 1992) e feijão (Abreu et al., 1994).

Pode-se ainda avaliar o progresso genético quando os experimentos possuem uma ou mais testemunhas comuns ao longo de todos os anos, estimando-se um coeficiente de regressão dessa(s) testemunha(s) no decorrer dos anos. Esse coeficiente de regressão é uma medida da variação ambiental ao longo do tempo. Se for estimado o coeficiente de regressão das demais cultivares avaliadas nos anos sucessivos, essa será uma medida da variação ambiental mais a genética. A diferença entre os dois coeficientes de regressão fornecerá, então, a estimativa da alteração genotípica, ou seja, do progresso genético médio anual (Abreu et al., 1994).

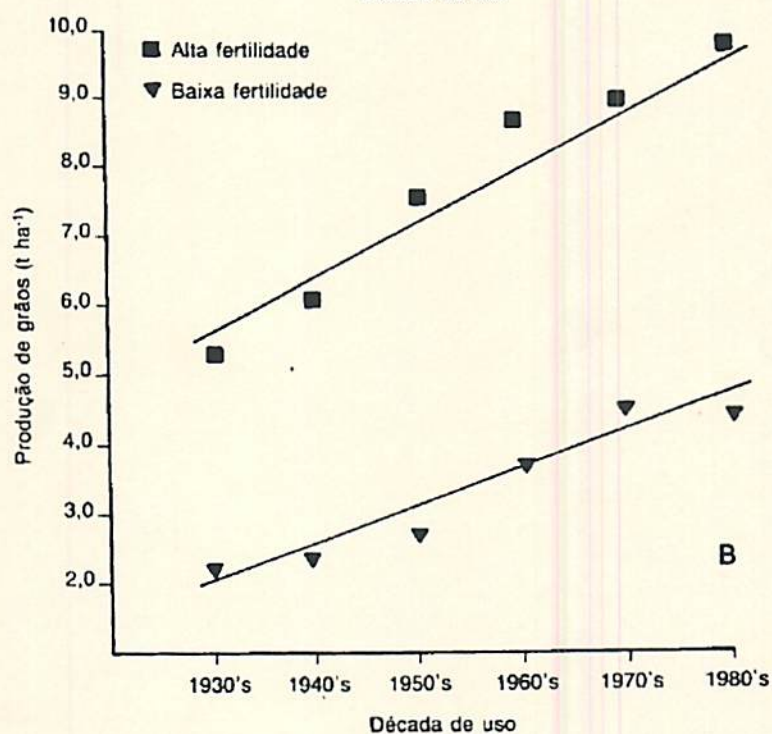
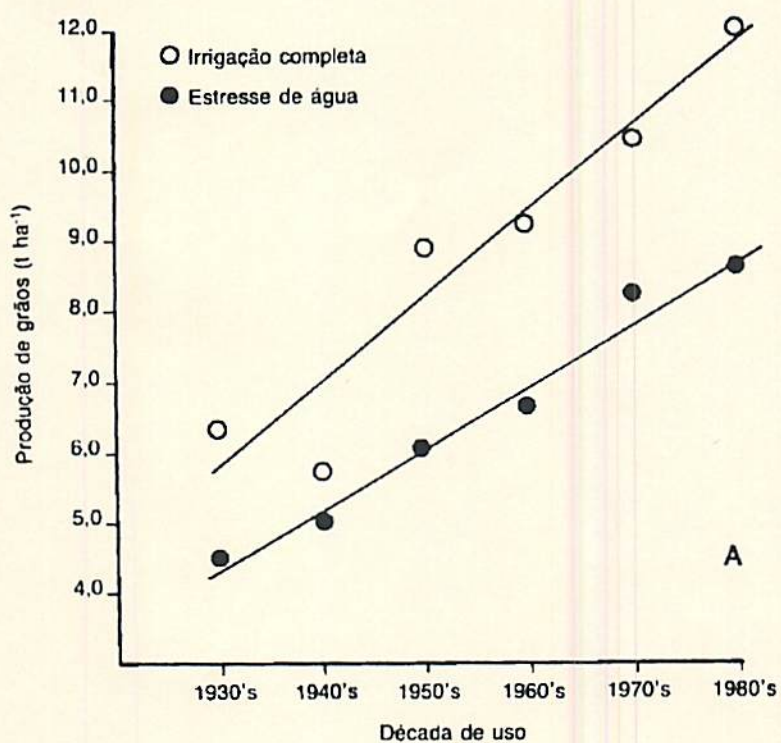
2.4 Estimativa do progresso genético na cultura do milho

Inúmeros trabalhos foram realizados a partir da década de setenta visando estimar o progresso genético na cultura do milho. A maioria dos trabalhos avaliaram os híbridos comercializados nas diferentes décadas, e também variedades de polinização livre existentes antes da década de trinta. Um resumo dos principais resultados obtidos foi relatado por Russell (1991), e é apresentado na Tabela 1. Constata-se que em todos os casos o progresso genético foi positivo. Contudo, as estimativas variaram de 35,04 kg/ha/ano a 73,12 kg/ha/ano em um trabalho realizado no Canadá por Tollenaar (1989) e outro conduzido por Derieux (1986).

Muitos argumentam que os híbridos atuais são mais produtivos, porém muito exigentes na utilização de tecnologias mais modernas e de insumos. Para testar essa hipótese, em quase todos os trabalhos realizados visando estimar o progresso genético,

procurou-se avaliar híbridos produzidos nas décadas de 30 até décadas mais recentes, utilizando-se, para isso, as condições de cultivo de cada época, principalmente no que se refere à população de plantas. Em todos os casos os híbridos das décadas mais recentes foram mais produtivos em todas as condições de densidade de semeadura, porém a supremacia é muito mais acentuada sob condições de alta densidade, indicando que os materiais atuais suportam muito mais a competição (Russell, 1974; Russell, 1984; Duvick, 1977; Duvick, 1984; Duvick, 1991 e Duvick, 1994).

Um trabalho interessante foi realizado por Castleberry et al. (1984), onde avaliaram grupos de cultivares de milho usados no cinturão do milho nos Estados Unidos desde 1930-1980. Os materiais genéticos foram comparados em condições de alta e baixa fertilidade, na presença e na ausência de irrigação (Figuras 1 e 2). Observaram também que os híbridos mais recentes mostraram um consistente melhoramento na performance sobre os híbridos mais antigos (Tabela 2). Constataram que o aumento da produtividade devido ao melhoramento genético foi positivo em todos os ambientes testados e caracterizados por altos coeficientes de determinação, o que confere maior segurança no ajustamento dos dados à equação de regressão. Verificaram que os grupos representativos das diferentes décadas responderam linearmente em produtividade tanto em condições ambientais de estresses, quanto em ambientes melhorados. Esses resultados, juntamente com os dados obtidos por Russell (1974) e Duvick (1977), mostraram que as cultivares modernas foram as mais produtivas em ambas as situações podendo atribuir este ganho principalmente ao melhoramento genético.



FIGURAS 1-2 - Produtividade de grãos de milho por grupos de cultivares obtidos em diferentes décadas, avaliados em condições de irrigação completa ou estresse de água (A) e em solo com alta ou baixa fertilidade (B). (Modificado de Castleberry et al. (1984).

TABELA 1 - Estimativas de ganho genético em híbridos e variedades de milho (modificado de Russell, 1991).

Autor	Tempo considerado	Anos de experimento	Ganho total kg/ha/ano
Russell (1974)	1930-70	1971-73	39,61
Duvick (1977)	1935-71	1972-73	44,69
Duvick (1977)	1935-72	1972-73	44,69
Tapper (1983)	1930-70	1930-81	39,61
Tapper (1983)	1930-70	1980-81	39,61
Castleberry et al.(1984)	1930-80	1980-81	55,85
Duvick (1984)	1930-80	1978-80	52,30
Duvick (1984)	1930-80	1977-79	52,70
Russell (1984)	1930-80	1981-82	45,70
Tollenaar (1989)	1959-88	1987-88	35,04
Derieux (1986)	1950-80	1983-84	73,12
Carlone e Russell (1987)	1930-80	1987	45,19
Kojic (1990)	1946-89	1985-86	43,16
Duvick (1991)	1930-89	1989-90	50,78

TABELA 2 - Performance média dos grupos de cultivares de milho representativos de diferentes décadas avaliadas em três ambientes em 1980 e oito ambientes em 1981. (Modificado de Castleberry et al., 1984).

Década de uso	1980	1981	Tipo de cultivar
	Produtividade kg/ha	Produtividade kg/ha	
1930	3860	5580	variedades
1940	4350	5900	híbrido duplo
1950	5480	7510	híbrido duplo e híbrido simples
1960	6430	7890	híbrido duplo e híbrido simples
1970	7060	8800	híbrido triplo e híbrido simples
1980	7580	9580	híbrido simples

Importante observação a esse respeito é feita por Cardwell (1982), onde ele relata que a grande contribuição no aumento da produtividade do milho em Minnesota é devido ao emprego do híbrido e o uso de fertilizantes, e que as demais tecnologias têm pequenas contribuições para a produtividade, deixando evidente que o milho híbrido é produtivo tanto nas condições favoráveis como desfavoráveis.

2.5 Estimativa do progresso genético no Brasil

Antes de apresentar a estimativa disponível do progresso genético da cultura do milho no Brasil, torna-se necessário fazer alguns comentários sobre as condições ambientais de cultivo do milho nas áreas tropicais e subtropicais em relação aos de áreas

temperadas. Um trabalho interessante foi apresentado por Paterniani (1990), onde comenta que as condições ambientais nas regiões temperadas são muito mais previsíveis que nas subtropicais e tropicais, facilitando, evidentemente, o trabalho do melhorista. Compara, inclusive, a precipitação pluviométrica de Piracicaba no Estado de São Paulo com a de Ames (Iowa). Embora a precipitação total de Piracicaba seja maior que a de Ames, a flutuação é mais acentuada. Comenta ainda que chuvas torrenciais que ocorrem em certos períodos, provocam erosão e argumenta que, a cada tonelada de milho produzida em regiões tropicais, são perdidas 5 toneladas de solo. Isto evidencia a imprevisibilidade ambiental e mostra o nível mais baixo de fertilidade dos solos em regiões tropicais. Apesar destas adversidades climáticas e ambientais, os programas de melhoramento de milho no Brasil têm sido eficientes. Um exemplo é mostrado por Paterniani (1985), no qual evidencia o melhoramento progressivo do potencial produtivo de variedades e híbridos de milho a partir da década de quarenta até o ano de 1986 (Figura 3).

Sabendo que o sucesso dos programas de melhoramento pode estar diretamente relacionado com a introdução de novos germoplasmas e com o aproveitamento da heterose que é manifestada em cruzamentos entre indivíduos não aparentados, os melhoristas têm interesse em saber o ganho genético obtido com os programas de melhoramento para tomar decisões para o futuro.

Visando estimar esse ganho, Vencovsky et al. (1986), utilizaram os dados de peso de espigas das cultivares do Ensaio Nacional do Milho, desde 1964/65 até 1983/84, para analisar a evolução do ganho genético em populações e híbridos.

