ANÁLISE GENÉTICA DA VARIAÇÃO INDUZIDA POR RADIAÇÃO GAMA EM CARACTERES QUANTITATIVOS DE CAUPI [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

JOÃO PRATAGIL PEREIRA DE ARAÚJO

Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Doutor em Agronomia. Área de concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA

Estado de São Paulo - Brasil

Outubro - 1987

A663a Araújo, João Pratagil Pereira de
 Análise genética da variação induzida por
 radiação gama em caracteres quantitativos de
 caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. Piraci-
 caba, 1987.
 192p. ilus.

Tese-ESALQ
Bibliografia

1. Feijão-de-corda. 2. Feijão-Irradiação.
L. Escola Superior de Agricultura "Luiz de
Queiroz", Piracicaba.

CDD 633.33

ANÁLISE GENÉTICA DA VARIAÇÃO INDUZIDA POR RADIAÇÃO GAMA EM CARACTERES
QUANTITATIVOS DE CAUPI [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

JOÃO PRATAGIL PEREIRA DE ARAÚJO

APROVADO EM 05.11.1987

Comissão julgadora

Prof. Dr. Natal Antonio Vello

ESALQ/USP

Prof. Dr. Gerhard Bandel

ESALQ/USP

Prof. Dr. Akihiko Ando

ESALQ/CENA/USP

Prof. Dr. José Djair Vendramin

ESALQ/USP

Engº Agrº Dr. Earl Eugene Watt

IITA/EMBRAPA/CNPAP

05-11-87

Prof. Dr. Natal Antonio Vello

Orientador

Aos que se dedicam
à pesquisa agrícola
visando minimizar
a fome e a desnutrição
de nosso povo,
OFEREÇO

À minha esposa Hélia
e às nossas filhas
Inês e Taís,
DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Aos Professores do Departamento de Genética da ESALQ, pelos ensinamentos que me foram transmitidos, que viabilizaram a realização e interpretação desta pesquisa e que serão úteis para futuros trabalhos na área de genética e melhoramento de plantas.
- Ao Prof. Dr. Natal Antonio Vello, pela orientação prestada durante a realização do meu curso e na elaboração do projeto de tese, execução da pesquisa e análise estatístico-genética.
- Ao Prof. Dr. Akihiko Ando, pela irradiação das sementes utilizadas nos experimentos de tese e principalmente pelo estímulo e amizade demonstrados durante o período de realização do curso.
- Ao Prof. Dr. Augusto Tulmann Neto, pelo incentivo, encorajamento e apoio na participação de cursos e eventos extracurriculares que complementaram a minha formação na área de melhoramento de plantas por indução de mutação.
- Ao Prof. Dr. Gerhard Bandel por ter participado, juntamente com os Professores Natal Antonio Vello e Akihiko Ando, da minha Banca de Exame Geral de Qualificação.
- À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF, pela oportunidade do treinamento e pelo suporte financeiro para realização do curso e dos experimentos da tese em sua base física de Goianira - GO.
- Aos Diretores do CNPAF Almiro Blumenschein (até 1986) Emílio da Maia Castro (a partir de 1986) pelo estímulo e facilidades apresentadas para realização dos experimentos, beneficiamento da colheita, obtenção dos dados de laboratório e análise estatística de minha tese nesta instituição.

- Ao Dr. Antonio Renes Lins de Aquino, chefe Adjunto Administrativo do CNPAF, por todo o apoio que me foi dado para a execução da pesquisa no CNPAF e pela amizade e incentivo à obtenção dos objetivos propostos.
- Ao Dr. Earl Eugene Watt, pesquisador do International Institute of Tropical Agriculture - IITA/CNPAF, pela orientação recebida e pelo apoio e sugestões apresentadas na execução dos experimentos de campo no CNPAF.
- Ao Dr. Ricardo José Guazzelli, do CNPAF, pelo apoio e estímulo durante a realização desta pesquisa.
- Ao Dr. Francisco José P. Zimmermann, responsável pelo Setor de Estatística do CNPAF, pela coordenação das análises estatísticas realizadas.
- À Assistente Administrativa II Nilda Pessoa de Sousa, do CNPAF, pela digitação e execução das análises estatísticas dos dados em computador.
- Ao Técnico Agrícola Vicente Henrique Afonso Tavares, do CNPAF, pela ajuda na condução do experimento, coleta dos dados, beneficiamento da colheita e determinações de laboratório.
- Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela bolsa de estudo concedida.
- Aos colegas do curso de pós-graduação, pela amizade e incentivo demonstrados durante a realização do curso e de pesquisa da Tese.

