SELEÇÃO RECORRENTE INTRAPOPULACIONAL EM GIRASSOL

JOSÉ MIGUEL SILVEIRA

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia - Área de Concentração - Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio de 1988

633.39 Silveira, José Miguel
S587s Seleção recorrente intrapopulacional em girassol
(*Helianthus annuus* L.). Piracicaba, 1988.
93p. ilus.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia

1. Girassol - Melhoramento. 2. Girassol - Muta-
ção induzida. 3. Girassol - Seleção. I. Escola
Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piraci-
caba.

SELEÇÃO RECORRENTE INTRAPOPULACIONAL EM GIRASSOL
(*Helianthus annuus* L.)

José Miguel Silveira

Aprovado em: 09.08.1988

Comissão julgadora:

Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO	ESALQ/USP
Prof. Dr. PAULO SODERO MARTINS	ESALQ/USP
Dr. JOSÉ FRANCISCO FERRAZ DE TOLEDO	EMBRAPA/CNPSo

Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO
Orientador

Aos meus pais
e irmãos,

OFEREÇO.

A minha esposa
e filho

DEDICO.

MENSAGEM

A existência na Terra é um livro que estás escrevendo. Cada dia é uma página e cada hora é uma afirmação de tua personalidade, através das pessoas e das situações que te buscam.

Faze uma área de amor ao redor do próprio coração, porque só o amor é suficientemente forte e sábio para orientar-te a escritura individual, convertendo-a em compêndio de auxílio e esperança para quantos te seguem os passos.

Vive, pois, com Jesus, na intimidade do coração, não te afaste dEle em tuas ações de cada dia e o livro de tua vida converter-se-á num poema de felicidade e num tesouro de bênçãos.

Emmanuel

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho, pela orientação e amizade;
- Aos amigos Antonio Garcia, Celso de Almeida Gaudêncio, Ana Paula Ayres Bordin, Estefano Paludzyszyn Filho, Carlos Silva Martins e Rosângela Maria Pinto Moreira pela colaboração prestada durante a condução deste estudo;
- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, particularmente ao Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSo, pela cessão de área experimental e pessoal de apoio para a execução de parte deste trabalho;
- Aos amigos Paulo Marçal Fernandes, Eliane Dias Quintela e Walter Fernandes Meirelles pelo convívio diário durante o curso;
- Aos colegas de curso, em especial a Marcos e Áurea Kamikoga, Ana Lucia Cruz dos Santos, João Antonio da Costa Andrade, Maria Helena Fungaro, Manoel Carlos Bassoi, Sandrimir de Carvalho e Tania Marta C. dos Santos pela estima e amizade compartilhada;
- Aos Professores do Curso de Genética e Melhoramento de Plantas, da ESALQ/USP, em especial ao Prof. Isaias Olivio Geraldi pelas sugestões e contribuições durante a realização do curso;
- Aos Funcionários do Departamento e Instituto de Genética da ESALQ/USP, pela dedicação durante os trabalhos realizados;

- A Associação Desportiva UNIMEP através do seu Departamento de Basquetebol pelos momentos de felicidade, aprendizado e ternura oferecidos;
- À Organização das Cooperativas do Estado do Paraná - OCEPAR, em especial a Ivo Marcos Carraro, pela colaboração durante a fase final de elaboração da dissertação;
- Ao amigo Nelson da Silva Fonseca Junior pelo auxílio na área de estatística e análise de dados;
- Ao Centro de Informática na Agricultura - CIAGRI, da ESALQ/USP, em especial a Sérgio R. Sigríst, pelos conhecimentos repassados, os quais possibilitaram a utilização de processadores de texto;
- Ao Sr. Jorge Luiz Diorio, pela datilografia dos manuscritos;
- Aos demais que, embora não mencionados, contribuíram para a realização deste estudo,

Meus agradecimentos.

ÍNDICE

	Página
RESUMO	ix
SUMMARY	xi
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
2.1. Aspectos gerais da cultura	03
2.2. Seleção e parâmetros genéticos	05
2.3. Utilização de mutação induzida em girassol (<i>H. annuus</i> L.)	14
3. MATERIAL E MÉTODOS	21
3.1. Material	21
3.1.1. Procedência da população	21
3.1.2. Subpopulações	21
3.1.3. Testemunhas	21
3.2. Métodos	22
3.2.1. Metodologia de melhoramento utiliza da	22
3.2.2. Desenvolvimento dos lotes isolados e obtenção das progênes de meios irmãos	22
3.2.3. Execução experimental e coleta de dados	23
3.2.4. Análise estatístico genética	25
3.2.4.1. Análise de variância e es- timativas dos parâmetros genéticos	25
3.2.4.2. Análise de covariância e estimativas dos parâmetros genéticos	30
3.2.4.3. Histogramas das distribui- ções de médias	35

	Página
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	36
4.1. Valores médios	36
4.2. Estimativas de variâncias e covariâncias ..	44
4.3. Correlação entre caracteres	49
4.4. Progresso esperado com seleção	52
4.5. Correção dos caracteres de produção	55
5. CONCLUSÕES	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
TABELAS	71
FIGURAS	88

SELEÇÃO RECORRENTE INTRAPOPULACIONAL EM GIRASSOL*(Helianthus annuus L.)*

Autor: JOSÉ MIGUEL SILVEIRA

Orientador: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi estudar uma população de girassol (*Helianthus annuus* L.), subdividida em duas subpopulações (controle e irradiada), através da utilização de metodologias de seleção recorrente intrapopulacional com famílias de meios irmãos com recombinação de sementes remanescentes.

Estimativas de parâmetros genéticos dos caracteres avaliados (PC - peso de capítulo; PA - peso de aquênios; AP - altura de planta; AC - altura de capítulo e DC - diâmetro de capítulo) bem como avaliações comparativas entre o material irradiado e o não-irradiado são enfocadas com base no comportamento das progênes, com vista, principalmente, a um aumento de produtividade.

Foram conduzidos seis experimentos em um delineamento experimental em lâtes simples 10 x 10 (três experimentos para cada subpopulação A e B), com duas repetições por local, em um local (Londrina, PR), no ano agrícola de 1985. Como padrões foram utilizados os híbridos Contisol e Conti-112.

A partir das análises de variância e covariância obtiveram-se estimativas da média e outros parâmetros genéticos que foram estudados comparativamente entre as subpopulações controle e irradiada. As estimativas da variância genética aditiva reportaram valores superiores de 214,403 e 94,973 (g/planta)² para a subpopulação B em relação à 182,986 e 70,708 (g/planta)² da subpopulação A, para PC e PA, respec

tivamente. Observou-se a mesma tendência para os demais caracteres. Os coeficientes de herdabilidade apresentaram estimativas mais baixas para o diâmetro de capítulo: 45,22 e 42,27%, respectivamente, em ambas subpopulações A e B. Os demais caracteres expressaram estimativas mais elevadas tendo a altura de planta evidenciado valores superiores de 67,62 e 63,81% para o material controle e irradiado.

Para os caracteres estudados verificou-se a presença de uma maior variabilidade genética livre na subpopulação B irradiada em relação à controle, comprovada pelos valores dos coeficientes de variação genética apresentados. Pelos índices de variação reportados a altura de planta é o caráter que apresenta a maior probabilidade de obtenção de sucesso pela aplicação de seleção e numa situação inversa, dado aos baixos índices obtidos, têm-se o diâmetro de capítulo.

Os ganhos genéticos esperados foram semelhantes em ambas subpopulações A e B. Isto é resultante da presença de uma média geral maior e uma variabilidade genética menor no material controle em relação ao material submetido à radiação ionizante.

Fortes correlações genéticas aditiva e fenotípica foram verificadas entre PC x PA, AP x AC e PC x DC; as mais fracas associações expressaram-se entre AP x DC, AC x DC e PA x DC, em ambas subpopulações. Os valores de resposta correlacionada obtidos reportam que o caráter peso de aquênios apresenta possibilidades de melhoramento indireto através da seleção para peso de capítulo.

INTRA-POPULATION RECURRENT SELECTION IN SUNFLOWER
(*Helianthus annuus* L.)

Author: JOSÉ MIGUEL SILVEIRA

Adviser: Prof. Dr. JOSÉ BRANCO DE MIRANDA FILHO

SUMMARY

The objective of the present work was the study of an open-pollinated population of sunflower (*Helianthus annuus* L.) subdivided into two subpopulations (A-control and B-irradiated), by using the methodology of intra-population recurrent selection based on half-sib families. Three - hundred half-sib families of each subpopulation were evaluated in three simple lattice experiments at one location. The commercial hybrids Contisol and Conti-112 were used as checks. The following traits were studied: capitulum weight (PC), achene weight (PA), plant height (AP), capitulum height (AC), and capitulum diameter (DC). Several genetic parameters were estimated and comparisons were made between the subpopulations.

The estimates of the additive genetic variance for PC and PA were 214.40 and 94.97 (g/pl)² in the subpopulation B, and 182.99 and 70.71 (g/pl)² in the subpopulation A, respectively. For the other traits, the same tendency was observed, i.e., higher estimates for the subpopulation B, this showing that irradiation cause a slight increase in variability. The lower coefficients of heritability were for DC: 45.22 and 42.27% (progeny mean bases) in subpopulation A and B, respectively; the higher estimates were for AP: 67.62 and 63.81%, respectively. The index of variation (CVg/CVe) showed relatively high values for all traits, thus

showing ample opportunity for selection in both subpopulations.

The expected gain for achene weight was higher for the subpopulation B, but the improved population would show a similar yield because the higher mean of the unimproved A subpopulation. Additive and phenotypic correlation showed to be high and positive for combination of traits in both subpopulation. The higher additive correlation was showed by $PC \times PA$, and indirect selection in capitulum weight to improve achene weight seems to be effective.

1. INTRODUÇÃO

O girassol (*Helianthus annuus* L.) pertence a família Compositae. Possui flores hermafroditas onde em geral ocorre autoincompatibilidade. É predominantemente alógama embora haja alguns genótipos que apresentem porcentagens expressivas de autofecundação ou autocompatibilidade. A inflorescência é do tipo capítulo.

Planta pertencente ao grupo das oleaginosas, o girassol tem no seu óleo uma de suas principais características. Além de ser um dos mais nobres existentes apresenta algumas qualidades culinárias e terapêuticas especiais. A planta pode ser usada em processos de silagem animal, neste caso em adição ao volumoso de milho, e em sistemas de manejo de solo visando principalmente a descompactação das camadas superficiais do mesmo.

Atualmente a área plantada com a cultura no Brasil é de 25 a 40.000 hectares espalhados em pequenos plantios nas regiões Centro, Sudeste e Sul. O estado do Rio Grande do Sul é a principal região produtora com uma expectativa de expansão devido aos bons resultados da pesquisa.

As pesquisas com girassol no Brasil se iniciaram no ano de 1981 e abrangeram 16 instituições em 6 estados; na área de melhoramento de plantas várias prioridades foram estabelecidas e entre elas a introdução, avaliação e formação de populações como material básico para obtenção de variedades melhoradas e como fonte de linhagens. Devido a necessidade inicial de obtenção de germoplasmas adaptados às diferentes regiões brasileiras, o melhoramento de populações

com ampla variabilidade surge como um meio rápido e eficiente de se conseguir genótipos desejados.

Desse modo, o objetivo do presente trabalho compreende o estudo de uma população de girassol (PIGB), subdividida em duas subpopulações (**A**: controle e **B**: irradiada), através da utilização de progênies de meios irmãos visando principalmente o melhoramento para a produtividade. São estimados alguns parâmetros genético estatísticos considerados de utilidade para o desenvolvimento de populações melhoradas. Comparações entre o material irradiado e o não irradiado são discutidas sobre vários aspectos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. ASPECTOS GERAIS DA CULTURA

No girassol (*Helianthus annuus* L.) observam-se algumas características naturais de interesse e entre elas ressalta-se a propriedade da planta em voltar-se para o sol durante o dia, o que explica tanto o seu nome comum como o seu nome botânico: girassol, *Helianthus* (do grego *helios*, sol e *anthos*, flor). O movimento heliotrópico do capítulo ocorre em função da torção do talo e recebe o nome de nutação. Quando a flor alcança o estágio de antese cessa a nutação e a inflorescência se vê voltada para o leste (BEARD, 1981).

Planta desde a muito tempo conhecida pelo homem, tem seu centro de origem não perfeitamente estabelecido uma vez que esse gênero ocorre nas Américas do Sul e do Norte. Entretanto, uma maior diversidade de tipos é encontrada nos Estados Unidos e as referências iniciais reportam as regiões do Arizona e do Novo México (PUTT, 1978). Um primeiro contato entre as Américas e a Europa foi através da Espanha. Sementes de girassol foram cultivadas no Jardim Botânico de Madri e a partir daí espalhadas por toda a Europa. Foi na Rússia, porém, que a cultura teve um grande desenvolvimento. A razão principal foi uma determinação da Igreja Ortodoxa da época proibindo o consumo durante a quaresma de quase todos os alimentos ricos em óleos; o girassol que era demasiado recente ficou fora da lista das proibições. Já em 1880 os camponeses russos praticavam uma seleção sistemática

de plantas, capítulos e sementes para aumentar o rendimento e, conseqüentemente, a comercialização do girassol. Um programa oficial de melhoramento desenvolvido por V.S. Pustovoit na Rússia resultou na obtenção de genótipos mais produtivos, com porte elevado, de ciclo longo e um teor de óleo maior (50%) que os materiais comerciais da época (33%). Esses genótipos russos ficaram mundialmente conhecidos como "Mamuths". No ano de 1937 o girassol foi levado para o Canadá mas com o objetivo de ser usado na alimentação animal em processos de silagem. O cultivo nessa região se expandiu quando Eric D. Putt desenvolveu uma variedade produtiva, baixa e precoce chamada "Sunrise". Em meados de 1950 (BEARD, 1981) já era demonstrado que as sementes obtidas por polinização cruzada entre duas linhagens homozigóticas diferentes resultavam em plantas com um rendimento em até 25% superior às aquelas obtidas de polinização livre. Estas informações somadas ao sucesso alcançado pelo milho híbrido apontava que o melhor caminho para aumentar a uniformidade das plantas e elevar o rendimento do girassol era desenvolver um sistema economicamente viável de produção de sementes híbridas. Na década de 60 dois eventos tiveram um efeito marcante na reintrodução do girassol na América do Norte. O primeiro foi a introdução de cultivares russas com teores de óleo elevados e o segundo foi a descoberta da macho esterilidade citoplasmática seguida pela identificação de genes restauradores da fertilidade. Na França, LECLERQ (1969) relatou haver obtido macho esterilidade citoplasmática na progênie do cruzamento de *Helianthus petiolaris* Nutt com *H. annuus* L.. Estas duas descobertas proporcionaram uma minimização nos problemas advindos pela utilização da heterose e possibilitou uma facilidade maior na obtenção de híbridos de girassol.

No Brasil tem-se notícia que o girassol teria sido trazido por imigrantes europeus que chegaram durante a colonização (PELEGRINI, 1985). O cultivo era realizado em consórcio, principalmente com milho e consumiam-se as semen-

tes torradas ou em forma de chá. A exploração nacional sempre foi modesta e em meados de 1970 a tecnologia da cultura ainda era desconhecida em relação às lavouras tradicionais e as cultivares de girassol apresentavam baixo teor de óleo e grande sensibilidade a doenças. A partir da década de 80 houve estímulo por parte dos órgãos governamentais ao desenvolvimento da cultura; os motivos principais foram o interesse em um sistema de diversificação de culturas, a expansão da demanda interna de óleos vegetais, a possibilidade de cultivo de uma segunda cultura de verão ou inverno e pelo interesse da indústria de óleo em diminuir a ociosidade na entressafra da soja. A resposta veio em um aumento na área plantada que em 1982 ocupava 50.000 hectares nas regiões norte e oeste do Paraná, e nos estados de São Paulo e Mato Grosso do Sul. Porém, condições climáticas adversas com excesso de chuvas na maturação favoreceram uma alta incidência de doenças que contribuiu de maneira decisiva à frustração da cultura. A partir de 1980, vinculado ao Programa Nacional de Pesquisas em Energia, foram iniciadas pesquisas com girassol sob a coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSoja da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA.

2.2. SELEÇÃO E PARÂMETROS GENÉTICOS

Os métodos de melhoramento de populações constituem um processo contínuo uma vez que a população melhorada poderá ser sempre o ponto de partida para a obtenção de um novo ciclo de seleção (CAMPOS, 1966). A seleção baseada no comportamento da progênie seguida de recombinação sucessiva entre os genótipos selecionados é sugerido para aumentar a frequência de alelos favoráveis recessivos e dominantes junto com genes que tenham efeitos aditivos (RAO & SINGH, 1977).

Portanto, segundo EBERHART (1967), metodologias de seleção recorrente como seleção massal e seleção entre progênies de meios irmãos com recombinação de sementes remanescentes poderiam ser aplicadas em girassol (*Helianthus annuus* L.) como tem sido feito com êxito em milho (*Zea mays* L.).

Em espécies alógamas, o melhoramento de populações via seleção recorrente tem se mostrado eficiente para a obtenção de variedades melhoradas, as quais são usadas diretamente para a produção de grãos ou como fonte de linhagens endogâmicas (FICK, 1978). Os diversos esquemas de seleção recorrente e resultados experimentais de diversos autores são apresentados por PATERNIANI & MIRANDA FILHO (1987) e HALLAUER & MIRANDA FILHO (1981). Dentre os métodos de seleção recorrente a seleção massal e a seleção com famílias de meios irmãos são os mais simples e são recomendados no início de programas de melhoramento quando se dispõe de ampla variabilidade genética (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1981).