As avaliações do progresso genético foram feitas para diferentes localidades, tendo se dado preferência àquelas em que se manteve maior continuidade dos experimentos ao longo dos anos.

Para tanto, considerou-se o fato de que, de um ano para o imediatamente seguinte, alguns tratamentos foram mantidos e outros substituídos por materiais novos. Assim, gradualmente, os novos tratamentos, por hipótese, deveriam ser iguais ou superiores aos que se excluíram da rede de ensaios, no que diz respeito ao seu potencial.

A estimativa do progresso genético para híbridos comerciais variou de 21 a 98 kg/ha com um ganho equivalente a 2% ao ano em relação à média do ensaio do ano agrícola de 1963/64.

Em suas análises, concluíram que a atividade de melhoramento genético do milho no Brasil teve reflexos substanciais no peso das espigas. Nas áreas mais favoráveis ao milho, o aumento médio anual de rendimento equipara-se aos estimados para países como nos Estados Unidos da América do Norte.

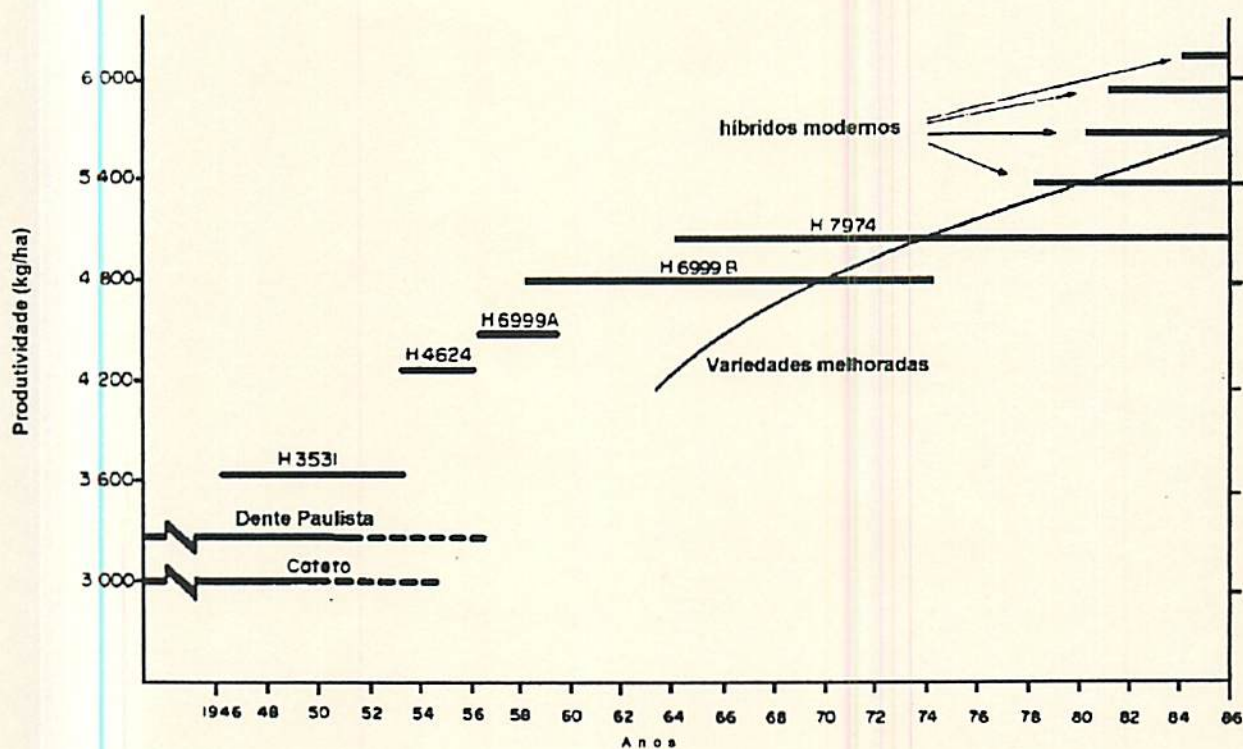


FIGURA 3 - Progresso do melhoramento de híbridos de milho e melhoramento de variedades para o Estado de São Paulo. (Adaptado de Paterniani, 1985).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Materiais

Esse trabalho foi realizado com dados obtidos de vários experimentos, instalados em diversos locais e conduzidos em colaboração com o Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo e empresas particulares de sementes.

A relação das cultivares de milho híbrido e variedades utilizadas para o estudo, bem como as suas respectivas décadas de origens e características são apresentadas na Tabela 3.

Os híbridos das diferentes décadas foram resintetizados pelas firmas, empregando-se, para isto, linhagens armazenadas em bancos de germoplasmas, enquanto que, para as variedades, as sementes foram multiplicadas em lotes isolados para obtenção de sementes com a mesma idade.

Os ensaios comparativos, constituídos dos materiais especificados, foram instalados em vários locais de regiões representativas do País, no ano agrícola 1993/94 e as suas localizações aproximadas estão apresentadas na Tabela 4.

3.2 Execução experimental

Empregou-se, em todos os experimentos, o delineamento em blocos casualizados (DBC), com três repetições por local e quinze tratamentos comuns a todas as localidades. As parcelas foram constituídas de quatro fileiras de cinco metros, perfazendo uma área total de vinte metros quadrados, e uma área útil de dez metros quadrados representados pelas duas fileiras centrais. O espaçamento entre fileiras foi de um metro e entre plantas dentro das fileiras foi de vinte centímetros, utilizando-se uma densidade de plantio de cinquenta mil plantas por hectare.

Os solos foram preparados através de uma aração e gradagem em torno de 30 dias antes do plantio e de uma gradagem às vésperas da instalação do ensaio.

A adubação foi realizada de acordo com a recomendação das análises químicas do solo.

As adubações em cobertura, controle fitossanitário e atividades fitotécnicas foram realizadas todas às vezes que se fizeram necessários através das recomendações técnicas para a cultura do milho.

Todos os experimentos foram conduzidos, tendo como única fonte de umidade a água das chuvas.

A colheita de cada experimento foi realizada quando os grãos atingiram a umidade em torno de 15-18%.

3.3 Características avaliadas

Os parâmetros avaliados foram:

Florescimento masculino: Número de dias entre a germinação e 50% das plantas da área útil com pendões produzindo pólen. Consideraram-se, para análise dos dados, os experimentos conduzidos em Lavras (MG), Jacarezinho (PR), Sidrolândia (MS) e Sete Lagoas (MG).

Altura de planta: Foi obtida, anotando-se a altura média das plantas na parcela e medindo-se sempre do nível do solo até a inserção da folha bandeira. Utilizaram-se, na análise, os dados obtidos dos experimentos conduzidos em: Lavras (MG), Campinas (SP), Guaíra (SP), Jacarezinho (PR), Rondonópolis (MT), Sidrolândia (MS), Sete Lagoas (MG), Londrina (PR) e Ponta Grossa (PR).

Altura da espiga: Foi obtida tomando-se a altura média das espigas na parcela e medindo-se sempre do nível do solo até a inserção da 1ª espiga (espiga superior). Utilizaram-se, para análise, os dados obtidos nos experimentos conduzidos em: Lavras (MG), Campinas (SP), Guaíra (SP), Jacarezinho (PR), Rondonópolis (MT), Sidrolândia (MS), Sete Lagoas (MG), Londrina (PR) e Ponta Grossa (PR).

Plantas acamadas: Foi contado, antes da colheita, o número de plantas que apresentaram um ângulo superior a 20 graus em relação à vertical. Utilizaram-se os dados obtidos nos experimentos conduzidos em: Campinas (SP), Jacarezinho (PR), Rondonópolis (MT), Sidrolândia (MS), Sete Lagoas (MG) e Londrina (PR).

Plantas quebradas: Foi contado, antes da colheita, o número de plantas que apresentaram-se quebradas abaixo da espiga. Para análise dos dados, utilizaram-se os resultados dos experimentos conduzidos em: Lavras (MG), Campinas (SP), Guaíra (SP), Jacarezinho (PR), Não-me-Toque (RS), Rondonópolis (MT), Sidrolândia (MS), Sete Lagoas (MG), Londrina (PR) e Ponta Grossa (PR).

Peso de espiga: Foi anotado em quilos por parcela o peso das espigas despalhadas. Empregaram-se, para análise dos dados, os resultados obtidos nos experimentos conduzidos em: Lavras (MG), Campinas (SP), Guaíra (SP), Jacarezinho (PR), Não-me-Toque (RS), Rondonópolis (MT), Sidrolândia (MS), Sete Lagoas (MG), Londrina (PR) e Ponta Grossa (PR).

Peso do grão: Foi anotado em quilos por parcela, sendo que a umidade dos grãos foi corrigida para 13%. Empregaram-se, para análise, os dados obtidos nos experimentos conduzidos em: Lavras (MG), Jacarezinho (PR), Rondonópolis (MT), Sidrolândia (MS), Sete Lagoas (MG) e Ponta Grossa (PR).

3.4 Análise estatística

Inicialmente, procedeu-se a análise de variância individual para florescimento masculino, altura de planta, altura de espiga, acamamento, quebramento, peso de espiga e peso de grãos para todos os locais, utilizando-se o delineamento em blocos casualizados, conforme o modelo matemático:

$$Y_{ij} = m + t_i + b_j + e_{ij}$$

onde:

Y_{ij} : valor observado do tratamento i no bloco j ;

m : média geral;

t_i : efeito do tratamento i , ($i = 1, 2 \dots 15$);

b_j : efeito do bloco j , ($j = 1, 2, 3$) e

e_{ij} : erro experimental associado ao tratamento i no bloco j , onde supõe-se que os e_{ij} 's são independentes e normalmente distribuídos com média zero e variância σ^2 .

Posteriormente, foi realizada a análise de variância conjunta para cada caráter, obedecendo ao seguinte modelo matemático:

$$Y_{ijk} = m + l_k + b_{j(k)} + t_i + (tl)_{ik} + e_{ijk}$$

onde:

Y_{ijk} : valor observado do tratamento i no bloco j no local k ;

m : média geral;

l_k : efeito do local k , ($k = 1, 2 \dots 10$);

$b_{j(k)}$: efeito do bloco j , dentro do local k ;

t_i : efeito do tratamento i , ($i = 1, 2 \dots 15$);

$(tl)_{ik}$: efeito da interação entre o tratamento i e o local k ;

e_{ijk} : erro experimental, associado ao tratamento i no bloco j no local k , onde supõe-se que os e_{ijk} 's são independentes e normalmente distribuídos, com média zero e variância σ^2 .

Posteriormente, as somas de quadrados dos tratamentos foram decompostas em efeito de década, em efeitos linear e quadrático.

3.5 Estimativa do progresso genético

Para todas as características analisadas foi estimada a regressão linear pela equação:

$$Y_i = a + bX_i + e_i$$

onde:

Y_i : é a média estimada da característica analisada na década i ;

a : coeficiente linear;

b : é o coeficiente de regressão linear;

X_i : é a década de uso da cultivar ($i = 70, 80, 90$);

e_i : erros independentes e normais com média zero e variância σ^2 .