ÍNDICE

	<u>página</u>
RESUMO	x
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1. Tamanho de população necessário para se detectar mutan- tes para caracteres qualitativos e quantitativos	11
2.2. Metodologias utilizadas para avaliação da variabilidade genética quantitativa induzida por tratamento muta- gênico	12
2.3. Efeitos da indução de mutação em caracteres quantitati- vos	20
2.4. Indução de mutação em espécies autógamas	21
2.5. Avaliação genética da variação quantitativa induzida..	27
2.6. Herança dos caracteres estudados	29
3. MATERIAL E MÉTODOS	32
3.1. Origem do cultivar BR 1-Poty	32
3.2. Tratamento mutagênico	33
3.3. Avanço da geração M_1	33
3.4. Frequência de mutações de clorofila em plântulas M_2 ..	34
3.5. Influência da radiação gama na resitência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV	35
3.6. Avaliação da variabilidade fenotípica induzida nas plan- tas da geração M_2	37
3.7. Avaliação da variabilidade genética induzida nas plan- tas da geração M_3	38
3.8. Caracteres avaliados nas gerações M_2 e M_3	39
3.9. Análise estatístico-genética	40
3.9.1. Geração M_2	41
3.9.2. Geração M_3	43
3.9.3. Análise conjunta das gerações M_2 e M_3	44
3.9.4. Parâmetros genéticos	48

	<u>página</u>
3.9.4.1. Partição da variação	48
3.9.4.2. Herdabilidade	49
3.9.4.3. Progresso genético esperado com a sele- ção	52
4. RESULTADOS	53
4.1. Frequência de mutantes de clorofila em plântulas M_2 do cultivar BR 1-Poty	53
4.2. Influência da radiação gama na resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV	55
4.3. Efeitos da radiação gama em alguns caracteres agronômi- cos em plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty	59
4.3.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na gera- ção M_2 do cultivar BR 1-Poty	62
4.3.2. Efeito na variância fenotípica dos caracteres ava- liados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty	68
4.3.3. Efeito na distribuição da frequência dos caracte- res avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty.	72
4.4. Efeitos da radiação gama em alguns caracteres agronômicos das plantas M_3 do cultivar BR 1-Poty	77
4.4.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na gera- ção M_3 do cultivar BR 1-Poty	79
4.4.2. Efeito da irradiação na variância genotípica dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty	79
4.5. Efeito da radiação gama na associação entre os caracteres do cultivar BR 1-Poty nas gerações M_2 e M_3	81
4.5.1. Geração M_2	81
4.5.2. Geração M_3	86
4.6. Coeficiente de correlação e regressão linear entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cultivar BR 1-Poty	87

4.7. Coeficiente de covariância entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cultivar BR 1-Poty	91
4.8. Parâmetros genéticos	91
4.8.1. Partição da variação genética	91
4.8.2. Herdabilidade	93
4.8.3. Seleção e progresso genético esperado com a seleção	97
4.8.3.1. Seleção de progênes com base em critérios individuais e combinados e alterações nos demais caracteres	97
4.8.3.2. Estimativas do progresso genético com a seleção	115
5. DISCUSSÃO	125
5.1. Frequência de mutações de clorofila em plântulas M_2 do cultivar BR 1-Poty	125
5.2. Influência da radiação gama na resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV	128
5.3. Efeitos da radiação gama em alguns caracteres agronômicos das plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty	131
5.3.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty	132
5.3.2. Efeito na variância fenotípica dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty ..	136
5.3.3. Efeito na distribuição de frequência dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty	136
5.4. Efeito da radiação gama em alguns caracteres agronômicos das plantas M_3 do cultivar BR 1-Poty	138
5.4.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty	138
5.4.2. Efeito na variância genotípica dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty ..	140