Em girassol, trabalhos sobre variabilidade genética são relativamente escassos. SINGH *et alii* (1977) estudou oito caracteres em 18 variedades de polinização livre e constatou uma maior variabilidade entre populações para rendimento de aquênios e altura da planta, com coeficientes de variação genotípica da ordem de 19,40% e 10,70%, respectivamente. KLOCKZOVSKY (1975) avaliando quatro variedades de polinização livre de girassol relata a obtenção de uma variabilidade relativa de 14,20%, expressa pelo coeficiente de variação, para rendimentos de aquênios. Por sua vez, VARSHNEY & SINGH (1978), estudando 32 populações de girassol observaram uma quantidade razoável de variabilidade genética explorável em relação a rendimento de aquênios (15,02%) e a altura de planta (12,92%). Comparativamente, os altos coeficientes de variabilidade genotípica e fenotípica obtidos para estes caracteres sugere maior oportunidade para o melhoramento. Observaram, ainda, que a baixa variabilidade para certos caracteres, entre eles o diâmetro de capítulo, indicam maior in-

fluência de fatores ambientais nestes caracteres como menor oportunidade para a seleção.

Utilizando quatro variedades comerciais de girassol, PORCEDDU *et alii* (1973) observaram diferenças iniciais significativas entre populações e famílias dentro de populações e que estas diferenças preliminares poderiam ser descritas como ação gênica aditiva. MILLER *et alii* (1980) relatam resultados sobre o tipo de ação gênica em girassol indicando que a variância aditiva é a mais importante. Pelos dados observados tem-se que a variância aditiva (σ_A^2) caracterizou-se por uma maior porção da variância genética (σ_G^2) para todos os caracteres exceto diâmetro de capítulo. Contrariamente, RAO & SINGH (1977), estudando sete linhagens de girassol em um cruzamento dialélico relatam valores significantes de σ_A^2 para diâmetro de capítulo. A dominância parcial observada por MILLER *et alii* para rendimento de aquênios torna possível que cultivares de girassol de polinização livre, estáveis e com alta produção de aquênios possam ser desenvolvidos e sejam equivalentes a híbridos. Este fato pode ter implicação significativa em países que primeiramente utilizam cultivares melhorados de polinização aberta. A produção de híbridos exige um capital inicial significativamente alto para produção, padronização da qualidade e distribuição da semente. A Tabela 1 mostra os dados relativos ao estudo de MILLER *et alii* (1980) e relatam as estimativas da variância genética aditiva (σ_A^2) e da variância genética de dominância (σ_D^2) para cinco caracteres de girassol.

Pelos valores negativos e próximos de zero observados para as estimativas da variância de dominância (σ_D^2), exceto para rendimento de aquênios, pode-se concluir que esta não apresenta interesse para o melhoramento.

Tabela 1. Estimativas da variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e da variância genética de dominância ($\hat{\sigma}_D^2$) de caracteres de girassol (MILLER et alii, 1980).

Caracteres	$\hat{\sigma}_A^2$	$\hat{\sigma}_D^2$
Rendimento de aquênios	130,146**	25,168**
Teor de óleo	7,63 **	-0,01 §
Altura de planta	15,60 **	-0,86 §
Diâmetro de capítulo	-0,11	0,14 §
Dias para florescimento	2,04 **	-2,25 §

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

§ Valores negativos podem ser interpretados como zero.

MOJIDIS (1972) avaliando o inter cruzamento de linhagens de girassol obteve altos valores de herdabilidade para altura de planta (entre 81,04% e 89,50%) o que tornaria efetiva uma seleção para este caráter. Por outro lado, estimativas de herdabilidade ao nível de plantas para a variedade Wielkpolski foram elevadas para altura de planta ($h^2 = 49,00\%$) e baixas para diâmetro do capítulo ($h^2 = 22,00\%$) e peso de aquênios por planta ($h^2 = 18,00\%$), segundo KLOCZOWSKY (1975). Em girassol, ANASCHENKO (1974) citado por MILLER et alii (1980), encontrou uma herdabilidade para rendimento de aquênios variando de 60% a 80% em estudos comparativos entre a capacidade de combinação relativa as linhagens e a capacidade de combinação da população original. Do mesmo modo, TORRES (1984), utilizando seleção recorrente em linhagens S_1 de girassol, obteve uma herdabilidade (sentido amplo) de 48,41% para rendimento de aquênios. A Tabela 2

apresenta as estimativas da herdabilidade para vários caracteres de girassol nos trabalhos de SINGH *et alii* (1977) e de VARSHNEY & SINGH (1978).

Tabela 2. Estimativas de herdabilidade (sentido amplo) em alguns caracteres de girassol dos trabalhos de SINGH *et alii* (1977) e de VARSHNEY & SINGH (1978).

Caracteres	SINGH <i>et alii</i> (1977)	VARSHNEY & SINGH (1978)
Altura de planta	59,01	71,93
Diâmetro de capítulo	43,38	29,28
Dias da emergência à maturação	57,87	53,34
Peso de 100 aquênios	84,26	53,32
Rendimento de aquênios	47,21	47,84

Em muitos programas de melhoramento de plantas o aumento da produção é o principal objetivo o qual é determinado pela interação de um número de caracteres e o ambiente que tem uma expressão alta e significativamente variável (SINGH *et alii*, 1977). Portanto, o conhecimento da associação dos vários caracteres com o rendimento e entre eles mesmos proporciona um critério para a realização de seleção indireta para melhoramento da produção. Em girassol, contudo, tais estudos são limitados. Os valores de correlação (r) encontrados na literatura para os vários caracteres e a produção, variam não só entre os diferentes caracteres como também para um mesmo caráter de acordo com a fonte que se consulte. A diversidade dos materiais com que os pesquisadores traba-

lharam e possíveis variações nas técnicas experimentais empregadas devem ser as principais causas dessas discrepâncias. Pode-se, entretanto, pela repetição de resultados semelhantes ter uma idéia dos caracteres mais correlacionados com a produção.

DESMUKH *et alii* (1986) estudando 36 genótipos de girassol em condições de campo observaram a correlação existente entre o estresse e os diferentes caracteres componentes do rendimento de aqüênios. Relatam que houve uma redução na produção de aqüênios dos genótipos devido a um estresse de falta de umidade. A altura de planta, diâmetro e peso de capítulo e peso de 1000 aqüênios evidenciaram uma correlação positiva e significativa sob condições de irrigação ao passo que sob condições de estresse todos esses caracteres foram associados com o rendimento de aqüênios. Da avaliação de dez híbridos de girassol na Argentina, BRUNIARD & LUDUENNA (1985) observaram que houve uma correlação negativa entre o comprimento do ciclo de crescimento e o rendimento de aqüênios por hectare. Por sua vez, VANOZZI *et alii* (1986) relatam que o comprimento do período da emergência à maturação teve um efeito positivo e direto na produção de 16 variedades de polinização livre de girassol. De acordo com D'YAKOV (1982), estudos com 12 variedades de girassol de diferentes grupos de maturação apontaram uma correlação negativa entre o rendimento de aqüênios e a duração do período de crescimento, sendo, contudo, menos marcante em alguns genótipos precoces. Foi observado para algumas variedades que para cada redução de 1 dia no período de crescimento houve uma queda de 1 grama por planta no rendimento da amêndoa do aqüênio. Uma correlação negativa e significativa entre o rendimento de aqüênios e dias da emergência ao florescimento foi observado por ROSS (1939) que relata que as condições climáticas teriam influenciado este fator e por este estudo ter sido conduzido em um local somente não pode ser avaliado como uma evidência conclusiva. Contrariando alguns dos trabalhos exis

tentes, ROSS (1939) observa que parece ser não significativa a correlação entre o rendimento de aqûênios e o diâmetro de capítulo ($r = 0,127$). Para produção e dias para florescimento obteve uma correlação negativa ($r = -0,317$) e entre rendimento e altura de planta teve-se um valor positivo e significativo de 0,476. Os resultados por ele obtidos são questionáveis uma vez que foi observado que os rendimentos elevados eram de variedades de porte alto e, ao contrário, as menores produções estavam nos genótipos baixos. A relação entre o rendimento de aqûênios e alguns elementos estruturais da produção nas cultivares de girassol Peredovick, Dounay e Helmus foram estudadas por VELKOV (1980). Os dados evidenciaram uma alta correlação entre diâmetro de capítulo e rendimento ($r = 0,492$ a $0,809$). Foi também observada uma correlação positiva e baixa entre produção de aqûênios e altura de planta ($r = 0,079$ a $0,273$). A Tabela 3 mostra as correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais entre certos caracteres de girassol. Nela pode-se observar que o rendimento de aqûênios foi positivamente correlacionado com a altura de planta e o diâmetro do capítulo ao nível genotípico e fenotípico; já a altura de planta foi genotipicamente correlacionada com dias para maturação e diâmetro de capítulo (SINGH et alii, 1977).

PUTT (1943), utilizando metodologias de correlação múltipla, afirma que 55 a 67% da variabilidade do rendimento em girassol é explicada por 4 fatores — período da emergência à maturação, altura de planta, diâmetro de caule e diâmetro de capítulo. A Tabela 4 apresenta os coeficientes de correlação entre o rendimento de aqûênios e os demais caracteres da planta. Os dados mostram que todos os coeficientes de correlação simples, exceto para rendimento de aqûênios com diâmetro de caule para plantas individuais, excedeu ao nível de 1% de probabilidade. Entretanto, quando os efeitos das outras variáveis são removidos pelo cálculo do coeficiente de correlação parcial, os valores da associação do rendimento com dias para maturação e rendimento com altura de

Tabela 3. Correlações genéticas (G), fenotípicas (F) e ambientais (E) entre caracteres de girassol (SINGH et alii, 1977).

Caracteres	Correlação	Caracteres			
		Rendimento de aquênios	Peso de aquênios	Diâmetro de capítulo	Altura de planta
Dias da emerg. à maturação	G	-0,091	-0,214	0,204	0,513
	F	-0,043	-0,221	0,145	0,359
	E	0,012	-0,276	0,868*	0,143
Rendimento de aquênios	G		0,888	0,834	0,897
	F		0,548*	0,679**	0,469*
	E		-0,043	0,551*	-0,002
Peso de 1000 aquênios	G			0,811	0,544
	F			0,510*	0,334
	E			0,661**	-0,197
Diâmetro de capítulo	G				0,921
	F				0,462
	E				-0,007

*, ** Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 4. Coeficientes de correlação simples, parcial e múltipla medindo a associação do rendimento de aquênios com outros caracteres da planta de girassol (PUTT, 1943).

Caráter	188 linhagens MENNONITE (1938)		
	Coef. simples	Coef. parcial	Coef. múltipla
a. Dias emerg. à maturação	0,292**	0,025	
b. Altura de planta	0,618**	0,143	
c. Diâmetro do caule	0,741**	0,232**	
d. Diâmetro do capítulo	0,769**	0,469**	0,821**

Caráter	60 linhagens MENNONITE (1939)		
	Coef. simples	Coef. parcial	Coef. múltipla
a.	0,542**	0,080	
b.	0,507**	0,243	
c.	0,585**	0,413**	
d.	0,557**	0,195	0,773**

Caráter	60 plantas individuais MENNONITE (1939)		
	Coef. simples	Coef. parcial	Coef. múltipla
a.	0,342**	0,062	
b.	0,392**	0,094	
c.	0,251*	0,369**	
d.	0,458**	0,318**	0,771**

*,** Significativo ao nível de 1% e 5% de probabilidade, respectivamente.

planta perdem a significância. No caso da associação da produção com o diâmetro do capítulo é observado haver significância entre estes caracteres e que provavelmente uma seleção para capítulos mais largos proporcionará a obtenção de linhagens com elevados rendimento de aqüênios.

2.3. UTILIZAÇÃO DE MUTAÇÃO INDUZIDA EM GIRASSOL (*H. annuus* L.)

O girassol é um alopoliplóide ($2n = 34$), desenvolvido de espécies com 8 e 9 cromossomos em seus genomas ((HEISER, 1961; citado por LUCZKIEWICZ (1975)). Pela flexibilidade genética presente é possível para o gênero *Helianthus* ocorrer em diferentes condições ambientais e se cruzar com outras espécies (HEISER, 1947; LONG, 1955; HEISER, 1961; HEISER et alii, 1962; HEISER et alii, 1964) segundo LUCZKIEWICZ (1975), resultando numa grande variabilidade para os caracteres de *H. annuus* L.. Apesar do polimorfismo desta espécie existem possibilidades na obtenção de genótipos promissores para o melhoramento através da indução de mutação. Alguns autores estudaram a utilização de mutagênicos químicos e físicos em girassol (LAZANYI et alii, 1962; REMUSSI & GUTIERREZ, 1962; CAMPO & MARTINEZ, 1963; SIZOVA, 1968; KOVACIK, 1970, citados por LUCZKIEWICZ, 1975).

O uso de mutação induzida no melhoramento de plantas caracteriza as transformações fenotípicas observadas em macro e micromutações. GAUL (1961), citado por TULMANN NETO (1972), afirma que grandes mutações são aquelas que podem ser reconhecidas ao nível de plantas individuais. Já as pequenas mutações somente podem ser detectadas em um grupo de plantas por avaliações quantitativas. Macro e micromutantes com uma morfologia modificada resultam de alterações no processo de desenvolvimento. Em alguns casos, a imediata adaptação dos mutantes dentro de um sistema agrícola com pequenas modifica

ções têm aumentado sua importância e utilização como tem sido demonstrado no caso da cevada (GUSTAFSSON, 1947) e em outras culturas (MIKCHE & SHAPIRO, 1964 e MICKE, 1975). Entretanto, o sucesso de um programa de melhoramento de plantas com a utilização de processos de mutação induzida depende em grande escala da seleção e do tipo de mutagênico usado (AHMED & GOUD, 1982).

No processo de mutação induzida qualquer porção vegetal que apresente desenvolvimento celular pode ser colocado à exposição de um dado mutagênico. Pela segurança e facilidade com que é executado o trabalho, vários estudos tem sido apresentados reportando o tratamento de sementes secas, nos últimos 10 anos, com irradiação ionizante ou mutagênico químico. Dentre estes, citam-se os resultados obtidos por TAVCAR (1943) onde são apresentados alguns mutantes para forma, cor e aparência do aqûênio de girassol e de REMUSI & GUTIERREZ (1965) onde são relatados o aparecimento de mutantes característicos — entre eles, plantas com vários capítulos oriundos de bifurcações no ápice de um caule único, plantas com vários caules ramificados desde a superfície do solo, plantas com capítulos pequenos aderidos ao capítulo principal, plantas com capítulos grandes, plantas baixas com deformações e sem flores e plantas anãs com altura atingindo a 25 cm apresentando formação de capítulo e flores porém com sementes estéreis. Foi obtida, ainda neste estudo, uma progênie muito precoce cuja característica se manteve estável em anos sucessivos de avaliação, sendo posteriormente utilizada como fonte de precocidade para variedades comerciais de altos rendimentos.

O conhecimento dos elementos que compõem o material que vai ser submetido a um determinado mutagênico é importante uma vez que determinados compostos químicos podem produzir um efeito biológico mais ou menos acentuado. A esse respeito têm-se que os peróxidos orgânicos tem papel importante nos danos biológicos causados pela radiação induzida (FEINS

TEINER, 1963 ,em IAPAR, 1980) sendo estes originados basicamente de ácidos graxos insaturados. Portanto, quanto maior o nível de ácidos graxos insaturados maior a radiosensibilidade do vegetal (AHMED & GOUD, 1979). De acordo com IAPAR (1980) e PELEGRINI (1985) o aquênio de girassol apresenta alta concentração de ácido linolêico, moderado nível de ácido olêico, nível baixíssimo de ácido linolênico e menos que 15% de ácidos graxos saturados, palmítico e esteárico. Logo, o girassol possui uma elevada concentração de ácidos graxos insaturados.

Quando se objetiva a obtenção de micromutações nos genótipos submetidos ao processo de mutação induzida é preferível a adoção de dosagens que não provoquem grandes alterações no genoma dos indivíduos. Nesse sentido, sabe-se que a ocorrência de quiasmas nas células está relacionada com a dosagem de mutagênico utilizado. Uma redução na frequência de quiasmas de acordo com o aumento da dose de radiação gama seria atribuído a falha no pareamento em somatório às mudanças estruturais produzidas nos cromossomos das células responsáveis pela formação da inflorescência na época da irradiação do aquênio (PRASAD & GODWARD, 1969 , segundo AL-ALLAF & GODWARD, 1979). Há, ainda, alguns estudos sobre o estímulo ao crescimento de plântulas de girassol submetidas à radiação ionizante e alguns autores obtiveram aumentos significativos no rendimento de aquênios após exposição geralmente utilizando dosagens baixas (SPARROW *et alii*, 1971). Já KASTORI (1979), também trabalhando com dosagens baixas de irradiação gama observou que tanto a altura como o peso da planta de girassol foram afetados diretamente. SMITH & KERSTEIN (1942), citados por TULMANN NETO (1972), em sementes de milho irradiadas com doses baixas de raios X observaram os efeitos mutagênicos sobre o crescimento das raízes. Verificaram que houve um decréscimo no comprimento da raiz, ausência de raízes secundárias e interrupção do crescimento depois de um curto período de germinação. AL-ALLAF & GODWARD

(1979) estudando as dosagens de 5, 30, 70 e 100 kr de irradiação gama em girassol, observaram que o número de inflorescências naturais que permaneceram viáveis e produziram flores foi inversamente proporcional à severidade do tratamento ou à dosagem de radiação. Segundo AHDMED & GOUD (1979), dosagens de 20, 30 e 40 kr de radiação gama reduziram a germinação dos materiais utilizados. A dosagem de 20 kr apresentou a maior frequência de anormalidades em todas as variedades de girassol estudadas. Utilizando dosagens de 6,25, 12,5 e 25,0 kr de raios X em sementes de girassol, REMUSSE (1959) relatou que as doses mais elevadas provocaram profundas modificações nas plantas e, em especial, nos capítulos. Plantas com grande quantidade de talos, capítulos unidos em um involúcro comum, flores liguladas e umbicadas no centro do receptáculo foram observadas. Sementes de girassol tratadas com ácido giberélico a 0,01% antes da semeadura apresentaram plantas com capítulos mais largos e aquênios maiores que as sementes não tratadas (BEGLARYAN, 1970). A frequência de mutações depende do mutagênico usado e do genótipo da variedade tratada (SUROVIKIN, 1971); variedades precoces dão bem menos mutantes do que variedades de ciclo intermediário.