O coeficiente de regressão b indica o número de unidades que varia Y ao variar X em uma unidade.

O progresso genético percentual para todas as características analisadas foi obtido através da relação entre o coeficiente de regressão (b) e a média de cada grupo de materiais e multiplicado por cem, obtendo-se, dessa maneira, o progresso genético médio anual percentual devido à melhoria genética dos materiais ao longo dos anos estudados.

TABELA 3 - Tratamentos avaliados em 1993/94 considerando suas principais características e décadas de criação.

	Tipo de híbrido	Tipo de grão	Ciclo	Década
1. AG 162	HD*	Dentado	Normal	70
2. AG 401	HD	Semi-dentado	Normal	70
3. AG 303	HD	Dentado	Precoce	80
4. AG 106	HD	Dentado	Normal	80
5. AG 122	HD	Dentado	Precoce	90
6. AG 612	HT**	Semi-dentado	Precoce	90
7. C 111	HD	Semi-duro	Normal	70
8. C 5005 M	HD	Semi-dente	Normal	70
9. C 111-5	HD	Semi-duro	Normal	80
10. C 125	HD	Semi-duro	Precoce	80
11. C 808	HT	Semi-dente	Super precoce	90
12. C 701	HD	Semi-duro	Precoce	90
13. Centralmex	Variedade	Dentado	Normal	70
14. Maya	Variedade	Dentado	Normal	80
15. BR 106	Variedade	Semi-dentado	Precoce	90

*HD = híbrido duplo

**HT = híbrido triplo

TABELA 4 - Altitude, latitude e longitude aproximada dos locais dos experimentos. Ano agrícola 1993/94.

Local (município)	Altitude (m)	Latitude (Sul)	Longitude (Oeste)
Lavras (MG)	801	21° 74'	45° 00'
Campinas (SP)	693	22° 53'	47° 04'
Guaira (SP)	490	20° 18'	48° 18'
Jacarezinho (PR)	435	23° 09'	49° 58'
Não-me-Toque (RS)	555	28° 25'	52° 49'
Rondonópolis (MT)	212	17° 18'	55° 01'
Sidrolândia (MS)	484	21° 37'	55° 22'
Sete Lagoas (MG)	771	19° 27'	44° 15'
Londrina (PR)	576	23° 23'	51° 11'
Ponta Grossa (PR)	975	25° 05'	50° 09'

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracteres da espiga

Os valores médios obtidos em diferentes localidades com as características peso de espigas e peso de grãos para o grupo de híbridos e variedades representativas das décadas de 70, 80 e 90 estão apresentados na Tabela 5. Pode-se também observar que os valores para o coeficiente de variação experimental, obtidos através da análise conjunta, foram de 12,20% e 12,82%, respectivamente, para peso de espigas e peso de grãos. Coeficientes de variação desta magnitude podem ser considerados como bons e refletem a precisão experimental dos ensaios (Pimentel Gomes, 1987). Comparando-se a produtividade média dentro do grupo de híbridos (G_1), verifica-se que houve um aumento, da década de 70 para a década de 90, no valor de 10% para o peso de espigas e de 19% para o peso de grãos. Quando esta comparação é feita dentro do grupo de variedades (G_2), observa-se que da década de 70 para 90 o aumento médio no peso de espigas foi de 18%, enquanto que, para peso de grãos, foi de 14%. No que diz respeito ao peso de grãos dos híbridos e variedades dentro da mesma década, nota-se, através da Tabela 5, que os híbridos das décadas de 70 e 80 foram 26% mais produtivos que as variedades; dentro da década de 90 este valor

diminuiu para 20%. Este é um fato interessante e está de acordo com a literatura, pois os híbridos têm sido, em média, 25% mais produtivos que as variedades (Viana et al., 1984; Coelho et al., 1988). Dentro da década de 90, a diminuição da diferença entre peso de grãos dos híbridos versus variedades pode ser explicada devido ao fato da intensificação dos programas de melhoramento intrapopulacionais no final da década de 80, principalmente com a cultivar de milho BR 106 (Santos et al., 1994). Convém destacar que híbridos e variedades mais recentes foram mais produtivos tanto em locais com condições ambientais favoráveis quanto desfavoráveis, fato este que também foi observado por Castleberry et al. (1984).

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos na análise de variância conjunta com base na média de diferentes locais considerando os caracteres peso de espigas e peso de grãos em kg/ha, observa-se que foi encontrada significância ao nível de 5% para tratamentos (teste F), mostrando a diferença do potencial produtivo entre os grupos de tratamentos.

O desdobramento dos graus de liberdade dos tratamentos permitiu verificar que entre os grupos de híbridos e variedades houve diferenças significativas a 5%, fato este também confirmado entre as diferentes décadas dentro do grupo de híbridos. Por outro lado, apenas para peso de espigas foi detectada significância entre décadas dentro de variedades; a não significância para peso de grãos talvez tenha ocorrido em decorrência do menor número de locais ou devido o menor número de variedades avaliadas para representar cada década estudada. Mesmo assim constatou-se um incremento na média do peso de grãos, da década de 70 para 90, no valor de 14%.

TABELA 5 - Médias obtidas para os caracteres avaliados com os respectivos número de locais e coeficientes de variação experimental (CV %). Ano agrícola 1993/94.

	FM	AP	AE	AC	PQ	PE	PG
Híbridos							
DEC 70	61,88	268,70	161,88	1,74	6,98	7793	5285
DEC 80	57,46	256,93	154,75	1,21	5,25	7902	5633
DEC 90	61,94	243,49	133,29	0,58	3,91	8574	6302
Média	60,42	256,37	149,97	1,17	5,38	8089	5740
Variedades							
DEC 70	66,88	284,37	179,18	3,833	9,14	6238	4437
DEC 80	68,92	297,81	191,75	2,17	6,99	6700	4729
DEC 90	66,25	256,11	146,76	1,611	5,29	7404	5053
Média	67,28	279,43	172,56	2,54	7,14	6780	4739
Número de locais	4	9	9	6	10	10	6
CV %	2,40	6,56	8,71	141,84	78,59	12,20	12,82

FM = florescimento masculino (dias)

AP = altura de planta (cm)

AE = altura de espiga (cm)

AC = acamamento (nº de plantas)

PQ = quebramento (nº de plantas)

PE = peso de espiga (kg/ha)

PG = peso de grão (kg/ha)

TABELA 6 - Análise de variância conjunta para as características de florescimento masculino (FM - dias), altura de planta (AP - cm) e espiga (AE - cm), acamamento (AC - número de plantas), quebramento (PQ - número de plantas), peso de espiga (PE - kg/ha) e peso de grão (PG - kg/ha), com base nas médias obtidas em diferentes locais no ano agrícola 1993/94.

FV	GL	FM	AP	AE	AC	PQ	PE	PG
		QM						
Tratamento	14	555,264*	7730,199*	8893,692*	15,829*	127,686*	17,278*	8,097*
Entre grupo	1	1629,013*	34445,800*	32526,593*	80,033**	264,50*	94,128*	50,444*
Entre décadas d. G ₁	2	384,1458*	17189,003*	23910,577*	23,977**	283,733*	44,949*	22,484*
Ef. linear	1	17,51042*	34327,449*	44118,375*	47,840**	564,266*	89,352*	43,519*
Ef. quadrático	1	750,781*	50,557ns	3702,779*	0,1138ns	3,20ns	0,545ns	1,440ns
Entre décadas d. G ₂	2	17,33333*	12233,419*	14515,938*	24,074**	137,20*	10,343*	1,993ns
Ef. linear	1	2,6667*	10780,907*	14373,351*	44,444**	264,60*	20,393*	3,982ns
Ef. quadrático	1	31,999*	13685,932*	14858,524*	3,304ns	9,80ns	0,292ns	0,00338ns
Entre hib. d. década 1	3	890,743*	1906,938*	472,009*	8,199ns	58,167*	5,319*	2,579ns
Entre hib. d. década 2	3	847,833*	689,936*	1928,062*	5,755ns	72,90*	4,488*	2,860ns
Entre hib. d. década 3	3	42,00*	2380,775*	2643,951*	1,204ns	96,011*	2,586*	0,213ns
Resíduo médio	GLR	2,073	293,280	181,104	4,219	20,54	0,881	1,5953

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Altamente significativo ao nível de 5% de probabilidade.

GLR - Graus de liberdade do resíduo

GLR - Florescimento masculino (FM) = 112

GLR - Altura de plantas (AP) = 252

GLR - Altura de espiga (AE) = 252

GLR - Acamamento (AC) = 168

GLR - Quebramento (PQ) = 270

GLR - Peso de espiga (PE) = 270

GLR - Peso de grão (PG) = 168

Para se ter uma visão mais elucidativa da significância encontrada entre décadas dentro dos grupos de híbridos e variedades, a Tabela 6 mostra o desdobramento dos seus graus de liberdade nos efeitos linear e quadrático. Para ambas características e diferentes grupos, constatou-se a não significância para os efeitos quadráticos enquanto que, para os efeitos lineares, foi observada significância ao nível de 5%, exceto para o peso de grãos no grupo das variedades.

Considerando ainda a Tabela 6, pode-se notar que o desdobramento dos graus de liberdade de tratamentos permitiu detectar significância a 5% para peso de espigas entre os híbridos dentro de cada década. Este resultado ressalta que, dentro de cada época, há diferenças no potencial produtivo entre os quatro híbridos representativos de cada década.

Levando-se em conta que, de um modo geral, as médias dos híbridos foram superiores em 20% a 25% às médias das variedades, os resultados obtidos se coadunam com dados da literatura que mostram a superioridade dos híbridos em relação às variedades (Viana et al., 1984; Coelho et al., 1988). Se por um lado os programas de melhoramento intrapopulacionais de milho no Brasil começaram a evoluir no início da década de 70 (Môro et al., 1981; Viana et al., 1982), é evidente que o programa de híbridos tenha também conseguido progressos substanciais devido à extração de linhagens com melhor potencial, possibilitando, desta forma, híbridos cada vez mais produtivos em diferentes décadas. De acordo com Souza Junior (1981), a formação de híbridos mais produtivos é uma função da frequência de genes favoráveis presentes nas linhagens que são

extraídas das variedades parentais melhoradas.

Em estudos realizados por Paterniani (1985), os resultados apresentados mostraram claramente os ganhos obtidos nos híbridos a partir da época em que foi dada ênfase ao programa de melhoramento de populações. Santos et al. (1994) ressaltaram também a importância do melhoramento intrapopulacional mostrando a superioridade dos híbridos comerciais e a probabilidade de obtenção de híbridos superiores tendo como base a extração de linhagens oriundas das populações melhoradas.

A quantificação dos ganhos obtidos com os programas de melhoramento de milho, híbridos ou variedades, constitui-se num ponto de suma importância para os melhoristas uma vez que, além de poder direcionar os futuros trabalhos, permite também estimar o retorno das atividades de pesquisa. Em um país de clima predominantemente tropical, a produtividade varia de região para região e é influenciada e comprometida por diversos fatores ambientais, dando, muitas vezes, uma idéia errônea quando são feitas comparações com tecnologias utilizadas em países de clima temperado.