5.5. Efeito da radiação gama na associação entre os caracteres do cultivar BR 1-Poty nas gerações M_2 e M_3	141
5.6. Coeficiente de correlação e regressão linear entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cultivar BR 1-Poty	143
5.7. Coeficientes de covariâncias fenotípicas entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cultivar BR 1-Poty	145
5.8. Partição da variação genética	146
5.9. Herdabilidade	148
5.10. Seleção de progênes com base em critérios individuais e combinados e alterações nos demais caracteres	150
5.11. Estimativas do progresso genético esperado com a seleção	152
6. CONCLUSÕES	156
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	158
APÊNDICE	176

ANÁLISE GENÉTICA DA VARIAÇÃO INDUZIDA POR RADIAÇÃO GAMA
EM CARACTERES QUANTITATIVOS DE CAUPI [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]

Autor: JOÃO PRATAGIL PEREIRA DE ARAÚJO

Orientador: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

RESUMO

No presente estudo procedeu-se a uma análise genética do efeito da radiação gama de cobalto 60 na indução de mutações em caracteres quantitativos do cultivar de caupi BR 1-Poty. Os experimentos foram plantados em Goiânia, GO, Brasil, localizado à longitude de 49° 13' W, latitude de 16° 50' S e altitude de 800 metros, em um Latossolo Vermelho Amarelo. Avaliaram-se os caracteres: início de florescimento (FI), número de vagens por planta (NVP), comprimento médio da vagem (CMV), número de sementes por vagem (NSV), peso de cem sementes (PCS), produção de sementes por planta (PSP) e produção de sementes por planta estimada através dos componentes de produtividade (PSPE). Avaliou-se ainda a resistência das populações irradiadas ao vírus do mosaico transmitido por afídeos (CpAMV).

As sementes do cultivar BR 1-Poty foram irradiadas com as doses de 15 e 25 kR e comparadas nas gerações M_2 e M_3 com este mesmo cultivar não irradiado (dose 0 kR). Ambas gerações foram plantadas em blocos ao acaso e as plantas avaliadas individualmente em cada geração. Os seguintes parâmetros estatístico-genéticos foram estimados: médias, variâncias, covariâncias, coeficientes de correlação entre caracteres e entre gerações, regressão parental-descendente, coeficientes de assimetria e curtose, coeficientes de herdabilidade (sentido restrito e amplo), componentes da variância genética e progresso genético esperado com a seleção.

Os resultados indicaram que a metodologia de associar as

plantas individuais T_1 e M_2 às suas respectivas progênes T_2 e M_3 foi eficiente, permitindo a estimativa dos parâmetros genéticos, mesmo para os caracteres em que o cultivar original (não irradiado) BR 1-Poty, não comportou-se como linhagem pura. A resistência do cultivar BR 1-Poty ao vírus do mosaico transmitido por afídeos (CpAMV) não foi alterada pela radiação gama. A quantidade de mutação induzida foi suficiente para aumentar a variabilidade genética dos caracteres quantitativos número de sementes por vagem, número de vagens por planta e comprimento médio de vagem. O efeito da radiação gama foi negativo no caráter peso de cem sementes, uma vez que reduziu a sua média, variância e a herdabilidade ; conseqüentemente, o progresso genético esperado no peso de cem sementes foi superior com a seleção aplicada no cultivar original (não irradiado) BR 1- Poty, em relação à população irradiada deste cultivar.