Os efeitos biológicos decorrentes de alterações genotípicas induzidas por processos de radiação ionizante são avaliados através de parâmetros estatísticos genéticos. Nesse sentido, GREGORY (1968), estudando populações de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) tratadas com irradiação observou que houve uma indução à variância genética. Em estudos semelhantes com sementes de girassol irradiadas com 20, 30 e 40 kr de raios gama, AHMED & GOUD (1978a) observaram que embora a média seja geralmente reduzida em populações irradiadas a variância é aumentada consideravelmente proporcionando chance para a seleção de tipos desejáveis (Tab. 5). Em estudos sobre os efeitos de raios gama em progênies de meios irmãos em milho, PATERNIANI et alii (1973) observaram que a irradiação aumentou a variabilidade genética aditiva na variedade Centralmex de maneira significativa e que não foram detectadas

Tabela 5. Média ($\bar{x}$) e variância (σ^2) para número de dias para o florescimento na geração M3 de girassol (AH-MED & GOUD, 1978a).

Variedade	Dose	$\bar{x}$	σ^2
EC 68-413	0	66,58	14,17
	0 ¹	52,55	4,42
	20	55,32	22,30
	30	52,01	22,30
	40	54,76	27,53
EC 68-414	0	64,08	13,09
	20	62,23	9,92
EC 68-415	0	63,70	3,69
	0 ¹	56,70	4,02
	20	53,66	128,37
	30	57,28	19,50
	40	57,08	51,41
EC 69-874	0	69,99	8,87
	0 ¹	65,68	6,92
	20	60,69	19,58

¹/ População selecionada para precocidade em material não irradiado.

diferenças significativas entre as médias das populações irradiada e não irradiada. Relatam, ainda, que o progresso por seleção, em qualquer dos dois anos estudados, foi sensivelmente maior na população irradiada (cerca de 3,7% de média). Contudo, a população melhorada a partir da irradiada teria vantagem apenas em determinados anos ou em determinadas condições ambientais, mas seu comportamento médio através dos anos seria relativamente baixo em comparação com a população não irradiada. Ainda em milho, MARQUES (1968) constatou também redução da média de produção em duas populações submetidas à radiação gama; entretanto a variabilidade genética aumentou com a irradiação em somente uma das populações. Paralelamente, pela aplicação de uma mesma pressão de seleção, o ganho genético tem sido muito maior em populações de girassol irradiadas do que nas mesmas populações não irradiadas (BROCK & ANDREW, 1965 citados por AHMED & GOUD, 1978a). Por outro lado, progressos por seleção em populações irradiadas tem sido obtidos em dias para o florescimento, altura de planta e peso da semente em um número de plantas cultivadas (BROCK, 1965) citado por AHMED & GOUD, 1978a). Em girassol, ainda, estudos relatam que o número de dias para o florescimento nas progênes de plantas selecionadas para precocidade na geração M2 foi consideravelmente menor comparado com o controle (AHMED & GOUD, 1978a). Pela análise da variância observou-se significância para tratamento e não significativo para repetição. Isto indica que a precocidade observada na geração M3 é predominantemente devida a fatores genéticos. Portanto, uma alta herdabilidade e resposta a seleção podem ser esperados em gerações futuras.

Ao se submeter espécies vegetais de polinização cruzada a processos de mutação induzida é importante que se observe a metodologia a ser aplicada na condução do material irradiado. Resultados comparativos entre populações irradiadas autofecundadas e populações irradiadas de polinização aberta evidenciaram que na progênie das plantas autofecundadas a frequência de mutações anormais e drásticas foi con-

sideravelmente superior às progênes de polinização aberta. Isto pode ser devido à expressões de mutações recessivas em acréscimo a mutações dominantes, na autofecundação, enquanto que somente mutações induzidas dominantes foram expressadas na progênie de plantas de polinização cruzada (AHMED & GOUD, 1978b). Existem algumas indicações deste estudo que para uma utilização direta de mutantes no sistema agrícola a polinização aberta na geração M2 de culturas de polinização livre pode se apresentar como sendo mais útil. Esses autores afirmam, ainda, que outra razão para este fenômeno poderia ser o efeito da depressão por endogamia nas progênes de plantas autofecundadas. A autofecundação em plantas de polinização livre leva à depressão por endogamia a qual se manifesta com o aparecimento de um grande número de tipos letais, anormais e sub-vitais nas gerações iniciais de autofecundação. Muitos dos mutantes observados foram de natureza indesejável.

Enfim, é importante salientar que ao descobrir que as radiações ionizantes poderiam causar mutações nos vegetais pensou-se na aplicação junto ao melhoramento de plantas (TULMANN NETO, 1972). Este foi um caminho seguido a medida em que foram sendo acumuladas as experiências com mutações induzidas. Através de vários resultados generalizou-se que todos os genes poderiam sofrer mutações, ficando demonstrado a utilidade desta técnica. Em alguns casos não se tem nem mesmo idéia aproximada do número de genes que controlam determinado caráter, portanto a exata elucidação da natureza genética das mutações é bastante difícil. Entretanto, o homem vem se utilizando de tais mutações mesmo sem poder controlá-las seguramente. Ao melhorista isto é o suficiente pois se as mutações causarem efeitos favoráveis a natureza genética de tais mutações cede lugar às suas aplicações práticas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. MATERIAL

3.1.1. Procedência da população

No presente trabalho foi utilizada uma população francesa de girassol (*Helianthus annuus* L.) obtida junto ao Programa de Melhoramento de Girassol do Centro Nacional de Pesquisa de Soja - CNPSoja da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA. Este germoplasma é identificado por PIGB que caracteriza uma população de porte médio, ciclo precoce, tendo variabilidade para diâmetro de capítulo e ciclo de planta e com rendimentos médios de aquênios de 1.300 kg/ha. Os aquênios (sementes) são pequenos e de coloração preta.

3.1.2. Subpopulações

A população original foi dividida em duas subpopulações, a saber: subpopulação A e subpopulação B. A subpopulação A foi chamada de controle sendo estudada como tal enquanto a subpopulação B foi submetida a um processo de indução de mutação através da utilização de um mutagênico físico.

3.1.3. Testemunhas

A fim de possibilitar a comparação entre o po

tencial de produção das progênes testadas com padrões comerciais bem estáveis e de alta produtividade, foram utilizadas como testemunhas dois híbridos comerciais de girassol: Contisol (híbrido de ciclo médio, com aqûênios de tamanho normal e coloração rajada produzido pela Sementes Contibrasil Ltda) e Conti-112 (híbrido de ciclo precoce, com aqûênios de tamanho pequeno e coloração preta produzido pela Sementes Contibrasil Ltda).

3.2. MÉTODOS

3.2.1. Metodologia de melhoramento utilizada

O método empregado neste trabalho foi o de seleção entre famílias de meios irmãos que tem apresentado bons resultados no melhoramento do milho (PATERNIANI & MIRANDA FILHO, 1987).

3.2.2. Desenvolvimento dos lotes isolados e obtenção das progênes de meios irmãos

Instalaram-se, inicialmente, lotes isolados de intercruzamento para a obtenção das progênes de meios irmãos e posteriormente avaliação em ensaios de produção.

No início de março de 1984 foi instalado na área experimental do Instituto de Genética da ESALQ/USP um lote isolado de polinização livre da subpopulação A (controle) em 40 linhas de 20 metros de comprimento e densidade de 4 plantas por metro linear. Foi utilizada irrigação suplementar.

Os aqûênios da subpopulação B foram secados em estufa à 60°C para uniformização da umidade. Após determinados períodos, as sementes eram pesadas até que fosse constatado peso constante. Como mutagênico físico utilizou-se

radiação gama da fonte de CO^{60} do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba. Em fins de março de 1984 os aqûênios da subpopulação B foram irradiados com uma dose de 1,8 kr (0,056 kr/min) sendo em seguida submergidos em água. Neste mesmo dia foi instalado à campo na área experimental do Instituto de Genética em lote isolado nos mesmos padrões do anterior, numa área de 800 metros quadrados; após a semeadura o material foi irrigado.

Da subpopulação A (controle), em junho de 1984, foram selecionados 322 capítulos (progênies) que constituíram as famílias de meios irmãos; estas foram trilhadas individualmente e acondicionadas em câmara seca e fria para quebra de dormência (segundo FRANÇA NETO et alii (1983) é uma metodologia simples e eficiente para uso em girassol) e armazenamento.

Na subpopulação B (irradiada), em julho de 1984 foram colhidos 552 capítulos (geração M_1) que após processo de trilha constituíram uma amostra única. Neste processo devem ser coletados os aqûênios localizados mais na periferia do capítulo uma vez que possuem uma maior porcentagem de alogamia em relação aos localizados no centro do capítulo onde possivelmente tenham taxas significativas de autofecundação. Em outubro de 1984 essa amostra foi instalada em lote isolado de onde foram selecionados 315 capítulos (Geração M_2) que constituíram as famílias de meios irmãos desta subpopulação irradiada.

3.2.3. Execução experimental e coleta de dados

Com o objetivo de se praticar seleção principalmente para produção foram semeadas, em início de março de 1985, 300 progênies de cada subpopulação, a saber: subpopulação A (controle) - experimentos 1.1, 1.2 e 1.3, e subpopulação B (irradiada) - experimentos 2.1, 2.2 e 2.3, em quatro

repetições, sendo duas no município de Piracicaba (SP) e duas no município de Londrina (PR). Todavia, os experimentos instalados em Piracicaba não foram aproveitados devido a graves danos causados por anormalidades climáticas e, principalmente, por heterogeneidade do solo.

Utilizou-se um delineamento experimental em lâtilice 10 x 10, perfazendo, portanto, 3 lâtilices simples (X, Y) 10 x 10 por população. A parcela era composta por linha única de 4,00 metros de comprimento, espaçamento de 1,00 metro entre linhas e 0,25 metros entre covas. Cada cova recebeu 3 sementes deixando-se uma planta por cova após os desbastes, o que correspondeu a 16 plantas por parcela. As duas testemunhas foram colocadas sistematicamente cinco vezes em cada repetição, em parcelas extras, para que fosse realizada uma comparação bem criteriosa, e foi semeada em toda a periferia dos ensaios uma bordadura com o híbrido Conti-112.

Para efeito de análise dos dados foram feitas observações nos seguintes caracteres:

- Peso de capítulo (PC): corresponde ao peso da parte de sustentação mais o peso dos aquênios, em gramas, de todas as plantas da parcela;
- Peso de Aquênios (PA): é a medida do peso dos grãos (sementes), em gramas, de todos os capítulos da parcela;
- Altura de Planta (AP): é referente a medida do colo ao ápice da planta, em centímetros, levantando o capítulo quando estão inclinados; é feita em 5 plantas tomadas ao acaso por ocasião da maturação;
- Altura de Capítulo (AC): corresponde a altura entre o solo e o capítulo, em centímetros, nas mesmas 5 plantas anteriores;
- Diâmetro de Capítulo (DC): é a medida do diâmetro do capítulo, em centímetros, das mesmas 5 plantas tomadas ao acaso na maturação.

3.2.4. Análise estatístico genética

3.2.4.1. Análise de variância e estimativas dos parâmetros genéticos

As falhas que ocorrem no estande de uma parcela são compensados diferentemente pelas plantas adjacentes de acordo com a espécie vegetal em estudo. Desse modo mostra-se difícil a obtenção de valores que proporcionem uma correção real para o estande ideal. Por outro lado, principalmente quando o potencial produtivo de muitos genótipos é testado, importante é que as quantidades de plantas de cada indivíduo sejam equivalentes; aliado a isto, deve-se observar também que o objetivo de um trabalho científico é apresentar opções para o desenvolvimento do mesmo quando para um determinado parâmetro não existam fórmulas ou procedimentos confirmados.

Para efeito de discussão, as análises para peso de capítulo e peso de aquênios foram realizadas de duas maneiras: a) sem correção para o número de plantas por parcela (estande) ideal e b) com correção para um estande ideal de 14 plantas por parcela através do método de correção por covariância (STEEL & TORRIE, 1960) e utilizada por MARTINS (1986). A metodologia utilizada para correção do estande foi baseada no seguinte modelo:

$$P_c = P_o + b \cdot (S_i - S_o)$$

onde tem-se P_c : peso corrigido; P_o : peso observado; b : coeficiente de regressão linear; S_i : estande ideal e S_o : estande observado.

$$\hat{b} = \text{COV}_{(x,y)} / \sqrt{V_{(x)}}$$

onde, $\text{COV}_{(x,y)}$: covariância de $\underline{x}$ (estande) e $\underline{y}$ (produção); $V_{(x)}$: variância de $\underline{x}$ (estande).

$$\text{CÔV}_{(x,y)} = \hat{V}_{(x+y)} - \hat{V}_{(x)} - \hat{V}_{(y)} / 2 ,$$

onde $V_{(x+y)}$: variância de $\underline{x} + \underline{y}$.

A umidade de aqûênio não foi corrigida uma vez que o material colhido foi acondicionado em local quente e seco para uniformização da umidade.

Para as análises de variância dos caracteres estudados utilizaram-se os seguintes modelos matemáticos (VEN COVSKY, 1969):

$$x_{ij} = \mu + p_i + b_j + e_{ij}, \text{ para peso de capítulo e peso de aqûênios;}$$

$$x_{ijk} = \mu + p_i + b_j + e_{ij} + d_{ijk}, \text{ para altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo;}$$

onde:

x_{ij} é a observação feita na progênie i do bloco j ;

x_{ijk} é a observação feita no indivíduo k da progênie i do bloco j ;

μ é a média geral;

p_i é o efeito da progênie i ($i = 1, 2, \dots, s$)

b_j é o efeito do bloco (repetição) j ($j = 1, 2, \dots, r$);

e_{ij} é o efeito da parcela ij ;

d_{ijk} é o efeito do indivíduo k da parcela ij ($k = 1, 2, \dots, n$).

Considerando-se o modelo aleatório, isto é, todos os efeitos com excessão da média geral como sendo aleatórios, tem-se as seguintes esperanças matemáticas (E):

$$E(p_i) = E(b_j) = E(e_{ij}) = E(d_{ijk}) = 0$$

$$E(p_i^2) = \sigma_p^2 ; E(b_j^2) = \sigma_b^2 ; E(e_{ij}^2) = \sigma_e^2 ; E(d_{ijk}^2) = \sigma_d^2 ;$$

sendo:

- σ_p^2 : variância genética entre progênies;
 σ_b^2 : variância ambiental entre blocos ou repetições;
 σ_e^2 : variância do erro ambiental entre parcelas dentro de blocos;
 σ_d^2 : variância fenotípica entre plantas dentro de progênies.

As análises de variância foram feitas de acordo com o delineamento em látice simples 10x10 (COCHRAN & COX, 1957). As análises referentes à peso de capítulo e peso de aquênios foram efetuadas com totais de parcela (14 plantas) ao passo que para os caracteres altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo foram feitas com médias de 5 plantas competitivas tomadas ao acaso na parcela.

Por serem escassos os trabalhos publicados com girassol que usam esta metodologia, foi calculada a eficiência do delineamento em látice (EFL%) em relação aos blocos casualizados (COCHRAN & COX, 1957).

O esquema da análise da variância para produção e as esperanças matemáticas dos quadrados médios (E(QM)) ao nível de totais de parcelas (GARDNER, 1963), obedece o seguinte modelo:

FV	GL	QM	E(QM)	F
Progênies	g_1	Q_1	$\sigma^2 + r \cdot \sigma_p^2$	Q_1/Q_2
Erro	g_2	Q_2	σ^2	

onde:

g_1, g_2 : graus de liberdade associados às fontes de variância onde se tem $g_1 = k^2 - 1$ e $g_2 = (r - 1) \cdot (k - 1)$; para o peso corrigido tem-se $g_2' = g_2 - 1$, devido à correção por covariância;

- Q_1 : quadrado médio de progênies;
 Q_2 : quadrado médio do erro;
 σ_p^2 : variância genética entre progênies de meios irmãos ao nível de totais de parcelas;
 σ^2 : variância ambiental entre progênies ao nível de totais de parcela;
 r : número de repetições.

A análise para altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo, juntamente com as esperanças dos quadrados médios ($E(QM)$) ao nível de médias de parcelas, foi procedida conforme o esquema:

FV	GL	QM	$E(QM)$	F
Progênies	g_1	$Q'_1 = Q_1/m$	$\sigma_d^2/m + \sigma_e^2 + n.\sigma_p^2$	Q'_1/Q'_2
Erro	g_2	$Q'_2 = Q_2/m$	$\sigma_d^2/m + \sigma_e^2$	

onde:

- σ_d^2 : variância genética dentro de progênies de meios irmãos ao nível de médias de parcelas;
 m : número de plantas medidas dentro da parcela ($m = 5$).

As demais notações são equivalentes àquelas utilizadas para o caráter produção.