A Tabela 7 e as Figuras 9 e 10 mostram, de forma clara, o progresso alcançado com o desenvolvimento de híbridos e variedades de milho. Pode-se verificar, na Tabela 7, que a estimativa obtida através da análise de regressão foi de um ganho genético de 61,07 kg/ha/ano e 58,30 kg/ha/ano para a característica peso de espigas dos híbridos e variedades, respectivamente. Estes valores, em termos percentuais, são correspondentes a 0,75% e 0,85% por ano.

Para peso de grãos, a estimativa do ganho obtido com híbridos foi de 50,89 kg/ha/ano e com variedades foi de 30,70 kg/ha/ano, sendo equivalente em termos percentuais a 0,89% e 0,65% por ano.

TABELA 7 - Estimativas do progresso genético obtido para os diferentes caracteres (Δ g%) dos híbridos e variedades com respectivos valores de acordo com a mensuração do caráter (Z).

Caracteres	Δ g%	Z	Δ g%	Z
	híbridos		variedades	
Florescimento masculino	-0,071	-0,0437 dia/ano	-0,0505	-0,033
Altura de planta	-0,49	-1,26 cm/ano	-0,50	-1,41
Altura de espiga	-0,95	-1,42 cm/ano	-0,94	-1,63
Acamamento	-2,20	-0,0258 n Ω p1/ano	-4,37	-0,111
Quebramento	-2,85	-0,15 n Ω p1/ano	-2,94	-0,21
Peso de espiga	0,75	61,07 kg/ha/ano	0,85	58,30
Peso de grão	0,89	50,89 kg/ha/ano	0,65	30,70

Através das Figuras 9 e 10, pode-se observar que, para ambas as características e grupos de materiais estudados, os valores obtidos nos coeficientes de determinação (r^2) foram altos, evidenciando a confiabilidade dos resultados e o bom ajustamento dos dados à equação de regressão.

A significância detectada para os efeitos lineares entre as décadas dentro dos grupos de híbridos e variedades (Tabela 6) pode ser melhor visualizada nas Figuras 9 e 10, desde que sejam

observados acréscimos gradativos a partir da década de 70. Resultados dessa natureza também foram observados por Castleberry et al. (1984) com variedades e híbridos representativos de diferentes décadas (Tabela 2), podendo-se averiguar que tais aumentos podem estar relacionados, principalmente com a evolução de tipos de cultivares utilizadas nos Estados Unidos. É interessante destacar que, para peso de espigas (Figura 9), nota-se a superioridade dos híbridos obedecendo a uma quase constante proporcionalidade. Para peso de grãos, no entanto, observa-se, na Figura 10, que a superioridade dos híbridos é mantida com certa proporção até a metade da década de 80. A partir daí há um desbalanço na proporção da produtividade entre híbridos e variedades, acentuando-se mais no final da década de 80. Isto pode ser atribuído à preocupação das empresas privadas de sementes em reduzir a relação sabugo/grão dos híbridos mais modernos. Por outro lado, o melhoramento intrapopulacional teve a preocupação em reduzir a altura da planta (Tabela 5) em detrimento do ganho na produtividade (Santos et al., 1992, 1994). Tais fatos podem explicar essas diferenças observadas bem como a não significância detectada para os efeitos lineares para o peso de grãos no grupo das variedades.

Apesar das condições ambientais serem totalmente diferentes, a eficiência dos programas de melhoramento de milho no Brasil pode ser medida através de comparações com o desenvolvimento e evolução dos híbridos comercializados em diferentes décadas em clima temperado.

Segundo Cardwell (1982), os dados da análise de regressão

para o período de 1930 e 1979 evidenciaram um aumento médio na produção de 85 kg/ha/ano, sendo que este incremento foi dado em função tanto dos novos híbridos quanto à utilização de maior uso de insumos e práticas culturais modernas.

Os resultados apresentados por Castleberry et al. (1984) mostraram que os ganhos genéticos obtidos da década de 30 para 80 variaram de 47 a 142 kg/ha/ano, sendo maiores os ganhos em ambientes que não sofreram nenhum tipo de estresse. Observaram também, em todos os grupos de materiais representativos das diferentes décadas que, sob condições ambientais favoráveis o potencial produtivo foi aumentado substancialmente, sendo que os híbridos mais modernos exibiram uma leve tendência, porém não significativa, de serem mais produtivos. Considerando todas as condições ambientais prevaescentes no estudo, o ganho genético médio obtido foi de 82 kg/ha/ano, valor este maior em relação aos obtidos por Russel (1974) e Duvick (1977), haja vista a própria natureza genética de cada grupo e as práticas culturais modernas utilizadas para todos os grupos avaliados.

Da mesma forma que os trabalhos da literatura estrangeira ressaltaram algumas restrições para os resultados apresentados, convém destacar que, no presente estudo, alguns ensaios sofreram estresses ambientais (seca) e foram plantados com tecnologias experimentais respresentativas de agricultura mais tecnificada. Essas restrições, no entanto, não impedem que as estimativas obtidas deixem de refletir a dinâmica dos programas de melhoramento, tal como mostrado por Paterniani (1990). Conforme pode ser visto através da Tabela 7 e da representação na Figura 10,

as estimativas obtidas para peso de grãos dos híbridos e variedades (50,89 e 30,79 kg/ha/ano) se encontram dentro da amplitude de variação detectada para países de clima temperado anteriormente discutidos. Esses resultados adquirem mais confiabilidade quando são comparados com os dados do levantamento efetuado por Russel (1991) que evidenciaram ganhos genéticos totais variando de 39,61 kg/ha/ano a 73,12 kg/ha/ano os quais são correspondentes, respectivamente, aos períodos de 1930 a 1970 e de 1950 a 1980.

Embora sejam bastante escassos os relatos na literatura brasileira, os resultados apresentados por Vencovsky et al. (1986) mostraram progressos genéticos estimados para rendimento de espigas em híbridos variando de 21 a 98 kg/ha/ano, sendo esse valor equivalente a 2% ao ano em relação à média dos híbridos experimentais do ano agrícola de 1963/64. Apesar das diferenças entre as metodologias utilizadas, os resultados obtidos neste trabalho revelaram para peso de espigas ganhos de 61,07 kg/ha/ano para os híbridos e 58,30 kg/ha/ano para variedades, confirmando o sucesso dos melhoristas em selecionar para condições tropicais genótipos adaptados e cada vez mais produtivos.

De um modo geral, o aumento da produtividade de híbridos e variedades a partir da década de 70 dá uma boa indicação da evolução dos programas de melhoramento de milho no Brasil. Pode-se perceber que híbridos e variedades modernos foram mais produtivos, mas, o melhoramento também se deu para características de valor agrônômico (Tabela 5).

Sabendo-se que os resultados obtidos são representativos de diferentes condições ambientais (boas e más), os ganhos

genéticos revelados através das análises de regressão podem ser considerados bons e refletem a eficiência dos programas de melhoramento públicos e privados.

4.2 Caracteres da planta

4.2.1 Florescimento masculino

O melhoramento de milho tem sido dirigido principalmente para aumento da produtividade, e quase todos os resultados apresentados na literatura dão atenção secundária às demais características, a não ser em casos específicos para estimação de parâmetros genéticos (Hallauer e Miranda Filho, 1981). Quando são efetuadas estimativas para detecção da obtenção de ganhos genéticos em híbridos ou variedades no decorrer do tempo, o enfoque principal tem sido feito para produtividade (Russel, 1974; Duvick, 1977; Cardwell, 1982; Castleberry et al., 1984; Vencovsky et al., 1986, entre outros). Deve haver, no entanto, uma preocupação indireta para estabelecer prioridades no que diz respeito aos caracteres que devem ser alterados no sentido desejado, uma vez que outras características de valor agrônômico têm sido melhoradas.

Entre as características de valor agrônômico tem havido um crescente interesse em reduzir número de dias para o florescimento, altura de planta (AP) e altura de espiga (AE). A Tabela 5 mostra os valores médios obtidos para os grupos de variedades e híbridos representativos das décadas de 70, 80 e 90, podendo-se, também, verificar a boa precisão dos ensaios através

dos coeficientes de variação experimental obtidos da análise conjunta.

Averiguando a Tabela 6, observa-se, para florescimento masculino, a significância entre os grupos de tratamentos avaliados bem como para os efeitos lineares resultantes dos desdobramentos dos graus de liberdade entre décadas dentro dos grupos de híbridos e variedades. Observando a Tabela 5, percebe-se pouca diferença dentro dos grupos estudados, porém, entre os grupos é mais acentuada. No caso dos híbridos, cada década esteve representada por quatro materiais e houve variações individualizadas, sendo que estas diferenças foram suficientes para mostrar significância estatística entre os híbridos dentro de décadas. É interessante lembrar que, na década de 70 não foram encontrados dados de florescimento na rede de ensaios nacionais (EMBRAPA, 1970/71, 1972/73, 1975/76, entre outros), porém para a década de 80 (EMBRAPA, 1983/84) e década de 90 (EMBRAPA, 1993/94), os dados variaram, respectivamente, de 55 a 80 dias e de 60 a 85 dias. Estes dados, juntamente com a ressalva da pequena quantidade de híbridos representativos para cada década e o pouco número de locais para avaliação desse caráter, talvez possam explicar as discrepâncias observadas nos valores médios obtidos.

Apesar dos baixos valores encontrados para o coeficiente de regressão de cada grupo (Figura 4), verificou-se um pequeno aumento linear que foi confirmado através dos altos valores obtidos para os coeficientes de determinação (r^2). Esses valores são mostrados na Tabela 7, constatando-se que, em termos percentuais foram equivalentes a -0,07% e -0,05%, respectivamente, para o grupo

de híbrido e variedades. Pode-se verificar, de um modo geral, que a média geral dos híbridos foi 11,35% inferior à média das variedades, concordando com os resultados apresentados por Machado et al. (1976), Peixoto et al. (1976) e Pereira (1990).

Sabendo-se que os híbridos da década de 90 são classificados como precoces e superprecoces, esperava-se que houvesse forte redução no número de dias para florescimento em relação aos híbridos representativos das outras décadas. Acredita-se que se esta característica fosse mensurada em maior número de locais, os resultados obtidos seriam conforme o esperado, mesmo considerando as flutuações ambientais predominantes em climas tropicais.

4.2.2 Altura de planta e de espiga

No que diz respeito às características altura de planta (AP) e de espiga (AE), podem ser vistas na Tabela 5 as médias obtidas para híbridos e variedades dentro de cada década estudada bem como a média geral para os distintos grupos. Os coeficientes de variação experimental para AP e AE foram, respectivamente, 6,56% e 8,71% demonstrando a boa precisão dos ensaios.

Para o grupo de híbridos, verifica-se que a redução na AP de uma década para outra foi de 11,77 cm e 13,43 cm, enquanto que para AE essas reduções foram de 7,13 cm e 21,46 cm.

Para o grupo das variedades, observou-se, da década de 70 para 80, um aumento na AP de 13,44 cm e de 12,57 cm para AE, sendo que da década de 80 para 90 ocorreu uma redução na AP e AE de 41,7

cm e 44,99 cm, respectivamente. Pode-se ainda observar na Tabela 5 que a média geral dos híbridos em relação ao grupo de variedades foi 23,06 cm mais baixa para AP e 22,59 cm para AE.