GENETIC ANALYSIS OF THE INDUCED VARIATION IN QUANTITATIVE CHARACTERS
OF COWPEA [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] THROUGH
GAMMA RADIATION

Author: JOÃO PRATAGIL PEREIRA DE ARAÚJO

Adviser: Prof. Dr. NATAL ANTONIO VELLO

SUMMARY

A genetic analysis was made in order to study the effect of gamma rays in inducing variability on quantitative characters of cowpea cultivar BR 1-Poty. The experiments were planted in Goianira, GO, Brazil, situated at 49° 13' W of longitude, 16° 50'S of latitude and 800 meters of altitude, in a Red-Yellow Latossol. The following characters were evaluated: days to first flower (FI), number of pods per plant (NVP), pod length (CMV), number of seeds per pod (NSV), 100-seed weight (PCS), seed yield per plant (PSP) and seed yield per plant estimated by yield components (PSPE). The resistance of irradiated populations to cowpea aphid-borne mosaic virus (CpAMV) was also evaluated.

The seeds of the cultivar BR 1-Poty were irradiated with cobalt 60 at doses of 15 and 25 kR gamma rays. The M_2 plants and their M_3 progenies were evaluated and compared to a nonirradiated cultivar (dose 0 kR). Both material were planted in randomized complete block designs and evaluated on an individual plant basis during 1985 and 1986. The following genetic-statistical parameters were estimated: means, variances, covariances, coefficients of correlation between characters and between generations, offspring-parent regressions, coefficients of skewness and kurtosis, coefficients of heritability (narrow and broad-sense), genetic components and genetic advance through selection.

The results indicated that the methodology of associating individual T_1 and M_2 plants with their respective T_2 and M_3 progenies was

efficient in estimating genetic parameters, even for those characters on which the original cultivar BR 1-Poty did not perform as pure line. The resistance of cultivar BR 1-Poty to the cowpea aphid-borne mosaic virus (CpAMV) was not altered by gamma radiation. The amount of induced mutation was enough to increase the genetic variability of quantitative characters, such as, number of seeds per pod, number of pods per plant and pod length. The effect of the gamma radiation was negative on 100-seed weight reducing the mean, variance and heritability of the character. Consequently, the expected genetic gain in 100-seed weight was superior with selection applied on the original cultivar BR 1-Poty than to the irradiated population.

1. INTRODUÇÃO

O caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], também conhecido como feijão-de-corda, feijão macassar e feijão fradinho, é, segundo FARIS (1965), originário do Oeste da África e foi provavelmente domesticado nos sistemas agrícolas compostos pelo sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] e o milheto (*Pennisetum typhoides*).

A data de sua introdução no continente americano é controversa. De acordo com STEELE (1979), o caupi foi introduzido no Novo Mundo no século XVII, pelos espanhóis. No entanto, FREIRE Filho¹, com base numa série de evidências históricas, concluiu que o mais provável é que o caupi tenha sido introduzido ainda no século XVI, simultaneamente por espanhóis e portugueses. Segundo este mesmo autor, a introdução ocorreu primeiramente nas colônias espanholas e, em seguida, no Brasil, provavelmente no Estado da Bahia, de onde disseminou-se, acompanhando a colonização, para todas as regiões do País.

¹ FREIRE Filho, F.R. (Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Teresina - EMBRAPA, Teresina, PI), Origem, Evolução e Domesticação do caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.]. In: ARAÚJO, J. P.P. de & WATT, E.E. (ed.). O Caupi no Brasil. (Em elaboração).

Atualmente o caupi é cultivado, principalmente, nas regiões Norte e Nordeste do Brasil visando a produção de grãos para o consumo humano. Em 1986 a área cultivada com essa espécie foi de 1.417.400 ha, que correspondeu a 26% da área cultivada com feijão, tendo sido colhidas 380.500 t, o que corresponde a uma produtividade média de 268,45 kg/ha (TEIXEIRA *et alii*¹). É portanto, depois do feijão comum (*Phaseolus vulgaris* L.), a segunda espécie de feijão mais cultivada no Brasil.

Os programas de melhoramento de caupi são relativamente recentes no Brasil, onde somente a partir de 1978 é que se implantou um programa integrado de melhoramento desta espécie, envolvendo várias instituições de pesquisa, sob a coordenação do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA/CNPAP (ARAÚJO *et alii*, 1980).