A partir das análises foram obtidas as estimativas dos parâmetros genéticos. Assim, tem-se que as estimativas das variâncias genéticas entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$) e do erro experimental ($\hat{\sigma}^2$), a nível de totais, foram obtidas para cada população pelo seguinte processo:

$$\hat{\sigma}_p^2 = (Q_1 - Q_2)/r ;$$

$$\hat{\sigma}^2 = Q_2$$

As estimativas acima obtidas a nível de totais (14 plantas por parcela) foram transformadas ao nível de plantas individuais (por planta) através da seguinte relação:

$$\sigma^2_{(x/k)} = (1 / k^2) \cdot \sigma^2_{(x)}$$

Foram obtidos o coeficiente de variação genética (CVg%) através do quociente entre o desvio padrão entre progênies (σ_p) e a média ($\bar{x}$) do experimento; o coeficiente de variação experimental (CVe%) através do quociente entre o desvio padrão do erro experimental (σ_e) e a média ($\bar{x}$); e o índice de variação (θ) através do quociente entre o coeficiente de variação genética e o coeficiente de variação experimental, conforme VENCOSKY (1973; 1978):

$$CVg\% = (\hat{\sigma}_p / \bar{x}) \cdot 100$$

$$CVe\% = (\hat{\sigma}_e / \bar{x}) \cdot 100$$

$$\theta = CVg / CVe$$

Foram calculadas posteriormente as estimativas da variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), da variância fenotípica entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_F^2$) e do coeficiente de herdabilidade ao nível de médias de progênies ($\hat{h}_x^2$), através das seguintes fórmulas:

$$\hat{\sigma}_A^2 = 4 \cdot \hat{\sigma}_p^2$$

$$\hat{\sigma}_F^2 = Q_1 / r$$

$$\hat{h}_x^2 = \hat{\sigma}_p^2 / \hat{\sigma}_F^2 = \hat{\sigma}_p^2 / (\hat{\sigma}_p^2 + \hat{\sigma}_e^2/r)$$

As estimativas dos desvios padrões associados às estimativas das variâncias genéticas entre progênies e as

estimativas das variâncias genéticas aditivas entre progê-
nies foram determinados para os 5 caracteres estudados, me-
diante o emprego de procedimentos descritos por VELLO & VEN-
COVSKY (1974), onde se encontra a fórmula:

$$\hat{V}(\hat{\sigma}_p^2) = \frac{1}{r^2} (V(Q_1) + V(Q_2) - 2 \text{COV}(Q_1 \cdot Q_2)),$$

onde os símbolos V e COV se referem a variâncias e covariân-
cias respectivamente.

Na expressão anterior, as covariâncias entre os quadrados médios Q_1 e Q_2 são nulos porque eles tem distri-
buição independente. Deste modo, os desvios padrões das es-
timativas foram calculados por:

$$\hat{V}(\hat{\sigma}_p^2) = \sqrt{\frac{2}{r^2} \cdot \left(\frac{Q_1^2}{g_1 + 2} + \frac{Q_2^2}{g_2 + 2} \right)}$$

$$\hat{V}(\hat{\sigma}_A^2) = 4 \cdot \hat{V}(\hat{\sigma}_p^2)$$

3.2.4.2. Análise de covariância e estimativas dos parâmetros genéticos

Os produtos médios entre os caracteres peso de capítulo, peso de aqüênio, altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo foram obtidos pelo método relata-
do por KEMPTHORNE (1966). Este método permite a obtenção das
estimativas de covariância utilizando apenas processos de
análise de variância. Assim, inicialmente, foi feita uma aná-
lise de variância da soma dos caracteres e o produto médio
foi obtido a partir do quadrado médio das somas dos caracte-
res e dos quadrados médios individuais de cada caráter, para
cada fonte de variação, do seguinte modo:

FV	QUADRADOS MÉDIOS			PRODUTOS MÉDIOS x,y
	x	y	z	
Progênes	QMP_x	QMP_y	QMP_z	$PMP_{x,y} = 1/2.(QMP_z - QMP_x - QMP_y)$
Erro	QME_x	QME_y	QME_z	$PME_{x,y} = 1/2.(QME_z - QME_x - QME_y)$

onde:

x e y : correspondem aos caracteres peso de capítulo, peso de aqüênios, altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo (observa-se que os caracteres são pareados dois a dois);

z : x + y

Obtidos os produtos médios procedeu-se a estimação das covariâncias entre os 5 caracteres. Considerando que as análises para peso de capítulo e peso de aqüênios foram realizadas com totais de parcelas e as análises para altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulos foram efetuadas com médias de parcelas, tornou-se necessária a obtenção de uma "esperança dos produtos médios" devidamente adequada a esta situação, tornando possível a estimação das diferentes covariâncias contidas nos produtos médios assim obtidos. Os processos utilizados para a estimação dos componentes de covariância entre caracteres avaliados com números diferentes de indivíduos por parcela, segundo GERALDI (1977) e GERALDI et alii (1978), foram os seguintes:

a) com totais de parcelas para ambos os caracteres (X_T, Y_T):

FV	GL	PM	E(PM) : X_T, Y_T
Progênes	s-1	P_1	$m.COV_d + n.m.COV_e + r.n.m.COV_p$
Erro	$(r-1).(s-1)$	P_2	$m.COV_d + n.m.COV_e$

b) com totais de parcelas para X e médias de parcelas para Y (X_T, Y_M):

FV	GL	PM	E(PM) : X_T, Y_M
Progênes	s-1	P_1	$COV_d + n.COVE + r.n.COVP$
Erro	(r.1).(s.1)	P_2	$COV_d + n.COVE$

c) com médias de parcelas para ambos os caracteres (X_M, Y_M):

FV	GL	PM	E(PM) : X_M, Y_M
Progênes	s-1	P_1	$(COV_d / n) + COVE + r.COVP$
Erro	(r.1).(s.1)	P_2	$(COV_d / n) + COVE$

onde tem-se:

- s : número de progênes ensaiadas;
- r : número de repetições;
- P_1 : produto médio de progênes entre os caracteres x e y;
- P_2 : produto médio residual de progênes entre os caracteres x e y;
- n : número de indivíduos avaliados por parcela (n=14);
- m : número de indivíduos avaliados por parcela (n=5);
- $COVP$: covariância genética entre parcelas para os caracteres x e y, ao nível de plantas;
- $COVE$: covariância ambiental entre parcelas para os caracteres x e y, ao nível de plantas;
- COV_d : covariância fenotípica dentro de progênes para os caracteres x e y, ao nível de plantas.

Não foi possível estimar $C\hat{O}V_d$ e $C\hat{O}V_e$ isoladamente tendo em vista que, para o caráter produção não foram efetuadas mensurações em plantas individuais mas sim utilizou-se a produção de toda a parcela para a análise. Apesar disso, estas covariâncias podem ser dispensadas tendo em vista que a mais importante é a covariância genética aditiva ($C\hat{O}V_A$) que pode ser estimada através da $C\hat{O}V_p$ do mesmo modo que na análise da variância.

Segundo esta metodologia, foram estimadas as covariâncias entre peso de capítulo e peso de aqûênios, peso de capítulo e altura de planta, peso de capítulo e altura de capítulo, peso de capítulo e diâmetro de capítulo, peso de aqûênios e altura de planta, peso de aqûênios e altura de capítulo, peso de aqûênios e diâmetro de capítulo, altura de planta e altura de capítulo, altura de planta e diâmetro de capítulo e, por fim, entre altura de capítulo e diâmetro de capítulo, utilizando os seguintes procedimentos:

$$C\hat{O}V_p = P_1 - C\hat{O}V_e / r$$

$$C\hat{O}V_{e(X_T, Y_T)} = P_2 / n.m$$

$$C\hat{O}V_{e(X_T, Y_M)} = P_2 / n$$

$$C\hat{O}V_{e(X_M, Y_M)} = P_2$$

$$C\hat{O}V_A = 4 \cdot C\hat{O}V_p$$

Foi também estimada a covariância fenotípica entre médias de progênies ($C\hat{O}V_{\bar{F}}$) para cada caso específico, como segue:

$$C\hat{O}V_{\bar{F}} = P_1 / n.m.r$$

$$C\hat{O}V_{\bar{F}} = P_1 / n.r$$

$$C\hat{O}V_{\bar{F}} = P_1$$

A partir das covariâncias e utilizando a metodologia descrita por KEMPTHORNE (1966), foram estimados o coeficiente de correlação genética aditiva ($\hat{r}_{A(x,y)}$) e o coeficiente de correlação fenotípica ($\hat{r}_{\bar{F}(x,y)}$), de acordo com as fórmulas:

$$\hat{r}_{A(x,y)} = \text{CÔV}_{A(x,y)} / \sqrt{\hat{\sigma}_{A(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{A(y)}^2}$$

$$\hat{r}_{\bar{F}(x,y)} = \text{CÔV}_{\bar{F}(x,y)} / \sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}(x)}^2 \cdot \hat{\sigma}_{\bar{F}(y)}^2}$$

Os ganhos (Gs) esperados com seleção para rendimento de aqüênios foram calculados a partir do procedimento relatado em VENCOVSKY (1978) e compreende a seguinte expressão:

$$Gs = k \cdot \frac{(1/4) \cdot \hat{\sigma}_A^2}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2}},$$

onde:

Gs = ganho esperado com seleção entre progênies de meios irmãos, em ambos os sexos;

k = corresponde ao diferencial de seleção "estandardizado".

As respostas correlacionadas (RC) esperadas com seleção foram calculadas a partir das fórmulas apresentadas por FALCONER (1964) e VENCOVSKY (1978), ou seja:

$$RC = k \cdot \frac{(1/4) \text{CÔV}_{A(x,y)}}{\sqrt{\hat{\sigma}_{\bar{F}}^2}}$$

onde:

RC = resposta correlacionada esperada no caráter secundário y, na unidade em que foi avaliado, por seleção praticada no caráter primário x.

3.2.4.3. Histogramas das distribuições de médias

As distribuições de médias dos valores relativos à produção - peso de capítulo (g/planta) e peso de aq $\ddot{u}$ ênios (g/planta), altura de planta (cm), altura de capítulo (cm) e diâmetro de capítulo (cm), são apresentados através de histogramas, juntamente com as médias e as amplitudes de variação das duas subpopulações. São também observados o comportamento das testemunhas utilizadas e das amostras selecionadas.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. VALORES MÉDIOS

Os valores da média geral ($\bar{x}$), dos coeficientes de variação experimental (CVe%), dos coeficientes de variação genética (CVg%) e do índice de variação ($\theta = CVg/CVe$) são apresentados na Tabela 6 para os caracteres peso de capítulo, peso de aqüênios, altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo da subpopulação A (controle) e da subpopulação B (irradiada).

A média geral ($\bar{x}$) é o ponto de referência natural tanto para a seleção de indivíduos como para o reconhecimento e avaliação da variabilidade e que, ainda, retrata o comportamento da população.

Na Tabela 6, as médias gerais de todas as pro_gênies, para peso de capítulo e peso de aqüênios foram de 835,6 e 461,7 g para a subpopulação controle e de 821,7 e 444,3 g para a subpopulação irradiada. Outros detalhes de importância com relação às médias dos caracteres estudados serão apresentados mais adiante.

O coeficiente de variação experimental (CVe%), que representa o comportamento e a precisão do experimento no campo frente às fontes de variação existentes, reportou valores mais elevados para o peso de aqüênios (17,65 e 17,40% para as subpopulações A e B, respectivamente) e menores para a altura de planta (5,74 e 7,03%). Convém ainda observar que

para altura de planta e a altura de capítulo de girassol a amplitude dos valores médios encontrados apresentaram certa semelhança com os dados obtidos por SOARES (1987) em relação à altura de planta e altura de espiga em milho. Os dados relatam valores de 5,60 a 6,06% e 6,49 a 7,33% para a altura de planta e 8,54 a 10,47% e 8,85 a 11,77% para a altura de capítulo nas duas subpopulações A e B de girassol estudadas; em milho, (SOARES, 1987), reportou valores de 3,60 a 9,20% para o caractere altura de planta e de 4,90 a 15,20% para a altura de espiga.

O coeficiente de variação genética (CVg%) que exprime a quantidade de variabilidade presente e explorável dentro de uma população, apresentou valores mais elevados para peso de aqüênios (13,32 e 15,66% para o material controle e o irradiado, respectivamente) e menores para o diâmetro de capítulo (6,20 e 6,31%). Os números obtidos neste estudo para peso de aqüênios são semelhantes aos obtidos, em girassol, por KLOCKZOVSKY (1977): 19,40%, VARSHNEY & SINGH (1978) - 15,02% e SINGH et alii (1977): 19,40%. Já para a altura de planta houve certa discordância dos dados aqui encontrados (6,37 e 7,23% nos materiais A e B) para os relatados por SINGH et alii (1977): 10,70% e por VARSHNEY & SINGH (1978): 12,92%.

Tendo-se em vista que os coeficientes de variação experimental normalmente diferem entre distintos caracteres e condições experimentais e a par do fato que os coeficientes de variação genética tem sua magnitude influenciada pela média do caráter ou caracteres que se está considerando, VENCOVSKY (1975) citado por GERALDI (1977) e RAMALHO (1977), sugere que a comparação da variabilidade genética de um dado caráter entre diferentes populações, bem como entre diversos caracteres ao nível de uma mesma população ou conjunto de populações, seja efetuada através do índice de variação (θ), que dá a proporção da variância genética entre progênies em relação ao erro residual, além de eliminar a influência da

média populacional nas comparações a serem realizadas. Para o índice de variação (θ), que segundo o mesmo autor indica quão maiores são as possibilidades de sucesso na seleção quando se apresentam valores próximos ou superiores a 1,0 em ensaios de progênies, se observam valores mais elevados para altura de planta (1,11 e 1,03 para os materiais controle e irradiado) e mais inferiores para o diâmetro de capítulo (0,65 e 0,62, respectivamente). Pela análise comparativa entre a subpopulação A (controle) e a subpopulação B (irradiada) para estes parâmetros, têm-se que as diferenças não são de grande amplitude entre elas. Pode-se dizer, portanto, que não houve benefício pela utilização de indução de mutação através de radiação ionizante, de acordo com estes parâmetros avaliados.

As estimativas da eficiência do látice (EFL%) em relação ao delineamento de blocos ao acaso segundo COCHRAN & COX (1957) são apresentadas na Tabela 7 e os dados evidenciam não haver grande eficiência pela utilização do delineamento em látice uma vez que foram observados valores médios para os experimentos agrupados dos cinco caracteres estudados entre 100,64 e 112,70%, sendo na maioria das análises inferior a 110,00%. Os maiores valores foram registrados para altura de planta que em ambas subpopulações controle e irradiada apresentou 112,27 e 112,70%, respectivamente; porém, entre estas, nota-se maior homogeneidade dos dados obtidos nos experimentos individuais da subpopulação B (110,76, 115,03 e 112,82% para os experimentos 2.1, 2.2 e 2.3) do que nos valores da subpopulação A (132,35, 100,47 e 103,98%, respectivamente). Por outro lado, o caráter que evidenciou os menores valores médios de eficiência do látice foi o diâmetro de capítulo (100,64 e 103,01% para a subpopulação A e B, respectivamente). Em vista dos resultados obtidos, as análises de variância concernentes a todos os caracteres obedeceram ao delineamento em blocos ao acaso. Este procedimento foi adotado tendo-se em mente que os ajustes nos quadrados mé-

dios de progênies, relacionados aos látices, a exemplo do que se dá com qualquer tipo de correção, constituem uma possível fonte de erros, sendo preferível evitá-los nos casos em que se mostrem desnecessários, quais sejam naqueles em que a variância de blocos dentro de repetições é pouco expressiva. Paralelamente a este enfoque deve-se levar em conta o fato de que os resíduos das análises em blocos casualizados tem um maior número de graus de liberdade, em comperação com os do látice, tornando o teste F mais sensível a detecção de possíveis diferenças estatísticas entre progênies, significativas ou não segundo os níveis de probabilidade convencionais da experimentação agrícola.

Os valores médios do peso de capítulo e do peso de aqüênios (em kg/ha), do estande (em número de plantas por parcela) das progênies, e das amostras selecionadas nas duas subpopulações e testemunhas utilizadas são encontrados na Tabela 12. Quanto ao peso de capítulo não se evidencia uma grande diferença entre os valores das progênies ensaiadas da subpopulação A e os da subpopulação B, 2387 e 2348 kg/ha, respectivamente. A amostra selecionada da primeira apresentou uma produção média de 2914 kg/ha o que correspondeu a um acréscimo percentual no rendimento do peso de campo de 22,08% (527 kg/ha); por sua vez, a amostra selecionada da subpopulação irradiada teve um rendimento médio de 3009 kg/ha, o que equivaleu a um aumento percentual de 28,15% (661 kg/ha).

As testemunhas evidenciaram valores maiores de peso de capítulo no híbrido Contisol (entre 4349 e 4474 kg/ha e menores no híbrido Conti-112 (de 2026 a 2051 kg/ha). Os rendimentos baixos reportados pelo híbrido Conti-112 atestam a ocorrência de condições climáticas e ambientais não fa

voráveis a este genótipo neste local e ano agrícola. A Figura 1 apresenta os dados do peso de capítulo através da distribuição das médias em histograma.

O estande médio observado, tanto das progênes ensaiadas como das amostras selecionadas, registrou valores menores para o material submetido ao processo de radiação ionizante em comparação com o material controle. Apesar desta diferença ser pequena é possível que estes valores sejam resultantes de efeitos deletérios da radiação sobre o poder germinativo do aquênios (semente). Por outro lado, o estande médio observado permite dizer que os valores são satisfatórios (com uma amplitude de variação de 12,11 a 12,85 plantas de um total de 14), equivalendo a um estande percentual de 86,50 a 91,80%. Já as testemunhas evidenciaram um estande médio menor (11,00 a 12,00 plantas por parcela, equivalendo a um valor percentual de 78,60 a 85,80%), o que pode ser atribuído a uma diminuição do vigor do aquênios dos materiais devido ao tempo (aproximadamente 1 ano) que os mesmos permaneceram sob condições alternadas de armazenamento em câmara seca e fria e em câmara seca. Em relação ao peso de aquênios tem-se que, semelhantemente aos valores observados de peso de capítulo, as progênes da subpopulação A apresentaram valores médios superiores às progênes da subpopulação irradiada: 1319 e 1270 kg/ha, respectivamente; AHMED & GOUD (1978a) também observaram que o rendimento de aquênios da população irradiada foi menor do que o da população não irradiada. Já as amostras selecionadas apresentaram produções médias de 1684 e 1690 kg/ha para as subpopulações A e B, respectivamente, o que permite afirmar que por serem progênes da população original são produções de aquênios consideradas satisfatórias. Das testemunhas, o híbrido Contisol, por ser caracteristicamente um genótipo de plantas mais altas e com um ciclo de maturação maior, apresentou produções médias de 1973 kg/ha enquanto que o híbrido Conti-112, mais baixo e mais precoce, teve produções médias de 1293 kg/ha. Realmente, é

no rendimento de aquênios que se evidenciam que as condições para o desenvolvimento do híbrido Conti-112 não foram boas uma vez que este material melhorado apresentou produções médias de 1351 e 1234 kg/ha nos experimentos das subpopulações A e B, cujos rendimentos médios foram de 1319 e 1270 kg/ha, respectivamente. O histograma de distribuição das médias (Figura 2) apresenta estes dados sob a forma gráfica.