Os resultados obtidos com a análise de variância conjunta são mostrados na Tabela 6 e evidenciam, tanto para altura de planta quanto para altura de espiga, significância estatística a 5% para todas as fontes de variação, exceção feita apenas para os efeitos quadráticos de AP resultante do desdobramento dos graus de liberdade entre décadas dentro do grupo de híbridos. Pode-se verificar também a significância entre híbridos dentro de décadas indicando a provável diferença entre os híbridos das companhias.

Nas Figuras 5 e 6 podem ser visualizadas as equações de regressão para ambas as características, notando-se que apenas para variedades as representações nas Figuras foram feitas obedecendo ao modelo quadrático, desde que se encaixaram de forma mais adequada. No entanto, convém ressaltar que, para o cálculo estimado do ganho genético utilizou-se o coeficiente b do modelo linear. Constatou-se, de qualquer maneira, a tendência linear de redução da AP e AE com o decorrer das décadas. Os coeficientes de determinação (r^2) obtidos evidenciaram um bom ajustamento dos dados à equação de regressão, exceção feita para as características AP e AE das variedades.

Conforme foi comentado anteriormente (Tabela 5), observou-se para variedades, na década de 80, que os valores médios para AP e AE foram mais altos que os obtidos na década de 70, explicando, talvez, o melhor ajustamento da equação de regressão no modelo quadrático. Procurando a razão desta discrepância,

constatou-se que isto pode ser esclarecido na própria origem e formação da variedade Maya, uma vez que Sawazaki (1980) relatou a introgressão de genes de três novas linhagens após onze ciclos de seleção. A ampliação da variabilidade genética foi suficientemente capaz de elevar a produtividade nos ciclos posteriores, mas acredita-se que, para a altura de planta e espiga, não tenha sido dada a atenção necessária.

O fato de que as variedades de milho têm sempre apresentado altura de planta e espiga mais altas que os híbridos é amplamente relatado na literatura (Ribeiral, 1976; Machado et al., 1976; Ghini et al., 1979; Hallauer e Miranda Filho, 1981; Pereira, 1990 e Carvalho et al., 1993) e está de acordo com as médias obtidas, tanto em comparação entre as décadas equivalentes quanto em comparação com a média geral dos híbridos e variedades. Um fato que chama a atenção é a comparação entre as décadas de 90 entre híbridos e variedades, pois pode-se constatar que as variedades reduziram bastante a AP e AE em relação às outras décadas, sem, contudo, diminuir a produtividade e obter ganhos para acamamento e quebramento. Esses ganhos podem ser atribuídos à introdução de novos germoplasmas tropicais de milho e posterior ênfase dada para o melhoramento intrapopulacional (Moro et al., 1981; Viana et al., 1982; Santos et al., 1992, 1994).

Os resultados aqui obtidos também mostraram as diferenças significativas encontradas entre os diferentes grupos e puderam ser confirmados através dos estudos da análise de regressão, cujos coeficientes b estimados para híbridos foram, respectivamente, $-1,26$ cm/planta/ano para AP e $-1,42$ cm/planta/ano para AE. Para

as variedades esses valores foram -1,41 cm/planta/ano para AP e -1,63 cm/planta/ano para AE. Esses ganhos genéticos são correspondentes a -0,49% e -0,95% para AP e AE dos híbridos, sendo que para variedades são correspondentes a -0,50% e -0,94%, respectivamente, para AP e AE.

Todas as evidências reveladas neste estudo possibilitaram mostrar claramente que os programas de melhoramento têm sido eficientes também na melhoria destes caracteres de valor agrônômico.

4.2.3 Acamamento e quebramento

A produtividade é, sem dúvida alguma, o caráter que tem merecido mais atenção em qualquer programa de melhoramento. Essa tendência continua, porém os melhoristas têm acompanhado o avanço tecnológico e vêm dedicando, nos últimos tempos, um esforço crescente no sentido de selecionar materiais com caracteres especiais para atender à demanda dos produtores. Entre esses caracteres, alguns já foram mencionados e estão sempre associados a outros de valor agrônômico e econômico.

O acamamento e quebramento têm se destacado neste cenário, porém raros são os dados da literatura que mostram análises estatísticas que possam detectar significância ou que mostram, de maneira direta ou indireta, os ganhos obtidos com estes caracteres.

No presente trabalho procurou-se fazer uma análise geral sem transformação de dados, com o objetivo de se conhecer um pouco sobre o que tem ocorrido com acamamento (AC) e quebramento (PQ) em diferentes décadas.

Observando os valores médios dentro do grupo de híbridos, verifica-se na Tabela 5 que da década de 70 para a década de 90 houve uma diminuição no número de AC e PQ ao redor de 66% e 44%, respectivamente. Quando esta comparação é feita dentro do grupo de variedades, a redução fica ao redor de 58% para AC e de 42% para PQ. Em relação à média geral dos híbridos e variedades, percebe-se que as variedades tiveram 45% e 32,7% a mais de plantas acamadas e quebradas. Reduções percentuais altas também foram relatadas por Pereira (1990) quando comparou híbridos versus variedades e observou um maior índice de acamamento em variedades.

Convém destacar que os coeficientes de variação experimental obtidos da análise conjunta (Tabela 5) foram bastante altos, principalmente para AC (141,84%) e mais baixos para PQ (78,59%). Resultados similares ou mais altos foram relatados por Gama et al. (1992) e Guimarães et al. (1992) quando também não realizaram a transformação de dados.

Mesmo em se considerando as restrições de confiabilidade dos resultados em função dos coeficientes de variação, a Tabela 6 mostra a significância encontrada para AC e PQ entre tratamentos e seu desdobramento dos graus de liberdade entre grupos e entre décadas dentro de grupos, evidenciando, desta forma, as diferenças entre os híbridos e variedades e entre as décadas de 70, 80 e 90.

Quando foi efetuado o desdobramento entre décadas dentro de grupos, constatou-se significância para os efeitos lineares e confirmou-se a tendência de diminuição do número de plantas acamadas e quebradas à medida que os materiais evoluíram da década de 70 para 90.

Esses resultados podem ser melhor vistos através das Figuras 7 e 8 e mostram, por outro lado, alguma confiabilidade em decorrência do bom ajustamento dos dados à equação de regressão.

Os coeficientes de regressão estimados (b) para AC dos híbridos e variedades foram, respectivamente, $-0,0258$ pl/ano e $-0,111$ pl/ano, equivalendo a um ganho genético percentual de $-2,20\%$ e $-4,37\%$. Para o número de plantas quebradas, a estimativa do coeficiente (b) para híbridos foi de $-0,15$ pl/ano e de $-0,21$ pl/ano para variedades, correspondendo a ganhos genéticos de $-2,85\%$ e $-2,94\%$, respectivamente.

Esses ganhos genéticos estimados e as médias observadas deixam transparecer que o melhoramento para AC e PQ foi eficiente através das décadas, podendo-se também acreditar que à medida em que se foi reduzindo a altura da planta e espiga (Tabela 5), conseguiu-se um progresso para a redução no acamamento e quebramento. Nesse sentido, há resultados experimentais confirmando que há correlação positiva entre altura de planta e espiga com acamamento (Rissi et al., 1976; Paterniani, 1980; Pereira, 1990). Os próprios resultados da rede de ensaios nacionais (EMBRAPA, 1983/84 e 1993/94) mostram que, em média, os híbridos mais modernos têm menores alturas de plantas e espigas e apresentam maior tolerância ao acamamento e quebramento.

Essas alterações que vêm ocorrendo ao longo do tempo são de grande interesse, pois, além de retratar a dinâmica dos programas de melhoramento, possibilitam o uso de um maior número de plantas/ha, menor perda nas colheitas mecanizadas e, conseqüentemente, aumento da produtividade.

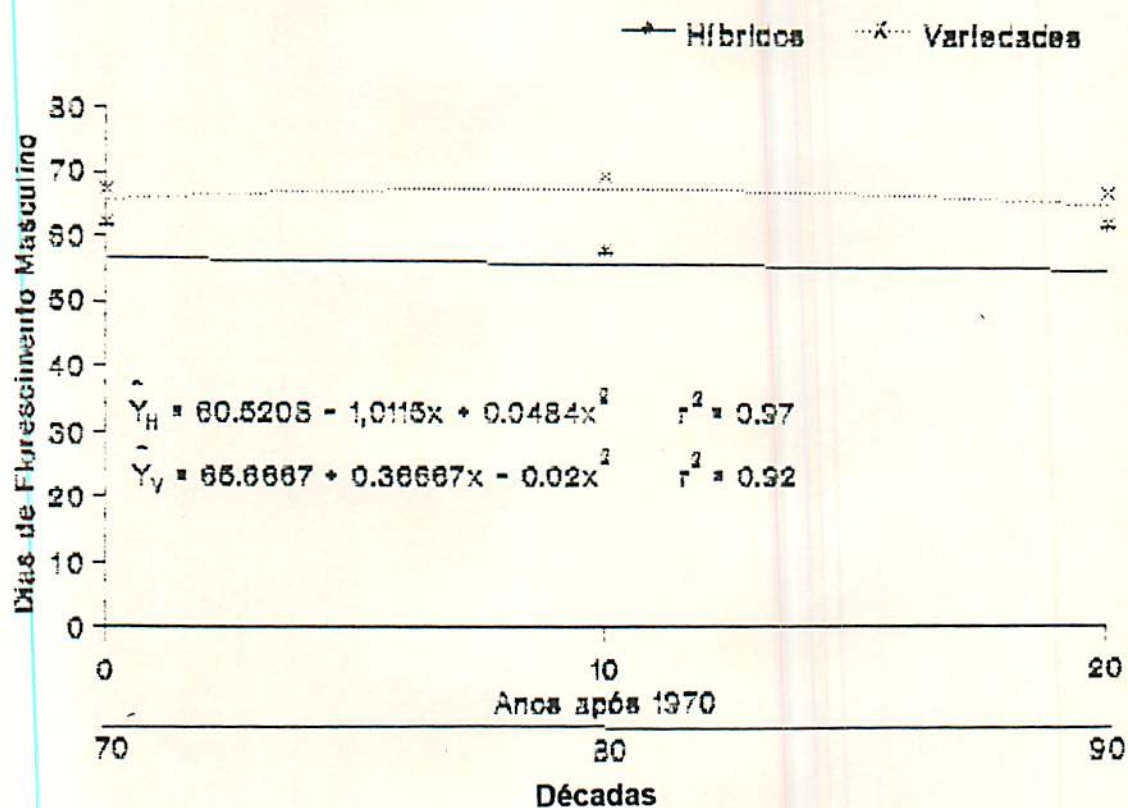


FIGURA 4 - Número de dias para o caráter florescimento masculino de híbridos e variedades de milho (dias) representativos de três décadas de melhoramento avaliado em quatro ambientes no ano agrícola 93/94.