Após nove anos de pesquisas, novos cultivares foram recomendados ou lançados para vários Estados das regiões Norte e Nordeste do Brasil (Tabela 1), obtidos através da aplicação dos métodos de melhoramento, introdução e competição de cultivares, seleção massal e seleção genealógica. Só recentemente é que a possibilidade de utilização da indução de mutação no melhoramento do caupi vem sendo pesquisada no Brasil (SÁ, 1984; ALBERTONI *et alii*²).

Dos cultivares de caupi já lançados no Brasil, o BR 1-Poty merece destaque, não só pelos altos níveis de produtividade, obtidos em 87 experimentos de competição conduzidos entre 1980 e 1983, período que

¹ TEIXEIRA, S.M.; MAY, P.H.; SANTANA, A.C. de. (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão-EMBRAPA, Goiânia, GO; Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, CE; Faculdade de Ciências Agrárias do Pará, Belém, PA). Produção e Importância Econômica do Caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J.P.P. de & WATT, E.E. (ed.). O Caupi no Brasil. (Em elaboração).

² ALBERTONI, M.R.; ARAÚJO, J.P.P. de; WATT, E.E. (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA, Goiânia, GO). Indução de mutação em caupi visando resistência ao vírus do mosaico severo e cor das sementes. (Aceito para publicação no volume 22 da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira).

TABELA 1. Principais métodos de melhoramento utilizados em caupi no Brasil e cultivares obtidos por Estado.

Método de melhoramento/ cultivares	Ano de reco- mendação ou lançamento	Estado	Referências
Introdução e competição de cultivares			
- Alagoano	1967	Pernambuco	MIRANDA (1979) e MIRANDA <i>et alii</i> (1979a)
- Seridó	1971; 1978	Pernambuco	MIRANDA (1979); MIRANDA <i>et alii</i> (1979b); KRUTMAN <i>et alii</i> (1971)
- Pitiúba	1979; 1981	Ceará, Piauí	PAIVA ¹ ; FREIRE Filho <i>et alii</i> (1981) e EMBRAPA/UEPAE - Teresina (s.d.a.)
- IPEAN V-69	1980	Manaus	NOGUEIRA & MARTINS (1980)
- Quarenta dias, Pen- danga, Sempre-verde	1981	Piauí	FREIRE Filho <i>et alii</i> (1981) e EMBRAPA/ UEPAE - Teresina (s.d.a.)
- Manaus (VITA 11 ex 4R-0267-01F)	1981	Manaus	NOGUEIRA (1981)
- EMAPA 821 (VITA 6)	1982	Maranhão	EMAPA/EMBRAPA/CNPAF (s.d.) e SOARES & GOMES (1982)
- EMAPA 822 (VITA 3)	1982; 1983	Maranhão, Piauí	EMAPA/EMBRAPA/CNPAF (s.d.) e SOARES & GOMES (1982); FREIRE Filho <i>et alii</i> (1981)
- EPACE 1 (VITA 7)	1981; 1983	Ceará, Piauí	EMBRAPA/CNPAF (1986); FREIRE Filho <i>et</i> <i>alii</i> (1981)
- EPACE 6 (TV x 1836- -013J)	1983	Ceará	EMBRAPA/CNPAF (1986)
- BR 8 - Caldeirão	1986	Manaus	EMBRAPA/CNPAF (1986)
Seleção Massal			
- IPEAN V-69	1969	Pará	PONTE (1969)
- BR 2 - Bragança	1984	Pará	EMBRAPA/CPATU/CNPAF (s.d.)
- BR 3 - Tracuateuá	1984	Pará	EMBRAPA/CPATU/CNPAF (s.d.)
- BR 9 - Longá	1986	Piauí	EMBRAPA/UEPAE-Teresina (s.d.b.)
Seleção genealógica			
- Caupi IPA 201			
- Caupi IPA 202	1981	Pernambuco	EMBRAPA (1983)
- Caupi IPA 203	1982	Pernambuco	EMBRAPA (1983)
- BR 1 - Poty	1984	Piauí, Ceará	EMBRAPA/CNPAF (s.d.); FREIRE Filho <i>et alii</i> (1985)
- BR 6 - Serrano	1984	Rio Gde. do Norte	EMBRAPA/CNPAF (1986)
- BR 4 - Rio Branco	1985	Acre	EMBRAPA/UEPAE Rio Branco/CNPAF (s.d.)
- BR 5 - Cana verde	1985	Acre	EMBRAPA/UEPAE Rio Branco /CNPAF (s.d.)
- CNC 0434	1982; 1985	Maranhão, Amapá	RIOS <i>et alii</i> (1982); EMBRAPA/EMAPA/ UEPAT de Macapá/CNPAF (s.d.)
- BR 10 - Piauí	1986	Piauí	CARDOSO <i>et alii</i> (1987)