Da relação entre o peso de aquênios (PA) e o peso de capítulo (PC) obteve-se um quociente que expressa a quantidade do peso de aquênios que se acha embutida no peso de capítulo. Segundo MIRANDA FILHO, 1988 (comunicação pessoal) esta relação é importante e semelhante à usada em milho (*Zea mays* L.) que reporta valores em torno de 85% entre peso de grãos e de espiga. Neste trabalho não houve praticamente nenhuma diferença entre os valores observados para a subpopulação A (controle) e a subpopulação B (irradiada); estas diferenças se verificaram a nível de subpopulação entre os diferentes materiais estudados. Na subpopulação controle a relação PA/PC expressou valores de 55,3% para as progênies ensaiadas, 57,8% na amostra selecionada, 44,5% para híbrido Contisol e 65,9% no híbrido Conti-112. Por sua vez, na amostra irradiada foram detectados valores de 54,1, 56,2, 45,0 e 61,0%, respectivamente. Pelos dados tem-se que os valores mais baixos são equivalentes às produções de aquênios mais elevadas e vice-versa. O híbrido Contisol, genótipo produtivo e adaptado, registrou as menores médias enquanto que o híbrido Conti-112, reportou as mais elevadas. Deve-se, portanto, atentar para uma criteriosa avaliação deste parâmetro a fim de possibilitar que o mesmo seja considerado no processo de seleção.

A Tabela 13 apresenta os valores médios para os caracteres altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo, em centímetros (cm), das progênies ensaiadas, das amostras selecionadas e das testemunhas utilizadas.

Para a altura de planta foi observado que os valores médios das progênies ensaiadas (136,84 cm) e da amostra selecionada (145,64 cm) da subpopulação A controle foram superiores aos obtidos para a subpopulação B irradiada: 131,59 e 142,64 cm, respectivamente. Esta diferença foi primeiramente percebida quando da instalação dos lotes isolados de intercruzamento das duas subpopulações; do lote irradiado, tanto na geração M₁ como na M₂, já se evidenciavam plantas com menor porte que as plantas do lote controle. Estes resultados concordam com os obtidos por KASTORI (1979) onde é relatado haver um efeito direto da radiação gama sobre a altura de planta. Por sua vez, as testemunhas apresentaram valores médios relativamente altos, tendo o híbrido Contisol de 191,00 a 196,00 cm e o híbrido Conti-112 de 162,00 a 163,00 cm. O histograma de distribuição das médias observadas (Figura 3), além de representar graficamente os dados evidencia que a altura de planta das progênies selecionadas na subpopulação irradiada possui uma amplitude de variação significativamente maior que a das progênies selecionadas na subpopulação controle. Isto pode ser atribuído a quebras cromossômicas que porventura venham a ocorrer em função da utilização de radiação ionizante.

A altura de capítulo, como a altura de planta, também foi influenciada pela radiação ionizante, ficando a subpopulação controle com valores mais elevados (113,44 para as progênies ensaiadas e 121,37 cm para a amostra selecionada) em relação a 108,48 e 116,80 cm, respectivamente, para as progênies e a amostra da subpopulação irradiada. As testemunhas apresentaram valores médios superiores no híbrido Contisol (155,84 cm) e um pouco menores no híbrido Conti - 112 (113,19 cm). Torna-se importante frisar que o genótipo deve apresentar uma altura de capítulo compatível com o objetivo da planta. Materiais que se destinam a produção de aquênios devem apresentar altura de capítulo tal que favoreça um processo de secagem a campo rápida e uniforme e, ainda, minimi-

ze perdas advindas pela utilização de colhedadeiras mecânicas. Por outro lado, quando se tenciona o uso da planta em sistemas de silagem para alimentação animal, este posicionamento do capítulo pode se apresentar com uma maior variação. Para a altura de capítulo, o histograma de distribuição das médias (Figura 4) mostra que a amplitude de variação das progênies irradiadas selecionadas é maior que a da subpopulação controle, a qual se apresenta mais concentrada.

O diâmetro do capítulo apresentou valores médios semelhantes para as duas subpopulações: 15,31 e 15,44 cm para as progênies ensaiadas e 16,85 e 16,83 cm para as amostras selecionadas das subpopulações A e B, respectivamente. No híbrido Contisol foram calculados valores médios de 19,40 cm e no híbrido Conti-112 de 13,00 cm. Pela análise destes dados nota-se que há uma influência positiva e direta do diâmetro de capítulo no rendimento de aquênios da planta como se observou nos trabalhos de VELKOV (1980), SINGH *et alii* (1977) e PUTT (1943). Evidencia-se um aumento gradual do diâmetro de capítulo simultaneamente à uma elevação da produção nas progênies ensaiadas (população original), nas amostras selecionadas das duas subpopulações e na testemunha Contisol. O outro padrão utilizado, o híbrido Conti-112, teve comprovado os rendimentos inferiores observados pelos baixos valores apresentados para o diâmetro de capítulo. De acordo com a Figura 5 observa-se uma grande semelhança entre os dados de ambas subpopulações, o que faz supor que os efeitos da mutação induzida sobre esta característica seja de baixa magnitude ou, então, não possam ser avaliados com precisão neste ciclo inicial de melhoramento.

Fazendo-se uma abordagem mais ampla a respeito das testemunhas utilizadas neste trabalho (Contisol e Conti-112), observa-se que são genótipos que apresentam ciclo e produtividade específicos, o que os coloca como padrões definidos em relação às progênies avaliadas. O híbrido Contisol, um primeiro material produtivo e adaptado desenvolvi-

do pela Sementes Contibrasil Ltda., já em 1982 era tido como um genótipo padrão do Banco Ativo de Germoplasma do Programa de Melhoramento de Girassol do CNPSoja/EMBRAPA (TOLEDO & PALUDZYSZYN FILHO, 1982). Deste mesmo material, em plantios de outubro deste corrente ano, estes autores relatam valores médios de rendimento da ordem de 1982 kg/ha, altura de planta de 2,70 cm e diâmetro de capítulo de 18,10 cm. Em semeaduras de outono-inverno (meses de janeiro, fevereiro e março), GARCIA (1984) apresenta resultados de produtividade média de aqüênios de 1759 kg/ha para o híbrido Contisol e de 1601 kg/ha para o híbrido Conti-112. Por outro lado, neste mesmo ano de 1984, PALUDZYSZYN FILHO (1984) apresenta dados de produção da ordem de 1474 e 1258 kg/ha, para Contisol e Conti-112, respectivamente, em semeaduras de fevereiro.

4.2. ESTIMATIVAS DE VARIÂNCIAS E COVARIÂNCIAS

Os experimentos que compreenderam progênes de uma mesma subpopulação foram analisados de forma agrupada através das médias aritméticas dos quadrados médios provenientes das análises de variância individuais. Não houve necessidade, no processo de agrupamento, do uso de médias ponderadas, pois os quadrados médios apresentaram, para cada fonte de variação, igual número de graus de liberdade. Pela análise das Tabelas 8 e 9 são observados os valores dos quadrados médios de progênes (QMT), quadrados médios do erro (QME) e do teste de significância (F) para os caracteres peso de capítulo (PC) e peso de aqüênios (PA), a nível de totais de parcela, e para altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC), a nível de 5 plantas, por experimento individual e na forma agrupada. Os dados detectaram diferenças estatísticas altamente significativas entre progênes (ao nível de 99% de probabilidade) para a quase totalidade dos caracteres estudados, indicando a existência de uma va-

riabilidade genética considerável nas subpopulações analisadas e da possibilidade de êxito pela aplicação de seleção em praticamente todos os caracteres. Em relação ao peso de capítulo e ao peso de aqüênios a significância obtida para as duas subpopulações confirma o potencial existente para um aumento de produtividade; também para altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo se mostraram resultados altamente significativos, com exceção do diâmetro de capítulo onde para a subpopulação B (irradiada) somente apresentou diferença ao nível de 95% de probabilidade. Essa menor significância do diâmetro de capítulo em relação aos outros caracteres é mais provavelmente consequência de menor variabilidade genética desse caráter do que a maior sensibilidade a variações ambientais.

Nas Tabelas 10 e 11 são apresentadas as estimativas, obtidas ao nível de plantas, para o peso de capítulo (PC), peso de aqüênios (PA), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC) da variância genética entre progênies (σ_p^2), da variância ambiental entre parcelas (σ^2), da variância genética aditiva entre progênies (σ_A^2) e respectivo desvio padrão associado, da variância fenotípica entre médias de progênies (σ_F^2) e da herdabilidade entre médias de progênies (h_m^2) para as duas subpopulações de girassol estudadas. Os valores das estimativas da variância genética entre progênies ($\hat{\sigma}_p^2$) foram de 28,65 a 65,30 (g/planta)² para peso de capítulo, 13,41 a 26,72 (g/planta)² para peso de aqüênios, 59,72 a 104,15 (cm/pl)² para altura de planta, 54,89 a 82,08 (cm/pl)² para altura de capítulo e 0,51 a 1,48 (cm/pl)² para diâmetro de capítulo. Para estes cinco caracteres, os valores agrupados da $\hat{\sigma}_p^2$ foram mais elevados na subpopulação irradiada do que na controle. As estimativas da variância do erro entre parcelas (σ^2) reportou os seguintes valores expressos nas respectivas unidades: PC: 83,99 e 105,53; PA: 37,11 e 32,61; AP: 69,19 e

96,48; AC: 111,95 e 127,28 e DC: 2,18 e 2,55, para a forma agrupada das subpopulações A e B, respectivamente, o que mostra, à exceção do peso de aqûênios, uma superioridade para as estimativas da subpopulação irradiada. Também para as variâncias genéticas aditivas estimadas entre progênies ($\hat{\sigma}_A^2$) verificaram-se valores mais elevados no material irradiado em relação ao controle, e estes foram os seguintes expressos nas respectivas unidades: PC: 182,99 e 214,40; PA: 70,71 e 94,97; AP: 288,96 e 340,24; AC: 289,16 e 313,92 e DC: 3,60 e 3,72. Os desvios associados a estas estimativas, calculados segundo VELLO & VENCovsky (1974), apontaram valores que se situaram em torno de 30% do valor da estimativa obtida. Todavia, esses cálculos, apesar de baixos e satisfatórios, devem apresentar um certo erro embutido uma vez que a precisão do experimento ficou reduzida em função do número pequeno de repetições utilizadas ($r = 2$). Pela amplitude dos erros padrões associados às estimativas das variâncias genéticas aditivas das subpopulações A e B, não se pode afirmar que estas sejam estatisticamente diferentes em magnitude. Entretanto, como as variâncias aditivas foram consistentemente maiores na subpopulação B para todos os caracteres estudados pode se inferir, sob um critério multivariado, que a irradiação resultou em aumento sensível da variabilidade genética. Quanto às estimativas da variância fenotípica entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_F^2$) observaram-se do mesmo modo, dados inferiores para a subpopulação A em relação a B; e foram 87,84 e 106,36 para peso de capítulo, 36,23 e 40,05 para peso de aqûênios, 106,84 e 133,30 para altura de planta, 128,27 e 142,12 para altura de capítulo e 1,99 e 2,20 para diâmetro de capítulo, respectivamente, e expressos nas respectivas unidades já mencionadas. A herdabilidade entre médias de famílias (h_x^2) apresentou estimativas de 52,14 e 50,39% para peso de capítulo, 48,79 e 59,29 para peso de aqûênios, 67,72 e 63,81% para altura

de planta, 56,36 e 52,22% para altura de capítulo e 45,22 e 42,27% para diâmetro de capítulo, da subpopulação A e B, respectivamente.

As estimativas de herdabilidade obtidas para o peso de aqûênios neste estudo se situaram abaixo dos relatados por ANASCHENKO (1974) citado por MILLER *et alii* (1980): 60,00 a 80,00%; se assemelharam aos encontrados por SINGH *et alii* (1977): 47,21%, VARSHNEY & SINGH (1978): 47,84% e TORRES (1984): 48,41%; e ficaram bem acima aos reportados por KLOCZOWSKY (1975): 18,00%. Já a característica altura de planta apresentou estimativas que as colocaram em uma posição intermediária em relação aos valores superiores relatados por MOJIDIS (1972): 81,04 a 89,50% e VARSHNEY & SINGH (1978): 71,93, e aos valores inferiores reportados por SINGH *et alii* (1977): 59,01% e KLOCZOWSKY (1975): 49,00%. E o diâmetro de capítulo, por sua vez, evidenciou certa superioridade quanto aos valores obtidos nos trabalhos de SINGH *et alii* (1977): 43,38%, VARSHNEY & SINGH (1978): 29,28% e KLOCZOWSKY (1975): 22,00%. As estimativas aqui obtidas permitem afirmar que existe uma concordância destas com os demais trabalhos apresentados; nota-se, contudo, que se reportaram valores elevados para as estimativas de herdabilidade do peso de aqûênios e do diâmetro de capítulo mas que estas estão dentro de uma amplitude esperada para este material. Têm-se, portanto, a influenciar nos valores das estimativas obtidas não só a própria natureza da espécie que se está avaliando como também as diferentes constituições genotípicas dos materiais nos níveis específicos de melhoramento em que se encontram (populações originais, progênies S₁, linhagens, variedades, etc).

É importante observar que os coeficientes aqui determinados foram calculados de progênies de meios irmãos os quais representam herdabilidades entre médias de famílias obtidas aleatoriamente de populações em equilíbrio. Por outro lado, os valores relatados em trabalhos afins reportam da

dos calculados sobre materiais de outra natureza e se constituem em linhagens endogâmicas, variedades melhoradas e híbridos, representando conjuntos fixos. Deste modo a relação da variância genética para a variância fenotípica, denominada apropriadamente de "coeficiente de determinação genotípica" assemelha-se ao coeficiente de herdabilidade mas deve ser interpretado com as devidas restrições. Entretanto, uma vez que estudos desta natureza em girassol são limitados procurou-se, através dos valores relatados, ter-se algum parâmetro comparativo para o estudo ora em desenvolvimento.

Caracterizando a relatividade do valor das estimativas médias de herdabilidade no melhoramento de plantas, ROBINSON (1963) enfatiza que seu valor depende estreitamente do tamanho da parcela, da densidade do plantio e do número de repetições. Segundo o autor, a comparação de estimativas de herdabilidade para um caráter particular, obtidos por vários autores, é de utilidade duvidosa. HALLAUER & MIRANDA FILHO (1981), a partir de um grande número de estimativas, apresentaram uma herdabilidade média, a nível de parcelas, para uma série de caracteres de milho, dentre os quais produção de grãos (18,70%), altura de planta (56,90%), altura de espiga (66,20%), comprimento de espiga (38,10%) e diâmetro de espiga (36,10%), onde discutem sobre a relatividade destes valores.

Na Tabela 18 se apresentam os valores relativos aos produtos médios de progênies (PMT) e do erro experimental (PME) para as duas subpopulações em estudo, correspondendo a todas as combinações possíveis entre os cinco caracteres avaliados. Estas análises foram realizadas a nível de totais de parcelas. As estimativas, obtidas ao nível de plantas, para a covariância genética entre progênies ($C\hat{O}V_p$), a covariância ambiental entre parcelas ($C\hat{O}V_e$), a covariância genética aditiva entre progênies ($C\hat{O}V_A$) e a covariância fenotípica entre médias de progênies ($C\hat{O}V_{\bar{F}}$), entre os caracteres peso de capítulo (PC), peso de aqüênios (PA), altura de plan-

ta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC) para a subpopulação A (controle) e a subpopulação B (irradiada) estão colocadas na Tabela 19.

4.3. CORRELAÇÃO ENTRE CARACTERES

A correlação entre os caracteres estudados pode ser analisada pelos dados reportados na Tabela 20 onde são apresentadas as estimativas, ao nível de plantas, dos coeficientes de correlação genética aditiva (r_A) para os cinco caracteres estudados das duas subpopulações. Os valores reportados da subpopulação controle atestam que existe uma correlação direta e positiva entre todos os caracteres. As correlações mais expressivas foram obtidas entre o peso de capítulo e o peso de aquênios ($PC \times PA = 0,9498$) e entre a altura de planta e a altura de capítulo ($AP \times AC = 0,8409$). Por outro lado, os de menor magnitude foram detectadas entre a altura de capítulo e o diâmetro de capítulo ($AC \times DC = 0,4693$) e entre o peso de aquênios e o diâmetro de capítulo ($PA \times DC = 0,4416$). É importante ressaltar a correlação genética aditiva observada entre o peso de capítulo e o diâmetro de capítulo ($PC \times DC = 0,7238$), neste material controle, que evidenciou valores superiores às correlações entre $PC \times AC$, $PA \times AP$ e $PA \times AC$ e dispondo-se semelhantemente à correlação existente entre $PC \times AP$. Apesar da correlação entre $PA \times DC$ ter sido de média magnitude, a observada entre $PC \times DC$ permite dizer que o diâmetro de capítulo é um forte componente do rendimento pelo fato de existir uma grande associação entre o peso de capítulo e de aquênios. Estas estimativas obtidas são contrárias às relatadas por VELKOV (1980) onde se observa uma alta correlação entre rendimento de aquênios e o diâmetro de capítulo ($PA \times DC = 0,4920$ e $0,8090$) e baixa entre a produção de aquênios e a altura de planta ($PA \times AP = 0,0790$ a $0,2730$). Por outro lado, ROSS (1939) encontrou em

seus estudos uma baixa correlação entre rendimento e diâmetro de capítulo ($r = 0,1270$) e uma correlação mediana entre produção de aqüênios e altura de planta ($r = 0,4760$), os quais se aproximam dos resultados obtidos neste trabalho. Já SINGH et alii (1977) e PUTT (1943) encontraram correlações simples, de magnitude mediana a alta, para as associações do rendimento com a altura de planta e com o diâmetro de capítulo. Este último autor, em análises de correlação múltipla, observa uma elevada e altamente significativa associação entre o rendimento de aqüênios e o diâmetro de capítulo ($r = 0,8210, 0,7730$ e $0,7710$).