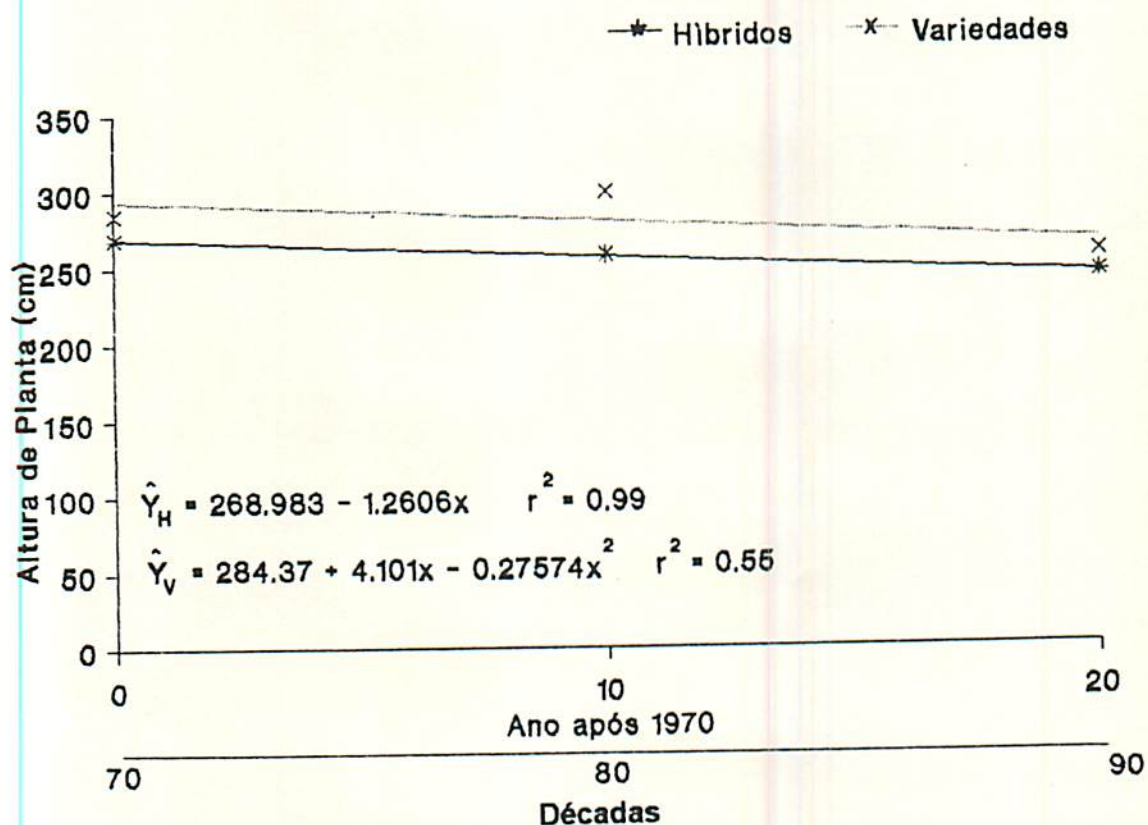


FIGURA 5 - Análise de regressão para o caráter altura de plantas de híbridos e variedades de milho (cm) representativos de três décadas de melhoramento avaliado em nove ambientes no ano agrícola 93/94.

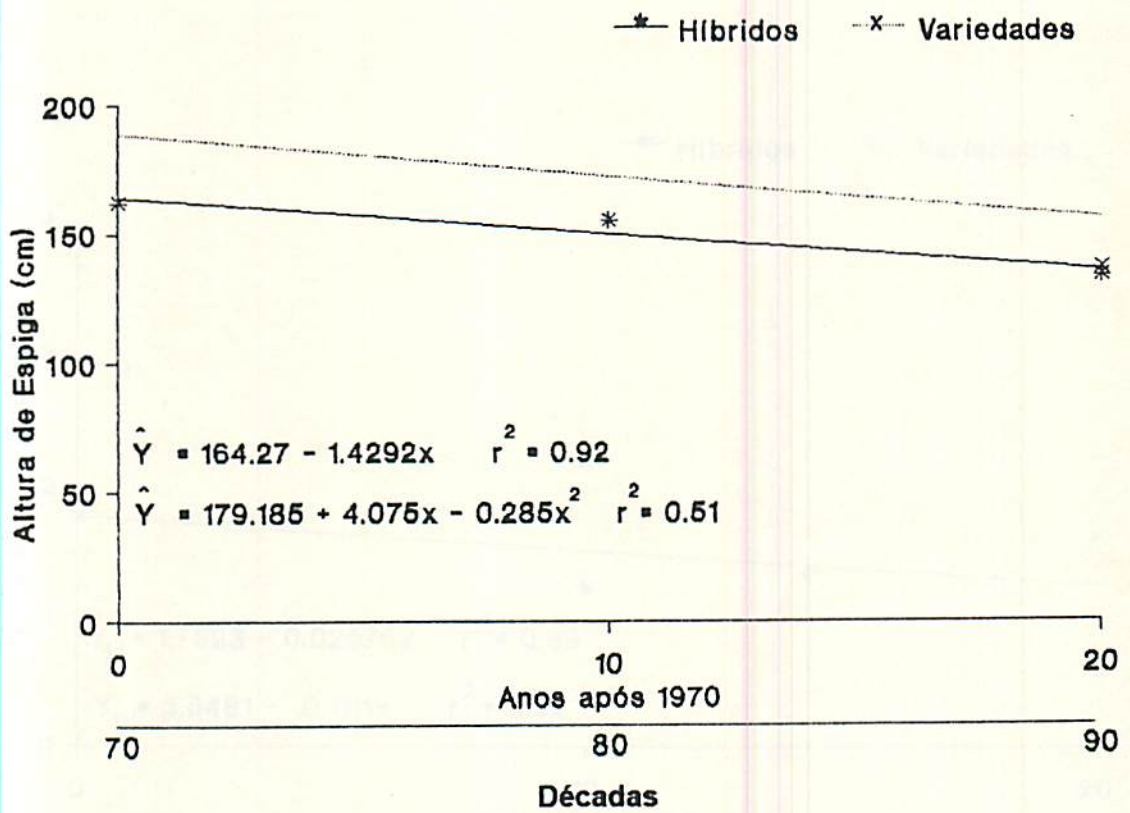


FIGURA 6 - Representação de altura de espiga de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em nove ambientes no ano agrícola 93/94.

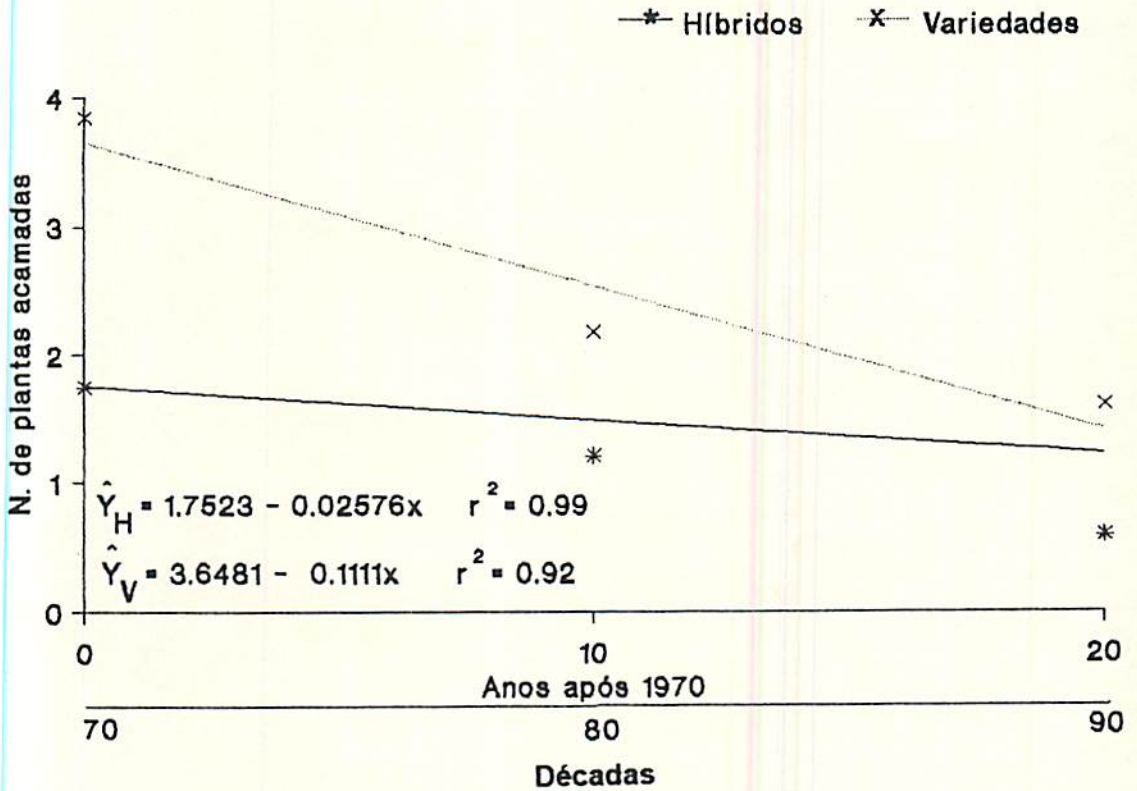


FIGURA 7 - Representação do número de plantas acamadas de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em seis ambientes no ano agrícola 93/94.

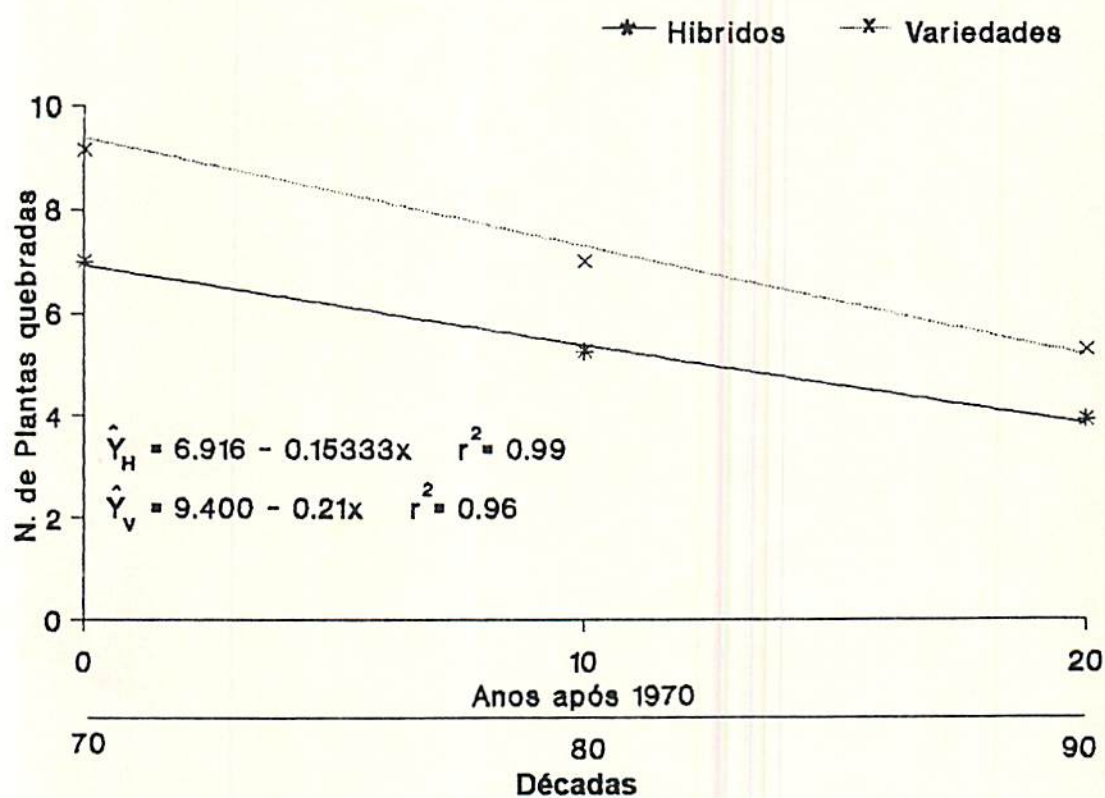


FIGURA 8 - Representação do número de plantas quebradas de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em dez ambientes no ano agrícola 93/94.