A subpopulação B (irradiada), do mesmo modo que o material controle, evidenciou correlações positivas entre todos os cinco caracteres estudados. As associações que apresentaram as maiores magnitudes foram entre o peso de capítulo e o peso de aqüênios ($PC \times PA = 0,9303$) e entre a altura de planta e a altura de capítulo ($AP \times AC = 0,8545$), semelhantemente ao obtido para a subpopulação controle. As de menor valor foram expressas entre a altura do capítulo e o diâmetro do capítulo ($AC \times DC = 0,3178$) e entre a altura de planta e o diâmetro de capítulo ($AP \times DC = 0,4312$). A altura de planta e a altura de capítulo evidenciaram uma forte associação com o peso de capítulo ($r_A = 0,7557$ e $0,7494$), respectivamente); o diâmetro de capítulo reportou boa associação ($r_A = 0,6839$) com o peso de capítulo como fora observado na subpopulação controle. Esta associação, de maior valor que a existente entre o peso de aqüênios e o diâmetro de capítulo, sugere que pode-se conseguir ganhos considerados quanto ao diâmetro de capítulo em se selecionando e melhorando o peso de capítulo da planta.

De uma análise comparativa entre as duas subpopulações controle e irradiada pode-se dizer que, de certo modo, os comportamentos das associações entre os caracteres estudados foram semelhantes. Por conseguinte, apresenta-se uma forte

associação entre PC x PA e AP x AC; uma média associação entre os caracteres de produção (peso de capítulo e peso de aqûênios) e as alturas de planta e de capítulo, e entre peso de capítulo com diâmetro de capítulo - PC x AP, PC x AC, PA x AP, PA x AC e PC x DC, e, por fim, uma associação mais fraca mas não baixa, entre o diâmetro de capítulo e os demais caracteres (PA x DC, AP x DC e AC x DC), para ambas subpopulações A e B. Pelo fato das estimativas das associações se situarem numa escala de média a alta (r_A entre 0,3178 e 0,9498) é de se esperar que uma seleção para o aumento de produtividade afete, em maior ou menor intensidade, qualquer um destes caracteres estudados.

A Tabela 21 reporta os valores das estimativas, obtidas ao nível de plantas, para os coeficientes de correlação fenotípica entre médias de progênies ($\hat{r}_{\bar{F}}$) para os 5 caracteres avaliados nas duas subpopulações controle e irradiada. De maneira geral, os dados de ambas subpopulações foram positivos e apresentaram um comportamento semelhante ao coeficiente de correlação genética aditiva. As associações mais fortes relatadas foram entre o peso de capítulo e o peso de aqûênios (PC x PA = 0,8808 e 0,8934) e entre a altura de planta e a altura de capítulo (AP x AC = 0,7292 e 0,7362), respectivamente para as progênies da subpopulação A e B. Por outro lado, as de menor expressão foram detectadas entre a altura e o diâmetro de capítulo (AC x DC = 0,4172 e 0,3187, para A e B) e entre altura de planta e diâmetro de capítulo (AP x DC = 0,3983) no material controle e entre peso de aqûênios e altura de capítulo (PA x AC = 0,4455) no material irradiado. Novamente, a associação entre o peso de capítulo e o diâmetro de capítulo ($r_{\bar{F}} = 0,6116$) se evidenciou em relação as demais, comprovando a forte ligação entre ambos. Os dados aqui apresentados reportam certa semelhança com os obtido por SINGH et alii (1977) com estimativas de correlação fenotípica entre o rendimento e o diâmetro de capítulo ($r = 0,6790$), rendimento e altura de planta ($r = 0,4690$) e entre altura de planta e diâmetro de capítulo ($r = 0,4620$).

4.4. PROGRESSO ESPERADO COM SELEÇÃO

Mediante a aplicação de uma intensidade de seleção (K) dirigida ao caráter peso de aqüênios, foram selecionadas, de cada subpopulação as progênes mais produtivas, sendo 34 ($K = 11,33\%$) e 33 ($K = 11,00\%$) progênes, respectivamente, da subpopulação A controle e da subpopulação B irradiada. As sementes remanescentes destas progênes foram utilizadas para a formação de dois lotes isolados de recombinação, um para cada subpopulação, sendo os mesmos instalados em março de 1988, na Fazenda Experimental da Organização das Cooperativas do Estado do Paraná - OCEPAR, no município de Pelotina (PR).

As produtividades médias dos rendimentos de aqüênios das progênes da subpopulação controle e subpopulação irradiada, das amostras selecionadas em cada subpopulação, das testemunhas utilizadas e do ganho esperado por seleção (G_s) são apresentadas na Tabela 14. Inicialmente os dados de produção foram transformados de gramas por parcela em kilogramas por hectare para que a discussão fosse facilitada uma vez que apresentando o rendimento de aqüênios em kg/ha tem-se uma linguagem universal e de imediata identificação prática. Os dados observados da população original, tanto do material controle quanto do irradiado (1319 e 1270 kg/ha, respectivamente) permitem classificar os materiais estudados como apresentando produções satisfatórias e não existindo praticamente nenhuma diferença entre o rendimento de ambos. Na amostra selecionada da subpopulação A a produtividade apresentou um diferencial de 27,70% em relação à população original o que correspondeu a um acréscimo de 365 kg/ha. O ganho esperado, neste caso calculado em função de um diferencial de seleção "estandardizado" de 11,33%, reportou um valor de 199 kg/ha sendo equivalente a 15,10% de aumento em relação a população controle base e, por sua vez, correspondeu a uma produtividade média esperada de 1518 kg/ha no ci-

clo I. As testemunhas utilizadas como padrões de campo para esta subpopulação A apresentaram rendimentos de 1989 kg/ha para o híbrido Contisol e 1351 kg/ha para o híbrido Conti-112 (respectivamente, 50,80 e 2,40% em relação a subpopulação original). Já a subpopulação B (irradiada) reportou um diferencial de 33,00% na amostra selecionada o que correspondeu a 420 kg/ha sobre a população base. O ganho esperado neste material, calculado em razão de um ds "estandardizado" de 11,00%, foi equivalente a 256 kg/ha o que correspondeu a um acréscimo em relação ao material original de 20,20%; este foi equivalente a um rendimento médio esperado no ciclo I de 1526 kg/ha.

Os valores obtidos do ganho esperado comprovam a existência de uma maior variabilidade genética nas pro^gênies da subpopulação irradiada; esta também foi verificada pelas expressões mais elevadas das estimativas da variância genética aditiva encontrada no material irradiado, em relação ao material controle. Em contrapartida, reportou-se uma redução da média geral nos caracteres de subpopulação B (irradiada) em comparação à subpopulação A (controle). Deste modo, o menor progresso esperado na subpopulação controle é compensado pela maior média original, assim resultando as populações melhoradas (controle e irradiada) com médias equivalentes. Portanto, a indução de mutação através de radiação ionizante não resultou aparentemente em benefícios reais. O comportamento das testemunhas se mostrou semelhante ao anterior uma vez que foram observados rendimentos de 1957 e 1234 kg/ha, sendo percentuais de 54,10 e -2,80%, respectivamente para os híbridos Contisol e Conti-112. Em ambas subpopulações é evidente que houve uma influência das condições ambientais no híbrido Conti-112. Nota-se, ainda, que o material irradiado apresentou acréscimos superiores em relação ao material controle.

Os valores da resposta correlacionada (RC) obtidos para o peso de capítulo, a altura de planta, a altura de capítulo e o diâmetro de capítulo com seleção baseada no peso de aqûênios, ao nível de planta e em porcentagem da média, para a subpopulação A (controle) e a subpopulação B (irradiada), são apresentados na Tabela 15.

Os dados permitem observar que o peso de capítulo possui uma forte associação com o peso de aqûênios ora confirmado pela percentagem de resposta correlacionada obtida em relação à média observada (12,75 e 15,27% para as subpopulações A e B, respectivamente), o que representa 7,61 e 8,96 g/planta. A altura de capítulo (com 5,51 e 6,65%) apresentou uma superioridade percentual pequena em relação à altura de planta (5,23 e 5,86%); todavia, os valores representam 7,15 e 7,71 cm/planta para a altura de planta e 6,25 e 7,21 cm/planta para a altura de capítulo, nos materiais controle e irradiado, respectivamente. O caráter que reportou as menores respostas pela seleção aplicada sobre o peso de aqûênio foi o diâmetro de capítulo com estimativas de 3,27 e 3,76% que se equivaleram a 0,50 e 0,58 cm/planta para as subpopulações controle e irradiada, respectivamente. De maneira geral, a subpopulação irradiada reportou valores de resposta correlacionada maiores do que a subpopulação controle.

Segundo FALCONER (1964), o progresso de um caráter pela seleção praticada em outro (resposta correlacionada), é indicado no caso em que a seleção indireta através de um caráter X pode ser mais eficiente para o melhoramento de outro caráter Y, do que a seleção direta em Y. Uma circunstância provável para se fazer com que a seleção indireta seja superior a direta é quando existem dificuldades técnicas para se aplicar seleção diretamente no caráter desejado. Uma dificuldade técnica pode ser quando o caráter de interesse é difícil de ser avaliado com precisão, o que pode fazer com que os erros de avaliação reduzam a herdabilidade estimada a ponto de a seleção direta tornar-se vantajosa.

Na relação a seguir, desenvolvida por este autor, observa-se que a mesma é análoga à relação mostrada pela seleção indireta ao nível individual (FALCONER, 1964).

$$\frac{RC_{x/y}}{Gs_x} = \frac{i_y \cdot h_y^- \cdot r_{A_{x,y}}}{i_x \cdot h_x^-}$$

e mostra que, pela aplicação de uma mesma intensidade de seleção (i), se obtém:

$$\frac{RC_{x/y}}{Gs_x} = \frac{h_y^-}{h_x^-} \cdot r_{A_{x,y}}$$

Em razão disto foram obtidos os valores relativos de RC de 0,9820 e 0,8577 para as subpopulações controle e irradiada, respectivamente. Tais estimativas expressam que a seleção do peso de capítulo apresenta possibilidade de melhoramento do peso de aqûênios (seleção indireta) uma vez que estes valores situam-se próximos dos que seriam obtidos através da seleção direta do caráter.

4.5. CORREÇÃO DOS CARACTERES DE PRODUÇÃO

Conforme foi colocado anteriormente seria apresentada uma metodologia estatística que permitisse que os dados originais de produção (peso de capítulo e peso de aqûênios) fossem corrigidos para um estande ideal de 14 plantas por parcela. O objetivo em adotar tal procedimento é de fornecer subsídios à estudo e discussão uma vez que os trabalhos desta natureza em girassol são relativamente escassos ou inexistem. Para tanto utilizou-se de uma metodologia para correção de estande por covariância de acordo com STEEL & TORRIE (1960), a qual foi detalhada quando da descrição dos métodos usados neste trabalho. Na Tabela 16 são apresentados

os valores dos coeficientes de regressão linear (b), os quais são colocados de maneira individual por experimento, e são: peso de capítulo: 40,8960, 49,3259 e 37,5678 g/planta na subpopulação controle e 42,2981, 49,5329 e 54,5828 g/planta para a subpopulação irradiada; e peso de aqûênios: 22,4569, 27,6783 e 22,1407 g/planta para o material controle e 16,1280, 26,0348 e 26,7827 g/planta para o material irradiado.

A partir da obtenção dos coeficientes de regressão linear foram corrigidos os pesos de capítulo e de aqûênios observados, a nível de experimento individual, e se calcularam os valores médios ($\bar{x}$), os coeficientes de variação experimental ($CV_e\%$), os coeficientes de variação genética ($CV_g\%$) e os índices de variação (θ), os quais são apresentados na Tabela 17. Em relação ao peso de capítulo foram observados rendimentos médios de 898,24 e 913,85 gramas por parcela para as subpopulações A e B, respectivamente. O coeficiente de variação experimental reportou valores de 13,38, 12,61 e 19,13% (com 15,00% na forma agrupada) para os experimentos 1.1, 1.2 e 1.3 da subpopulação controle ao passo que para os experimentos 2.1, 2.2 e 2.3 das progênies irradiadas foram de 17,85, 20,32 e 15,11% (tendo a forma agrupada um valor de 17,78%). Os coeficientes de variação genética apresentaram valores de 19,45, 19,47 e 18,65% para o material controle e 19,54, 18,62 e 22,48% no material irradiado. Por fim, para este caráter, o índice de variação reportou coeficientes de 1,63, 1,68 e 1,32 para a subpopulação A e 1,40, 1,35 e 1,76 para os experimentos da subpopulação B. Para a característica peso de aqûênios as médias corrigidas relataram valores de 497,97 e 488,03 g/parcela para as progênies das subpopulações A e B, respectivamente. Os coeficientes de variação experimental expressaram-se menores que os encontrados para o peso de capítulo e foram de 10,44, 10,79 e 15,19% (com média de 12,09%) no material controle e de 12,73, 12,44 e 7,73% (média de 10,95%) no material irradiado. Os coeficientes de variação genética relataram valores de 20,58 e 21,81%

e de 22,41 e 23,16% para as subpopulações controle e irradiada, respectivamente. Por fim, os índices de variação para peso de aqûênios corrigidos apresentaram amplitude de 1,34 e 1,50 (média de 1,43) no material controle e de 1,44 a 1,86 (média de 1,61) para os experimentos da subpopulação irradiada.

Comparativamente, os valores médios corrigidos do peso de capítulo se mostraram superiores aos não corrigidos, com percentuais adicionais de 7,50 e 11,21% para os materiais A e B, respectivamente. Os coeficientes de variação experimental corrigidos e não corrigidos reportaram valores semelhantes, apresentando-se a forma agrupada da subpopulação controle com 15,00% em ambos os casos, e com 17,78 e 17,25%, respectivamente, no material irradiado. Observa-se, contudo, que o experimento 2.2 apresentou os valores mais baixos de estande médio (11,81 plantas por parcela) e para este foram encontrados CVe's de 18,80 e 20,32% para os dados sem correção e com correção, respectivamente. Por outro lado, ainda para o caráter peso de capítulo, os coeficientes de variação genética apresentaram superioridade dos dados corrigidos em relação aos não corrigidos, situando-se esta diferença em 66,15 e 60,27% para as progênies controle e irradiadas. Em vista destes resultados obteve-se um índice de variação maior para os dados corrigidos do que nos não corrigidos. Já para o caráter peso de aqûênio foram também observados rendimentos médios superiores para as progênies corrigidas de ambas subpopulações. Também os coeficientes de variação experimental se mostraram de menor magnitude nos dados submetidos à correção; a diferença percentual entre corrigido e não corrigido variou de 3,93 a 8,00% em ambas subpopulações. Do mesmo modo, os coeficientes de variação genética se apresentaram superiores nos dados corrigidos, situando-se esta entre 6,48 e 8,78%. Os índices de variação experimental reportaram valores elevados e superiores dos dados corrigidos em relação aos não corrigidos para ambas subpopulações.

Em vista dos resultados apresentados observa-se que para o peso de capítulo os dados apresentaram o mesmo comportamento quanto ao coeficiente de variação experimental. Para o peso de aqüênios estes coeficientes foram de menor amplitude para os dados submetidos à correção; contudo, onde era esperado um Cve elevado, no caso do experimento 2.2, com os dados corrigidos apresentou um valor baixo (12,44%) em relação aos demais experimentos corrigidos. Por sua vez, os dados não corrigidos apresentaram, para este experimento em questão, o mais alto valor (19,12%). Tem-se, também, que este estudo foi conduzido sobre dados obtidos de duas repetições em um local somente, o que torna as estimativas dos diversos parâmetros mais sujeita a erros. Uma outra colocação que se faz é quanto ao estande de plantas observado, o qual reportando valores médios de 11,81 a 12,59 plantas de um total de 14 plantas por parcela, questiona se falhas ocorridas nestes níveis (10,74 a 11,20%) seriam passíveis de correção. Sabe-se, ainda, que de acordo com GARCIA et alii (1983), onde pelo estudo da influência do espaçamento entre linhas e da densidade de plantas na linha sobre o rendimento de aqüênios em girassol, se constata que é evidente a grande capacidade de compensação do girassol face a uma variação da população (neste caso, subentende-se população como sendo uma determinada quantidade de plantas em uma área delimitada). E, afirmam ainda, que esta compensação se daria através de alterações no diâmetro do capítulo e no peso dos aqüênios, equilibrando, com isso, o rendimento por área. Por fim, é de suma importância o conhecimento da cultura que se estuda a fim de que, pela adoção de fórmulas e índices matemáticos sobre rendimentos que necessitem ser corrigidos em função de um estande de plantas comprometedor, não se "mascarem" os dados reais obtidos em benefício de parâmetros fixos.

5. CONCLUSÕES

O erro experimental tende a aumentar em materiais submetidos à mutação induzida como verificado nos caracteres estudados, à exceção do peso de aqûênios.

O processo de mutação induzida através de radiação ionizante aumenta a variabilidade dos caracteres, tendo sido constatado no presente trabalho um aumento maior para peso de capítulo e de aqûênios e menor para o diâmetro do capítulo.

O índice de variação reportou que ter-se-ia uma maior probabilidade de sucesso na seleção praticada para a altura de planta e que menores chances se apresentariam pela seleção aplicada no diâmetro de capítulo.

Nas subpopulações estudadas a seleção a nível de médias de progênies deverá mostrar-se eficiente para todos os caracteres avaliados, tendo-se em vista os altos coeficientes de herdabilidade observados.

A radiação ionizante como agente indutor de mutação afeta (no sentido de redução) os caracteres da planta, tendo a altura de planta e de capítulo evidenciado uma alta sensibilidade ao passo que o diâmetro de capítulo se mostrou menos sensível.

Valores mais elevados de PA/PC nem sempre se associaram a maiores produções de aq^uênios, como verificado no híbrido Conti-112.

As subpopulações controle e irradiada se mostram promissoras para serem utilizadas em programas de melhoramento intrapopulacional em vista dos percentuais obtidos de progresso esperado.

As correlações genéticas e fenotípicas evidenciaram-se positivas nas combinações entre os cinco caracteres estudados. Elevadas correlações se manifestaram entre peso de capítulo e peso de aq^uênios (PC x PA), altura de planta e altura de capítulo (AP x AC) e entre o peso de capítulo e o diâmetro de capítulo (PC x DC); por outro lado, os valores mais baixos se expressaram nas associações de altura de planta, altura de capítulo e peso de aq^uênios com o diâmetro de capítulos (AC x DC, AP x DC e PA x DC), para ambas as subpopulações. O efeito da irradiação não mostrou variações sensíveis nas correlações entre caracteres, quando comparadas com a subpopulação controle.

O caráter peso de aq^uênios apresenta possibilidade de melhoramento indireto através da seleção realizada diretamente no capítulo, conforme se pode inferir pela magnitude da resposta correlacionada.

A correção da produção (peso de capítulo e peso de aq^uênios) para um estande ideal através de metodologias de covariância não se mostrou necessária devido ao nível reduzido de folhas ocorridas nas progênies estudadas.

Neste ciclo de melhoramento em razão das alterações verificadas na média e na variância do material irradiado conclui-se que as pequenas transformações verificadas

não coloca este material como promissor a curto prazo. Todavia, dada a flexibilidade genética desta planta é possível que em gerações futuras de recombinação possam aparecer genótipos favoráveis.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AHMED, M.I. & GOUD, J.V. Effectiveness of selection in irradiated populations of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Agricultural Research Journal of Kerala, New Delhi, 17 (1): 145-7, 1978a.
- AHMED, M.I. & GOUD, J.V. Mode of pollination and frequency of mutations in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Current Science, Bangalore, 47(13): 466-7, 1978b.
- AHMED, M.I. & GOUD, J.V. Mutagenesis in sunflower (*Helianthus annuus* L.); I. Studies on m_1 generation. Genetica Agraria, Roma, 33: 25-36, 1979.
- AHMED, M.I. & GOUD, J.V. Mutagenesis in sunflower (*Helianthus annuus* L.); III. Macromutations in m_2 generation. Genetica Agraria, Roma, 36: 45-56, 1982.
- AL-ALLAF, S.M. & GODWARD, M.B.E. Effect of radiation on chiasma frequency in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Cytologia, Tokyo, 44: 821-33, 1979.
- BEARD, B.H. The sunflower crop. Scientific American. New York, 5: 124-31, 1981.

- B EGLARYAN, N.P. Some cytological characteristics of a sunflower mutant induced with gibberelic acid. Cytology and Genetics, New York, 4(6): 547-52, 1970.
- BRUNIARD, J.M. & LUDUENA, P.M. Stem rot, growth and yield of sunflower (*Helianthus annuus* L.). IDIA, Pergamino, 433: 82-7, 1985.
- CAMPOS, M.S. Efeitos da seleção entre e dentro de progênies de meios irmãos em duas populações de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1966. 42p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- COCHRAN, W.G. & COX, G.M. Experimental designs. 2.ed. New York, John Wiley & Sons, 1957. 611p.
- DESHMUKH, P.S.; SRIVASTAVA, G.C.; TOMAR, O.P.S. Effect of environmental factors on correlation coefficient between morphological parameters of yield in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Indian Journal of Plant Physiology, New Delhi, 29(4): 345-50, 1986.
- D'YAKOV, A.B. Interrelation between duration of growth and yield in sunflower. Vestnik Sel-skohozjajtvennoj Nauki, Moskva, 10: 54-61, 1982.
- EBERHART, S.A.; HARRISON, M.N.; OGADA, F. A comprehensive breeding system. Der Züchter, Berlin, 37: 169-74, 1967.
- FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. 3.ed. New York, Ronald Press, 1964. 365p.
- FICK, G.N. Breeding and genetics. In: CARTER, J.F. ed. Sunflower science and technology. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p.279-338.

FRANÇA NETO, J.B.; POLA, J.N.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; COSTA, N.P.; DIAS, M.C.L.L.; PEREIRA, L.A.G.; HENNING, A.A.; BORDIN, A.P.A. Observações preliminares sobre a inibição da dormência de sementes de girassol, cultivar Issanka. In: EMBRAPA/CNPSo. Resultados de pesquisa de girassol. Londrina, 1983. p.65-71.

GARCIA, A. Estudo sobre época de semeadura em girassol. In: EMBRAPA/CNPSo. Resultados de pesquisa de girassol. Londrina, 1984. p.13-7.

GARCIA, A.; FRANÇA NETO, J.B.; PALUDZYSZYN FILHO, E.; SILVEIRA, J.M. Estudo de espaçamento e densidade de semeadura em girassol. In: EMBRAPA/CNPSo. Resultados de pesquisa de girassol. Londrina, 1983. p.83-6.

GARDNER, C.O. Estimates of genetic parameters in cross fertilizing plants and their implications in plant breeding. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F., ed. Statistical genetics and plant breeding. Washington, National Academy of Sciences, 1963. p.225-52.

GERALDI, I.O. Estimação de parâmetros genéticos de caracteres do pendão em milho (*Zea mays* L.) e perspectivas de melhoramento. Piracicaba, 1977. 103p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

GERALDI, I.O.; VENCovsky, R.; MIRANDA FILHO, J.B. Processo para estimação dos componentes de covariância entre caracteres avaliados com números diferentes de indivíduos por parcela. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, 12: 84-91, 1978.

GREGORY, W.C. Radiation breeding experiments with peanuts. Radiation Botany, London, 8: 81, 1968.

GUSTAFSSON, A. Mutations in agricultural plants. Hereditas, Lund, 33: 1-100, 1947.

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

IAPAR. Instituto Agronômico do Paraná. Manual agropecuário do Paraná. Londrina, 1980. p.179-215.

KASTORI, R.; VERESBARANYI, I.; PANIC, S.; GRUJIC, S. Effect of low dosages of gamma irradiation on growth of young sunflower plants and composition of fatty acids in dormant and germinating seed. 1979.

KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. 3.ed. New York, John Wiley & Sons, 1966. 545p.

KLOCZOWSKI, Z. Studies on some features of oil sunflower and their significance in breeding that plant in Poland. Hodowla roślin aklimatyzacja inasiennictwo, Warszawa, 19(2): 89-131, 1975.

LECLERQ, P. Une sterilité cytoplasmique chez le tournesol. Annales de L'Amélioration des Plantes. Paris, 19: 99-106, 1969.

LUCZKIEWICZ, T. Inheritance of some characters and properties in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Genetica Polonica, Poznan, 16(2): 167-84, 1975.

MARQUES, J.R.B. Seleção recorrente com endogamia em duas populações de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1988. 145p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).

- MARTINS, C.S. Potencial genético de linhagens e híbridos de duas populações de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1986. 143p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- MICKE, A. Induced mutations in plant breeding. Radiation Botany, London, 15: 84-5, 1975.
- MIKCHE, J.P. & SHAPIRO, S. Use of neutrons irradiations in the Brookhavon mutation programme. In: BIOLOGICAL EFFECTS OF NEUTRON AND PROTON IRRADIATION. Vienna, IAEA, 1964. v.1, p.393-408.
- MILLER, J.F. & ROATH, W.W. Compensatory response of sunflower to stand reduction applied at different plant growth stages. Agronomy Journal, Madison, 74: 119-21, 1982.
- MILLER, J.F.; HAMMOND, J.J.; ROATH, W.W. Comparison of inbred vs. single-cross testers and estimation of genetic effects in sunflower. Crop Science, Madison, 20: 703-6, 1980.
- MOSJIDIS, J.; CORTAZAR, R.; VALDIVIA, V. Herencia de algunos caracteres de maravilla (*Helianthus annuus* L.). Fitotecnia Latinoamericana, San Jose, 8(2): 12-22, 1972.
- PALUDZYSZYN FILHO, E. Ensaio nacional de cultivares de girassol. In: EMBRAPA/CNPSO. Resultados de Pesquisa de girassol. Londrina, 1974. p.27-8.
- PATERNIANI, E. & MIRANDA FILHO, J.B. Melhoramento de populações. In: PATERNIANI, E. & VIEGAS, G.P., ed. Melhoramento e produção do milho. 2.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1987. v.1, 215-340.

- PATERNIANI, E.; ANDO, A.; MIRANDA FILHO, J.B.; VENCovsky, R. Efeitos de raios gama no comportamento e na variância de progênes de meios irmãos em milho. Relatório Científico do Departamento de Genética, Piracicaba, 7: 161-7, 1973.
- PELEGRINI, B. Girassol; uma planta solar que das américas conquistou o mundo. São Paulo, ICONE, 1985.
- PORCEDDU, E.; PACUCCI, G.; MUGNOSSA, G.T.S.; ALBA, E. Initial results of a sunflower breeding programme in southern Italy. Annali della Facolta di Agraria, Bary, 2: 32 - 35, 1973.
- PUTT, E.D. Association of seed yield and oil content with other characters in the sunflower. Scientific Agricultural. Ottawa, 23(7): 377-83, 1943.
- PUTT, E.D. History and present world status. In: CARTER, J.F., ed. Sunflower science and technology. Madison, American Society of Agronomy, 1978. p.1-29.
- RAMALHO, M.A.P. Eficiência relativa de alguns processos de seleção intrapopulacional no milho (*Zea mays* L.) baseados em famílias não endógamas. Piracicaba, 1977. 122p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" /USP).
- RAO, N.M. & SINGH, B. Inheritance of some quantitative characters in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pantnagar Journal of Research, New Delhi, 2(2): 144-6, 1977.

- REMUSSI, C. Mutaciones inducidas por la aplicacion de rayos X. Revista Argentina de Agronomia, Buenos Aires, 26(3/4): 108-9, 1959.
- REMUSSI, C. & GUTIERREZ, H.P. Obtención de una linea precoz de girasol (*Helianthus annuus* L.) por tratamiento de "semillas" con rayos X. In: FAO/IAEA. The use of induced mutations in plant breeding. Oxford, Pergamon Press, 1965. p.603-9.
- ROBINSON, P. Heritability: a second look. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F., ed. Statistical genetics and plant breeding. Washington, National Academy of Science, 1963. p.623.
- ROSS, A.M. Some morphological characters of *Helianthus annuus* L. and their relationship to the yield of seed and oil. Scientific Agriculture, Ottawa, 19: 372-9, 1939.
- SINGH, B.; SACHAN, J.N.; SINGH, D. Variability and correlations in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pantnagar Journal of Research, New Delhi, 2(1): 27-30, 1977.
- SPARROW, A.H.; SCHWEMMER, S.S.; BOTTINO, P.J. The effects of external gamma radiation from radioactive fallout on plants with special reference to crop production. Radiation Botany, London, 11: 85-118, 1971.
- SOARES FILHO, W.S. Características fenotípicas e genéticas das populações de milho (*Zea mays* L.) braquiético Piranão-VD2B e Piranão VF1B. Piracicaba, 1987. 185p. (Doutorado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill Book, 1960. 481p.

- SUROVIKIN, V.N. Characteristics of mutability of the principal sunflower varieties with respect to frequency of chlorophyll mutations. Sbornik mauchyh issled rabot po maslichn. kul'turam, Krasnodar: 11-4, 1971.
- TAVCAR, A. Somatic mutations in leaves and pericarp on sunflower (*Helianthus annuus* L.). Der Züchter, Berlin, 15: 153, 1943.
- TOLEDO, J.F.F. & PALUDZYSZYN FILHO, E. Introdução de cultivares (populações e híbridos) de girassol. In: EMBRAPA / CNPSo. Resultados de pesquisa de girassol. Londrina, 1982. p.56-61.
- TORRES, E.C.; MORALES, A.S.O.; PEREZ, E.L. Selección recurrente en líneas S₁ para rendimiento y contenido de aceite en girasol (*Helianthus annuus* L.). Agricultura Tecnica do México, México, 10(2): 121-32, 1984.
- TULMANN NETO, A. Efeitos da irradiação gama na heterose em híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1972. 72p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- VANNOZZI, G.P.; BELLONI, P.; MARTORANA, F. Correlations among yield components in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Semente Elette, Roma, 32(6): 25-31, 1986.
- VARSHNEY, S.K. & SINGH, B. Genetic variability in some quantitative characters and scope for improvement in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Pantnagar Journal of Research, New Delhi, 3(1): 12-4, 1978.

- VELKOV, V. Correlations between productivity and some other sunflower characters. Genetics and Plant Breeding, Sofia, 13(5): 329-38, 1980.
- VELLO, N.A. & VENCOVSKY, R. Variâncias associadas as estimativas de variâncias genéticas e coeficientes de herdabilidade. Relatório Científico do Departamento de Genética, 8: 238-48, 1974.
- VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E., org. Melhoramento e genética, São Paulo, Melhoramentos, 1969. p.17-38.
- VENCOVSKY, R. Princípios de genética quantitativa. Piracicaba, ESALQ/USP. Departamento de Genética, 1973. 97p. (Publicação Didática).
- VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. In: PATERNIANI, E., ed. Melhoramento e produção de milho no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1978. cap. 5, p.122-201.

TABELAS

Tabela 6. Valores médios ($\bar{x}$), coeficientes de variação experimental (CVe %), coeficientes de variação genética (CVg %) e índice de variação (θ = CVg/CVe) dos caracteres peso de capítulo (PC) e peso de aqúênios (PA), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC). Girassol - Londrina, PR, 1985.

Fontes de variação	Subpopulação A (Controle)			Agrupado	Subpopulação B (Irradiada)			Agrupado
	1.1	1.2	1.3		2.1	2.2	2.3	
$\bar{x}$	840,60	838,90	827,30	835,60	814,40	829,10	821,60	821,70
PC								
CVe %	13,91	14,80	16,30	15,00	16,36	18,80	16,58	17,25
CVg %	11,49	13,21	9,63	11,55	12,10	11,80	13,78	12,61
θ	0,83	0,89	0,59	0,77	0,74	0,63	0,83	0,73
$\bar{x}$	460,00	464,30	460,70	461,70	438,60	447,30	447,10	444,30
PA								
CVe %	16,99	17,38	18,57	17,65	17,36	19,12	15,73	17,40
CVg %	11,80	15,00	12,91	13,32	14,14	16,68	15,99	15,66
θ	0,69	0,86	0,70	0,75	0,81	0,87	1,02	0,90
$\bar{x}$	138,10	137,05	135,38	136,84	133,98	132,73	128,07	131,59
AP								
CVe %	5,60	5,56	6,06	5,74	7,27	6,49	7,33	7,03
CVg %	6,04	6,22	6,84	6,37	6,95	6,53	8,17	7,23
θ	1,08	1,12	1,13	1,11	0,96	1,01	1,11	1,03
$\bar{x}$	111,63	113,70	114,99	113,44	110,33	109,81	105,31	108,48
AC								
CVe %	10,47	8,85	8,54	9,29	8,85	9,48	11,77	10,03
CVg %	8,20	7,77	6,49	7,51	8,02	8,28	8,83	8,37
θ	0,78	0,88	0,76	0,81	0,91	0,87	0,75	0,83
$\bar{x}$	15,25	15,30	15,38	15,31	15,36	15,56	15,41	15,44
DC								
CVe %	8,12	9,82	10,76	9,57	10,71	9,76	10,24	10,24
CVg %	7,98	5,55	4,64	6,20	6,18	5,64	7,05	6,31
θ	0,98	0,57	0,43	0,65	0,58	0,58	0,69	0,62

PC e PA: g/3,5 m²; AP, AC e DC: cm

Tabela 7. Estimativas de eficiência do látex EFL (%) para os caracteres peso de capítulo (PC), estande de (ST), peso de aqúênios (PA), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC) por experimento. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Fontes de variação	Experimentos			Experimentos		
	Agrupado			Agrupado		
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3
PC	104,24	100,54	107,97	102,84	103,79	103,32
ST	108,03	-	107,67	103,65	102,00	102,19
PA	110,51	102,19	115,09	108,02	108,96	108,49
AP	132,35	100,47	103,98	110,76	115,03	112,70
AC	-	-	101,68	108,95	101,25	106,54
DC	-	100,64	-	-	105,98	103,01

¹/ Indica maior eficiência se utilizada a análise de blocos ao acaso.