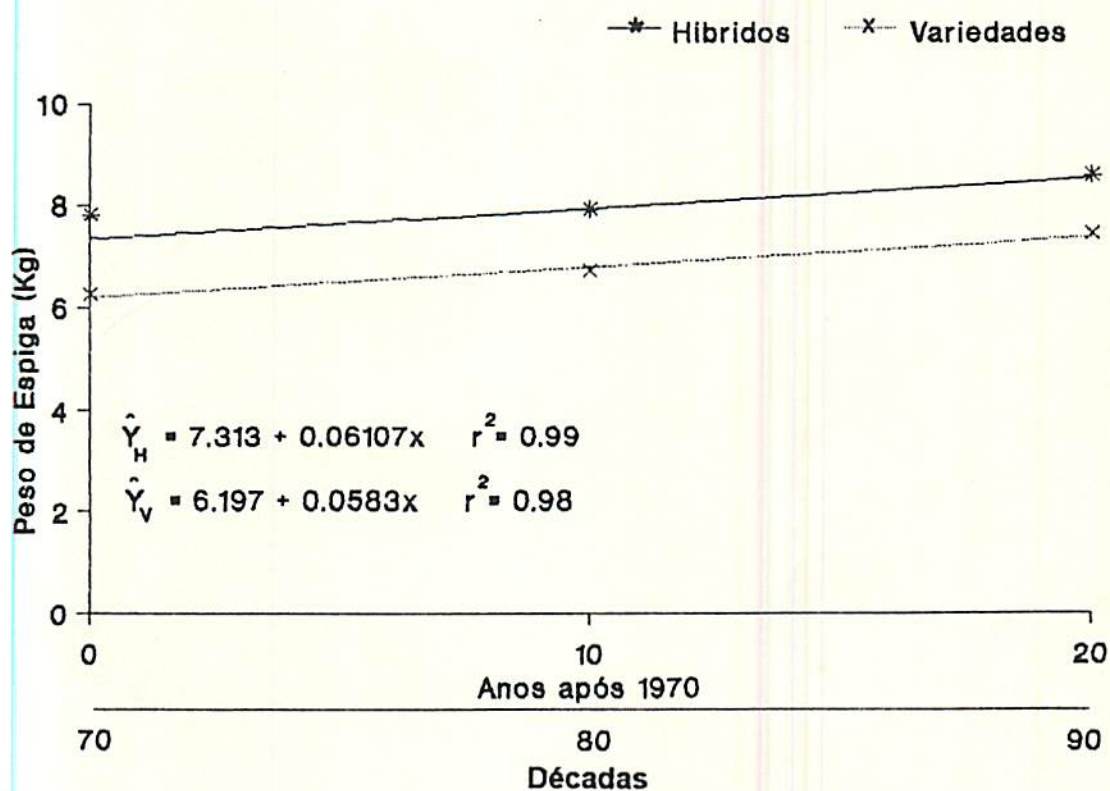


FIGURA 9 - Análise de regressão para o caráter peso de espiga de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em dez ambientes no ano agrícola 93/94.

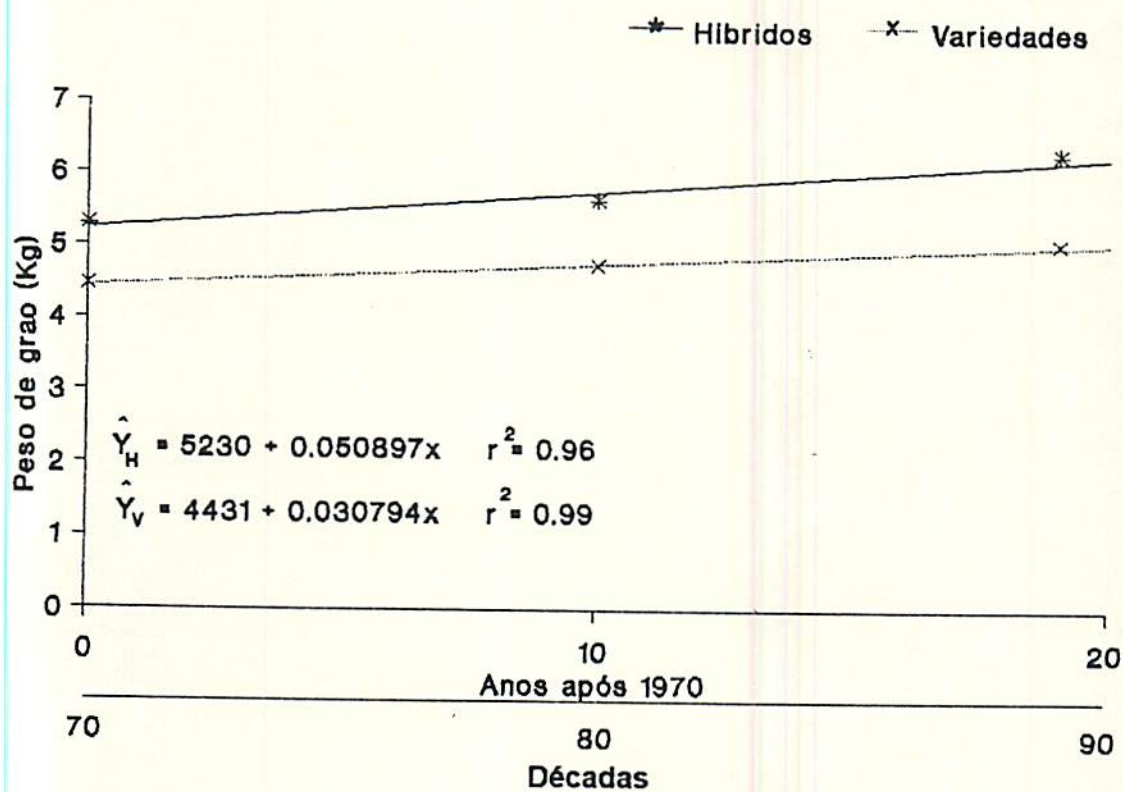


FIGURA 10 - Análise de regressão para o caráter peso de grão de híbridos e variedades de milho representativos de três décadas de melhoramento avaliado em seis ambientes no ano agrícola 93/94.

5 CONCLUSÕES

1 - Os grupos de híbridos e variedades de milho representativos das décadas de 70, 80 e 90 mostraram, através dos coeficientes de regressão (b), uma tendência linear significativa para aumento da produtividade, estimando-se um ganho genético para peso de espigas e peso de grãos de 61,07 kg/ha/ano e 50,89 kg/ha/ano, enquanto que, para variedades, esses valores foram, respectivamente, de 58,30 kg/ha/ano e 30,70 kg/ha/ano. Em termos percentuais esses valores são correspondentes a 0,75% e 0,89% por ano para peso de espigas e peso de grãos dos híbridos, sendo que para variedades correspondem a 0,85% e 0,65% ao ano.

2 - Observaram-se, entre os grupos de híbridos e variedades, diferenças significativas para todos os caracteres avaliados, averiguando-se também essa significância para os efeitos lineares entre as décadas dentro dos grupos, exceção feita apenas para peso de grãos das variedades.

3 - Constatou-se que dentro de cada década, houve diferenças significativas entre os híbridos para todos os caracteres avaliados, exceto para peso de grãos e número de plantas acamadas.

4 - Os valores médios obtidos e a significância encontrada para os coeficientes de regressão mostraram a tendência

linear dos híbridos e variedades das décadas mais recentes apresentarem menor altura de planta e espiga com diminuição gradativa nos caracteres acamamento e quebramento sem haver, contudo, redução na produtividade. Para florescimento masculino os híbridos apresentaram médias mais baixas que as variedades sendo verificadas também diferenças significativas entre os grupos.

5 - A quantificação do progresso genético, medida através dos coeficientes de regressão, mostrou que as alterações ocorridas ao longo das décadas estudadas foram benéficas para todos os caracteres avaliados, indicando que os programas de melhoramento de milho têm sido tão eficientes no desenvolvimento de genótipos adaptados às condições ambientais brasileiras quanto os programas de clima temperado.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.1, p.105-112, jan. 1994.
- ADAMS, M.W.; SHANK, D.B. The relationship of heterozigosity to homeostasis in maize hibrids. *Genetics*, Baltimore, v.44, p.777-786, 1959.
- ALLARD, R.W. *Princípios de la mejora genetica de plantas*. Barcelona: Omega, 1967. 468p.
- CARDWELL, V.B. Fifty years of Minnesota corns production: Sources of yield increase. *Agronomy Journal*, Madison, v.74, n.6, p.984-990, Nov. 1982.
- CARVALHO, H.W.L.; SANTOS, M.X.; GAMA, E.E.G. BR-5033-Asa Branca: um milho para o semi-árido. EMBRAPA: Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, Sete Lagoas, 1993. p.5.

- CASTLEBERRY, R.M.; CRUM, C.W.; KRULL, C.F. Genetic yield improvement of U.S. maize cultivars under varying fertility climatic environments. *Crop Science*, Madison, v.24, n.1, p.33-36, jan. 1984.
- COELHO, A.M.; MORAIS, A.R.; GAMA, E.E.G.; SILVA, B.G.; CORNÉLIO, W.M. Estimativa da estabilidade de produção em cultivares de milho para o Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.23, n.9, p.1015-1024, 1988.
- DRUMMOND, G.A. Melhoramento de milho na Agroceres. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE MILHO, 6, Piracicaba, 1965. *Anais...* Piracicaba: USP, 1965. p.12-13.
- DERIEUX, M.; DARRIGAND, M.; GALLAIS, A.; BARRIERE, Y.; BLOC, O.; MONTALANT, Y. Estimation du progies génétique réalise chez le mais grain en France entre 1950 et 1985. *Agronomie*, Versailles, n.7, p.1-11, 1987.
- DUVICK, D.N. Genetic rates of gain in hybrids maize yields during the past 40 years. *Maydica*, Bergamo, v.22, p.187-196, 1977.
- DUVICK, D.N. Progress in convencional plant breeding. In: GUSTAFSON, J.P. *Gene manipulation in plant improvement*. New York: Planum Press, 1984, p.17-31. (16^o Stadler Genetics Symposium).