Tabela 8. Valores ^{1/} dos quadrados médios ^{2/} de progênes (QMT), quadrados médios do erro (QME) e do teste de significância (F), para os caracteres peso de capítulo (PC) e peso de agtênios (PA) por experimento e agrupado. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Fonte de variação	Experimentos			Experimentos			Agrupado
	1.1	1.2	1.3	2.1	2.2	2.3	
QMT	32329,32	39982,32	30871,28	37179,09	43713,22	44191,63	41694,65
QME	14251,59	15493,85	19639,63	18264,48	25223,86	18561,16	20683,17
F	2,27**	2,58**	1,57*	2,04**	1,73*	2,38**	2,02**
QMT	11995,59	16217,95	14397,27	13485,78	18442,16	15167,39	15698,44
QME	6740,75	6656,94	8424,86	6261,77	7966,13	4945,42	6391,11
F	1,78*	2,44*	1,71*	2,15**	2,32**	3,06**	2,46**

^{1/} A nível de totais de parcelas (g/3,5 m²);

^{2/} Análise considerando o delineamento em blocos ao acaso.

*, ** Significativo ao nível de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, com 99 graus de liberdade nas análises individuais e 297 na análise agrupada, para ambos QMT e QME.

Tabela 9. Valores ^{1/} dos quadrados médios ^{2/} de progênes (QMT), quadrados médios do erro (QME) e do teste de significância (F), para os caracteres altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC) por experimento. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Fontes de variação	Experimentos			Agrupado	Experimentos			Agrupado	
	1.1	1.2	1.3		2.1	2.2	2.3		
AP	QMT	198,35	203,57	238,59	213,67	268,21	224,22	307,35	266,59
	QME	79,29	58,32	69,97	69,19	105,14	85,26	99,05	96,48
	F	2,51**	3,49**	3,41**	3,09**	2,55**	2,63**	3,10**	2,76**
AC	QMT	304,24	257,63	207,72	256,53	251,99	273,93	326,77	284,23
	QME	136,61	101,30	97,95	111,95	103,92	109,78	168,15	127,28
	F	2,23**	2,54**	2,12**	2,29**	2,42**	2,50**	1,94**	2,23**
DC	QMT	4,48	3,69	3,76	3,97	4,51	3,84	4,85	4,40
	QME	1,53	2,27	2,74	2,18	2,71	2,45	2,49	2,55
	F	2,93**	1,63**	1,37*	1,82**	1,66*	1,57*	1,94**	1,73*

^{1/} A nível de médias de parcelas.

^{2/} Análise considerando o delineamento em blocos ao acaso.

*, ** Significativo aos níveis de 5% e 1% de probabilidade, respectivamente, com 99 graus de liberdade nas análises individuais e 297 na análise agrupada, para ambos QMT e QME.

Tabela 10. Estimativas obtidas ao nível de plantas (g/planta), para o peso de capítulo (PC) e peso de aqúênios (PA), da variância genética entre progênies ($\hat{\sigma}_P^2$), da variância do erro ambiental entre parcelas ($\hat{\sigma}_A^2$), da variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$) e respectivo desvio padrão associado, da variância fenotípica entre médias de progênies ($\hat{\sigma}_F^2$) e da herdabilidade entre médias de progênies (h_x^2). Girassol - Londrina, PR, 1985.

Estima- tivas	Cará- ter	Experimentos			Agrupado	Experimentos			Agrupado
		1.1	1.2	1.3		2.1	2.2	2.3	
σ^2_p	PC	46,1167	63,4910	28,6522	45,7465	48,2516	47,1667	65,3839	53,6007
	PA	13,4052	24,3904	15,2358	17,6771	18,4286	26,7246	26,0765	23,7432
σ^2_o	PC	72,7122	79,0506	100,2022	83,9882	93,1861	128,6931	94,6998	105,5264
	PA	34,3916	33,9640	42,9840	37,1132	31,9478	40,6435	25,2317	32,6077
σ^2_A	PC	184,4667	253,9641	114,6088	182,9859	193,0063	188,6669	261,5355	214,4029
	b	50,7200	61,5600	52,5200	54,7600	59,4800	72,4800	68,8400	66,8400
	PA	53,6208	97,5616	60,9432	70,7084	73,7144	106,8984	104,3060	94,9728
	b	19,7600	25,1600	23,9600	22,9200	21,3600	28,8400	22,9200	24,3200
σ^2_F	PC	82,4728	101,9957	78,7533	87,7406	94,8446	111,5133	112,7388	106,3639
	PA	30,6010	41,3723	36,7278	36,2337	34,4025	47,0463	38,6923	40,0470
h^2_x	PC	55,92	62,23	36,39	52,14	50,87	42,30	58,00	50,39
	PA	43,81	58,95	41,48	48,79	53,57	56,80	65,11	59,29

a,b: Estimativas da variância e respectivo desvio padrão associado.

Experimentos 1.1, 1.2 e 1.3: subpopulação A (Controle)

2.1, 2.2 e 2.3: subpopulação B (Irradiada)

Tabela 11. Estimativas obtidas do nível de plantas (cm/planta), para a altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC), da variância genética entre progênes (σ_p^2), da variância do erro ambiental entre progênes (σ_e^2), da variância genética aditiva entre parcelas (σ_A^2) e respectivo desvio padrão associado, da variância fenotípica de progênes (σ_F^2) e da herdabilidade entre médias de progênes (h_x^2). Girassol - Londrina, PR, 1985.

Estimativas	Caráter	Experimentos			Agrupado	Experimentos			Agrupado
		1.1	1.2	1.3		2.1	2.2	2.3	
σ_p^2	AP	59,78	72,63	84,31	72,24	81,54	69,48	104,15	85,06
	AC	83,82	78,17	54,89	72,29	74,04	82,08	79,31	78,48
	DC	1,48	0,71	0,51	0,90	0,90	0,70	1,18	0,93
σ_e^2	AP	79,29	58,32	69,97	69,19	105,14	85,26	99,05	96,48
	AC	136,61	101,30	97,95	111,95	103,92	109,78	168,15	127,28
	DC	1,53	2,27	2,74	2,18	2,71	2,45	2,49	2,55
σ_A^2	AP	239,12	290,52	337,24	288,96	326,16	277,92	416,60	340,24
	b	60,24	59,60	69,96	63,20	81,08	67,52	90,88	79,76
	AC	335,28	312,68	219,56	289,16	296,16	328,32	317,24	313,92
	b	93,88	77,92	64,64	78,76	76,72	83,04	103,44	87,64
	DC	5,92	2,84	2,04	3,60	3,60	2,80	4,72	3,72
	b	1,32	1,20	1,32	1,28	1,48	1,28	1,52	1,44
σ_F^2	AP	99,43	101,79	119,30	106,84	134,11	112,11	153,68	133,80
	AC	152,12	128,82	103,86	128,27	126,00	136,97	163,39	142,12
	DC	2,24	1,85	1,88	1,99	2,26	1,92	2,43	2,20
h_x^2	AP	60,12	71,35	70,67	67,62	60,80	61,97	67,77	63,81
	AC	55,10	60,68	52,85	56,36	58,76	59,92	48,54	52,22
	DC	66,07	38,38	27,13	45,22	39,82	36,46	48,56	42,27

a,b: Estimativas da variância e respectivo desvio padrão associado.

Experimentos 1.1, 1.2 e 1.3: subpopulação A (Controle)

2.1, 2.2 e 2.3: subpopulação B (Irradiada)

Tabela 12. Valores médios de peso de capítulo e de aqúênios, em kg/ha e estande, em número de plantas por parcela, das progênies e da amostra selecionada da subpopulação A (Controle) e da subpopulação B (Irradiada), e das testemunhas (A = Contisol e B = Conti-112), por experimento e agrupado. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Característica	Subpopulação A			Agrupado	Subpopulação B			Agrupado
	1.1	1.2	1.3		2.1	2.2	2.3	
Peso de capítulo								
Progenies	2402	2397	2364	2387	2327	2369	2348	2348
Amostras	2920	2912	2910	2914	2886	3067	3074	3009
A	4020	4949	4457	4474	4637	4326	4066	4349
B	1846	2134	2171	2051	1954	2069	2057	2026
Estande								
Progenies	12,65	12,39	12,59	12,54	12,20	11,81	12,32	12,11
Amostra	12,33	12,83	13,00	12,72	12,85	12,75	12,50	12,70
A	10,70	12,20	11,70	11,53	11,00	11,30	11,20	11,17
B	11,00	11,20	11,90	11,37	12,00	11,30	11,60	11,63
Peso de aquíenio								
Progenies	1314	1327	1316	1319	1253	1278	1278	1270
Amostra	1654	1689	1709	1684	1661	1733	1677	1690
A	1786	2077	2103	1989	2211	1806	1851	1957
B	1397	1323	1337	1351	1189	1263	1249	1234

Tabela 13. Valores médios de altura de planta, altura de capítulo e diâmetro de capítulo, em cm, das progênie e da amostra selecionada da subpopulação A (Controle) e da subpopulação B (Irradiada), e das testemunhas (A = Contisol e B = Conti-112), por experimento e agrupado. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Característica	Subpopulação A			Agrupado	Subpopulação B			Agrupado
	1.1	1.2	1.3		2.1	2.2	2.3	
Altura de planta								
Progênie	138,10	137,05	135,38	136,84	133,98	132,73	128,07	131,59
Amostra	147,71	141,96	147,25	145,64	142,88	144,10	140,95	142,64
Testemunhas A	192,50	190,00	191,50	191,33	193,00	206,70	188,10	195,93
Testemunhas B	165,30	161,00	160,90	162,40	165,40	166,70	158,10	163,40
Altura de capítulo								
Progênie	111,63	113,70	114,99	113,44	110,33	109,81	105,31	108,48
Amostra	119,29	122,83	122,00	121,37	117,15	120,90	112,35	116,80
Testemunhas A	151,20	156,40	160,30	155,97	147,50	161,50	158,10	155,70
Testemunhas B	121,90	112,20	116,40	116,83	112,70	115,40	112,90	113,67
Diâmetro de capítulo								
Progênie	15,25	15,30	15,38	15,31	15,36	15,56	15,41	15,44
Amostra	17,25	16,29	17,00	16,85	16,73	16,85	16,90	16,83
Testemunhas A	19,90	19,20	19,40	19,50	19,70	19,90	18,50	19,37
Testemunhas B	13,20	12,80	13,00	13,00	13,00	13,40	13,10	13,17

Tabela 14. Produtividade média do peso de aqûênios das progênies da subpopulação A (controle) e subpopulação B (irradiada), da amostra selecionada, das testemunhas e do ganho esperado por seleção (Gs). Girassol - Londrina, PR, 1985.

	Subpopulação A		Subpopulação B	
	kg/ha	%	kg/ha	%
Original	1319	100,00	1270	100,00
Amostra selecionada	1684	127,70	1690	133,00
Ganho esperado	199	15,10	256	20,20
Ciclo I (esperado)	1518	115,10	1526	120,20

Testemunhas				
- Contisol	1989	150,80	1957	154,10
- Conti-112	1351	102,40	1234	97,20

Tabela 15. Resposta correlacionada esperada com seleção baseada no peso de aqûênios¹, sobre o peso de capítulo (PC), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC). Girassol - Londrina, PR, 1985.

Caractere	Unidade	Subpopulação <u>A</u> Controle		Subpopulação <u>B</u> Irradiada	
		a nível de planta	% da média	a nível de planta	% da média
PC	g	7,61	12,75	8,96	15,27
AP	cm	7,15	5,23	7,71	5,86
AC	cm	6,25	5,51	7,21	6,65
DC	cm	0,50	3,27	0,58	3,76

¹/ Baseada na seleção de 11,33% e 11,00% das progênies e subpopulação A (Controle) e da subpopulação B (Irradiada), respectivamente.

Tabela 16. Valores dos coeficientes de regressão (b) para peso de capítulo e estande (PC) e peso de aqûênios e estande (PA) para cada experimento. Girasol - Londrina, PR, 1985.

Caractere	Experimentos			
	1.1	1.2	1.3	2.1 2.2 2.3
PC	40.8960	49.3259	37.5678	42.2981 49.5359 54.5828
PA	22.4569	27.6783	22.1407	16.1288 26.0348 26.7827

Experimentos 1.1, 1.2 e 1.3: subpopulação A (Controle)
 2.1, 2.2 e 2.3: subpopulação B (Irradiada)

Tabela 18. Produtos médios de progênes (PMT) e produtos médios do erro (PME) das análises agrupadas dos experimentos da subpopulação A Controle e da subpopulação B Irrradiada. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Correlações ^{1/}	Subpopulação A Controle		Subpopulação B Irrradiada	
	PMT	PME	PMT	PME
PC x PA	19468,44	8880,29	22856,08	9846,79
PC x AP	1508,16	282,99	1801,52	372,83
PC x AC	1447,16	337,24	1693,92	332,90
PC x DC	226,30	96,26	214,03	78,83
PA x AP	885,64	174,55	991,67	191,97
PA x AC	850,39	229,07	932,08	184,63
PA x DC	108,61	59,29	108,54	48,05
AP x AC	170,72	49,18	202,67	63,04
AP x DC	14,04	5,03	13,64	5,97
AC x DC	13,33	5,76	11,27	5,84

^{1/} A nível de totais de parcelas..

Tabela 19. Estimativas, obtidas do nível de plantas, da covariância genética entre progênies ($C\hat{O}V_p$), da covariância ambiental entre parcelas ($C\hat{O}V$), da covariância genética aditiva entre progênies ($C\hat{O}V_A$) e da covariância fenotípica entre médias de progênies ($C\hat{O}V_{\bar{F}}$), entre os caracteres peso de capítulo (PC), peso de aquênios (PA), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC). Girassol - Londrina, PR, 1985.

Caracteres	$C\hat{O}V_p$	$C\hat{O}V$	$C\hat{O}V_A$	$C\hat{O}V_{\bar{F}}$
Subpopulação A (Controle)				
PC x PA	27,0106	45,3076	108,0423	49,6644
PC x AP	43,7561	20,2136	175,0243	53,8629
PC x AC	39,6400	12,0443	158,5600	51,6843
PC x DC	4,6443	3,4379	18,5772	8,0821
PA x AP	25,3961	6,2339	101,5844	31,6300
PA x AC	22,1900	8,1811	88,7600	30,3711
PA x DC	1,7614	2,1175	7,0456	3,8789
AP x AC	60,7700	49,1800	243,0800	85,3600
AP x DC	4,5050	5,0300	18,0200	7,0200
AC x DC	3,7850	5,7600	15,1400	6,6650
Subpopulação B (Irradiada)				
PC x PA	33,1870	50,2387	132,7479	58,3063
PC x AP	51,0246	26,6307	204,0986	64,3400
PC x AC	48,6079	23,7786	194,4316	60,4971
PC x DC	4,8286	5,6307	19,3144	7,6439
PA x AP	28,5607	13,7121	114,2428	35,4168
PA x AC	26,6946	13,1879	106,7784	33,2886
PA x DC	2,1604	3,4321	8,6416	3,8764
AP x AC	69,8150	63,0400	279,2600	101,3350
AP x DC	3,8350	5,9700	15,3400	6,8200
AC x DC	2,7150	5,8400	10,8600	5,6350

COV_p = covariância genética entre progênies;
 COV_e = covariância do erro ambiental entre parcelas;
 COV_A = covariância genética aditiva entre progênies;
 $COV_{\bar{F}}$ = covariância fenotípica entre médias de progênies.

Tabela 20. Estimativas, obtidas ao nível de plantas, do coeficiente de correlação genética (r_A) entre os caracteres peso de capítulo (PC), peso de aquênios (PA), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC), e diâmetro de capítulo (DC) da subpopulação A Controle e da subpopulação B Irradiada. Gi-rassol - Londrina, PR, 1985.

Caracteres	Subpopulação <u>A</u> Controle				
	PC	PA	AP	AC	DC
PC	-	0,9498	0,7612	0,6893	0,7328
PA	0,9303	-	0,7107	0,6207	0,4416
AP	0,7557	0,6355	-	0,8409	0,5587
AC	0,7494	0,6184	0,8545	-	0,4693
DC	0,6839	0,4598	0,4312	0,3178	-

Subpopulação B Irradiada

Tabela 21. Estimativas, obtidas ao nível de plantas, do coeficiente de correlação fenotípica entre médias de progênies (r_F) para os caracteres peso de capítulo (PC), peso de aqúênios (PA), altura de planta (AP), altura de capítulo (AC) e diâmetro de capítulo (DC) da subpopulação A Controle e da subpopulação B Irrradiada. Girassol - Londrina, PR, 1985.

Caracteres	Subpopulação A Controle				
	PC	PA	AP	AC	DC
PC	-	0,8808	0,5563	0,4872	0,6116
PA	0,8934	-	0,5084	0,4455	0,4568
AP	0,5403	0,4847	-	0,7292	0,4814
AC	0,4921	0,4412	0,7362	-	0,4172
DC	0,4997	0,4130	0,3983	0,3187	-

Subpopulação B Irrradiada

FIGURAS

Figura 1. Distribuição das médias para o peso de capítulo (kg/ha) das progênes de meios irmãos das subpopulações A (Controle) e B (Irradiada), das amostras selecionadas e das testemunhas. N = número de progênes; $\bar{x}$ = média das progênes e AV = amplitude de variação (intervalo de classe = 153,3).

Figura 2. Distribuição das médias para o peso de aquênios (kg/ha) das pro-gênes de meios irmãos das subpopulações A (Controle) e B (Irra-diada), das amostras selecionadas e das testemunhas. N = número de progênes; $\bar{x}$ = médias das progênes e AV = amplitude de va-riação (intervalo de classe = 88,7).

Figura 4. Distribuição de médias para altura de capítulo (cm) das progênies de meios irmãos das subpopulações A (Controle) e B (Irradiada), das amostras selecionadas e das testemunhas. N = número de progênies; $\bar{x}$ = média das progênies e AV = amplitude de variação (intervalo de classe = 4,01).

Figura 5. Distribuição das médias para diâmetro de capítulo (cm) das progênies de meios irmãos das subpopulações A (Controle) e B (irradiada), das amostras selecionadas e das testemunhas. N = número de progênies, $\bar{x}$ = média das progênies e AV = amplitude de variação (intervalo de classe = 0,69).