- DUVICK, D.N. Genetic contributions to advances in yield of U.S. maize. *Maydica*, Bergamo, v.36, 1991. (In press).
- DUVICK, D.N. Maize breeding: past, present, and future. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 20, Goiânia, 1994. *Anais...* Goiânia: s.ed., 1994. p.1-19. (No prelo).
- DUVICK, D.N. Genetic contributions to yield gains of U.S. hybrid maize, 1930 to 1980. In: FEHR, W.R. Genetic contributions to yield gains of five major crop plants. Spec. Publ. n.7, p.15-43. *Crop Sci. Soc. Am.*, Madison, 1984.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, W.A. Yield and stability for a 10-line diallel of single cross and double cross maize hybrids. *Crop Science*, Madison, v.9, n.1, p.357-361, Jan. 1969.
- EBERHART, S.A.; RUSSELL, N.A.; PENNY, L.H. Double cross hybrid prediction in maize when epistasis is present. *Crop Science*, Madison, v.4, p.363-366, 1964.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. *Ensaio Nacional de Milho, resultados do ano agrícola 1973/74*. Sete Lagoas, sd.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. *Ensaio Nacional de Milho, resultados do ano agrícola 1970/71*. Sete Lagoas, sd.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Ensaio Nacional de Milho, resultados do ano agrícola 1993/94.** Sete Lagoas, sd.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Ensaio Nacional de Milho, resultados do ano agrícola 1983/84.** Sete Lagoas, sd.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. **Ensaio Nacional de Milho, resultados do ano agrícola 1976/76.** Sete Lagoas, sd.
- FAKOREDE, M.A.B. & OPEKKE, B.O. Environmental indices for the analysis of genotype x environment interaction in maize. *Maydica*, Bergamo, v.31, p.233-243, 1986.
- FERNANDES, J.S.C. **Estabilidade ambiental de cultivares de milho (*Zea mays* L.) na Região Centro-Sul do Brasil.** Piracicaba: ESALQ, 1988. 94p. (Tese de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- FUNK, C.R.; ANDERSON, J.C. Performance of mixture of yield corn hybrids. *Crop Science*, Madison, v.4, p.353-356, July 1968.

- GAINI, R.; MIRANDA FILHO, J.B. Herdabilidade da altura da planta e da espiga no segundo ciclo de seleção da população ESALQ PB1 de milho. In: —. Relatório Científico nº 13. Piracicaba, ESALQ, p.130-139.
- GAMA, E.E.G. et al. Avaliação de híbridos de milho de ciclo superprecoce. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, período 1988/1991. Sete Lagoas, 1992. p.155-156.
- GUIMARÃES, P.E.O. et al. Seleção entre e dentro de famílias de meios-irmãos na população de milho BR 451. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo, período 1988/1991. Sete Lagoas, 1992. p. 168.
- HALLAUER, A.R.; MIRANDA FILHO, J.B. Quantitative genetics in maize breeding. Ames: Iowa State University Press, 1981. 468p.
- JONES, D.F. The effects of inbreeding and cross-breeding upon development. Conn. Agric. Exp. Stn. Bull., 1918, n.207.
- MACHADO, J.A.; ZINSLY, J.R.; PATERNIANI, E. Avaliação de cultivares de milho (*Zea mays* L.) de porte baixo. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 11, Piracicaba, 1976. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 1976. p.39-46.

- MENEZES, O.B. de. O milho híbrido. Rio de Janeiro, s.ed., 1952. 38p. (Informações Agrícolas).
- MIRANDA, L.T. Híbridos e variedades. In: Instituto Brasileiro da Potassa. Cultura e Adubação do Milho, São Paulo, 1966. p.154-173.
- MORO, J.R.; NASPOLINI FILHO, V.; VIANA, R.T.; GAMA, E.E.G. Introdução de novos germoplasmas de milho no Brasil. Pesquisa Agropecuária Brasileira, Brasília, v.16, n.6, p.867-882, 1981.
- NASPOLINI FILHO, V. Variabilidade fenotípica e estabilidade em híbridos simples, híbridos duplos, variedades e compostos de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba: ESALQ, 1975. 68p. (Tese de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- PATERNIANI, E. Avaliação de cultivares de milho braquítico. Relatório Científico do IGEM, Piracicaba, v.14, p.61-68, 1980.
- PATERNIANI, E. State of maize breeding tropical areas of South America. In: BRANDOLINI, A. & SALAMINI, F., ed. Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. Firenze: FAO/Instituto Agronômico per L'Oltremare, 1985. p.329-40.
- PATERNIANI, E. Maize in the tropic. In: ——. Critical Reviews in Plant Sciences II. Boca Raton: CRC Press, 1990. p.129-154.

- PEIXOTO, T.C.; LOSCHIAVO, L.A.N.; PATERNIANI, E. O efeito da introdução de poligenes para a redução do porte das plantas de milho (*Zea mays* L.). In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 11, Piracicaba, 1976. Anais... Piracicaba, ESALQ/USP, 1976. p.161-170.
- PEREIRA, R.S.B. Caracteres correlacionados com a produção e suas alterações no melhoramento genético do milho. ESALQ/USP: Piracicaba, 1990. 176p. (Tese Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. 11.ed. Piracicaba: Nobel, 1985. 466p.
- RIBEIRAL, U.C. Efeito do gene braquítico-2 na produtividade e outras características fenotípicas de híbridos de milho. In: Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, 11, Piracicaba, 1976. Anais... Piracicaba: ESALQ/USP, 1976. p.115-120.
- RISSI, R.; VIÉGAS, G.P.; PATERNIANI, E.; MIRANDA FILHO, J.B. Comportamento de híbridos de milho (*Zea mays* L.) de porte baixo, em duas densidades de plantio e em quatro locais. Relatório Científico do IGEN, Piracicaba, v.10, p.186-196, 1976.

- RODRIGUES, J.A.S. **Progresso genético e potencial de uso da cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* L. Moench) no Brasil.** Piracicaba: ESALQ, 1990. 171p. (Tese-Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- ROSBACO, V.F.; BABBONI, E.S. **Homeostasis en híbridos simples, híbridos dobles y variedades de maiz. Série Técnica Estacion Experimental Agropecuária Paraná, Argentina, v.24, p.16, 1968.**
- RUSSELL, W.A. **Comparative performance for maize hybrids representing different eras of maize breeding. Proceedings Corn Sorghum Research Conference, Bergamo, v.29, p.81-101, 1974.**
- RUSSELL, W.A. **Agronomic performance of maize cultivars representing different eras of maize breeding. Maydica, Bergamo, v.29, p.375-390, 1984.**
- RUSSELL, W.A. **Genetic improvement of maize yields. Advances in Agronomy, Ames, v.46, p.245-299, 1991.**
- RUSSEL, W.R.; EBERHART, S.A. **Testcrosses of one and two-ear types of corn belt maize hybrids. II. Stability of performance in different environments. Crop Science, Madison, v.8, p.248-51, May 1968.**

- SANTOS, M.X.; PACHECO, C.A.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; GAMA, E.E.G.; SILVA, A.E.; OLIVEIRA, A.C. Diallel among twenty-eight varieties of maize. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v.17, n.3, p.277-282, 1994.
- SANTOS, M.X.; PACHECO, C.A.P.; GUIMARÃES, P.E.O.; SILVA, A.E.; PARENTONI, S.N. Seleção recorrente recíproca com progênies de meios-irmãos interpopulacionais obtidas alternadamente em plantas não endógamas (S_0) e endógamas (S_1). In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo. *Relatório Técnico Anual do Centro Nacional de Milho e Sorgo, período 1992-1993*. Sete Lagoas, 1994. v.6, p.194.
- SAWASAKI, T. *Melhoramento da cultivar IAC Maya*. Campinas, Fundação Cargill, 1980. 79p.
- SCHNELL, F.W. Type of variety and average performance in hybrid maize. Viena, Study Meet. Europ. Assoc. Ann. Proc. Gen. Comm., 1973.
- SHULL, G.H. The composition of a field of maize. *Rep. Am. Breeders' Assoc. Rep.*, Washington, v.4, p.296-301, 1909.
- SOARES, A.A.; RAMALHO, M.A.P.; SOUZA, A.F. Estimativa do progresso genético obtido pelo programa de melhoramento de arroz irrigado da EPAMIG na época de oitenta. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.1, p.96-104, jan. 1994.

- SOARES, A.A. Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado na década de oitenta em Minas Gerais. Lavras: ESAL, 1992. 188p. (Tese - Doutorado em Fitotecnia).
- SOUZA JÚNIOR, C.L. Análise de cruzamentos dialélicos e predição de compostos de milho braquítico. ESALQ, Piracicaba, 1981. 101p. (Tese de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas).
- SPRAGUE, G.F.; FEDERER, W.T. A comparison of variance components in corn yield trials. II. Error, year x variety, location x variety and variety components. *Journal of the American Society of Agronomy*, Washington, v.43, p.535-541, 1951.
- TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A. de; KIIHL, R.A. de S.; MENOSSO, O.G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.1, p.89-94, jan. 1990.
- TOLLENAAR, M. Genetic improvement in grain yield of commercial maize hybrids grown in Ontario from 1959 to 1988. *Crop Science*, Madison, v.29, n.6, p.1365-1371, Nov./Dec. 1989.
- VIANA, R.T.; GAMA, E.E.G.; NASPOLINI FILHO, V. Cultivares de milho para o Brasil. *A Lavoura*, v.86, n.6, p.46-48, set./out. 1984.

- VIANA, R.T.; GAMA, E.E.G.; NASPOLINI FILHO, V.; MORO, J.R.; VENCovsky, R. Inbreeding depression of several introduced populations of maize. *Maydica*, Bergamo, n.27, p.151-157, 1982.
- VIÉGAS, G.P. *Melhoramento do milho para condições adversas*. Campinas: Fundação Cargill, 1989. 43p.
- VIÉGAS, G.P.; MIRANDA FILHO, J.B. Milho híbrido. In: PATERNIANI, E.; VIÉGAS, G.P. (ed.). *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.1, cap.7, p.275-340.
- VENCovsky, R.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Progresso genético em vinte anos de melhoramento de milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16, Belo Horizonte, 1986. *Anais...* Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1988. p.300-307.
- WEATHERSPOON, J.H. Comparative yield of single, three-way, and double crosses of maize. *Crop Science*, Madison, v.10, n.2, p.157-159, 1970. p.157-159.
- WILCOX, J.R.; SCHAPAUGH JÚNIOR, W.T.; BERNARD, R.L.; COOPER, R.L.; FEHR, W.R.; NEIHAUS, M.H. Genetic improvement of soybeans in the midwest. *Crop Science*, Madison, v.19, n.4, p.803-805, July 1979.
- WYCH, R.D. Production of hybrid and corn. In: SPRAGUE, G.F. & DUDLEY, J.W. *Corn and corn improvement*. Madison: Wisconsin, 1988. 565-638p.