¹ PAIVA, J.B. (Universidade Federal do Ceará, Fortaleza). Comunicação pessoal, 1987.

coincidiu com a recente seca ocorrida no Nordeste, mas também pela sua resistência múltipla às várias raças do vírus do mosaico transmitido por afídeos - *Aphis craccivora* Koch, 1854 - (CpAMV), fator limitante à produção de caupi nas regiões produtoras (EMBRAPA/CNPAP (s.d.); FREIRE Filho et alii, 1985). Apesar das características favoráveis mencionadas, o cultivar BR 1-Poty não foi recomendado nos Estados da Bahia, Maranhão, Pernambuco e Rio Grande do Norte devido possuir sementes relativamente pequenas. Ele apresenta peso médio de cem sementes ao redor de 13 gramas, valor que é inferior ao padrão comercial exigido de no mínimo 18 gramas por cem sementes. Para melhorar este caráter limitante, utilizou-se o método da indução de mutação, que tem se mostrado eficiente no aumento da variabilidade genética dos caracteres quantitativos de várias espécies autógamas (SCOSSIROLI, 1965; BROCK, 1965; FREY, 1965).

A principal limitação associada à indução de variabilidade genética no cultivar BR 1 - Poty é a sua heterogeneidade natural, resultante da própria metodologia de seleção utilizada na sua obtenção: hibridação e seleção genealógica entre e dentro de progênies até a geração F_3 , seguida de seleção entre progênies e testes de produtividade a partir da geração F_5 . Esta limitação ocorre porque a teoria sobre os efeitos dos tratamentos mutagênicos em plantas autógamas preconiza o uso de linhas puras como o material básico a ser tratado com o agente mutagênico. No entanto, dado o valor agrônomo do cultivar BR 1-Poty decidiu-se realizar o presente estudo, visando atender aos seguintes objetivos:

a. induzir variabilidade genética no cultivar BR 1- Poty, através da irradiação de embriões pré-formados (sementes dormentes) com raios gama de cobalto 60 (^{60}Co), visando a identificação de linhagens, nas gerações posteriores ao tratamento, com pesos médios de cem sementes superiores à média parental, preservando-se as suas características de produtividade e de resistência às várias raças do CpAMV.

b. isolar os componentes genéticos das variâncias para a

obtenção de estimativas dos parâmetros genéticos que auxiliem a escolha da melhor metodologia de seleção a ser aplicada nas gerações futuras; e

c. analisar a estrutura genética das populações irradiadas do cultivar BR 1-Poty, visando conhecer-se o seu potencial genético para o melhoramento do caupi.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O principal valor da indução de mutação como método de melhoramento de plantas autógamas é a criação de variabilidade genética em cultivares homozigóticos e geneticamente uniformes, através da aplicação de agentes mutagênicos físicos e químicos. Tais agentes atuam pela alteração do DNA, provocando mutações gênicas (ou de ponto) e/ou aberrações cromossômicas estruturais (deleções, duplicações, inversões e translocações). Com o emprego de indução de mutação pode-se ampliar a variabilidade disponível no germoplasma das espécies cultivadas, de maneira mais rápida do que através de mutações espontâneas, cruzamentos naturais e, em certos casos, cruzamentos artificiais.

Nos últimos anos, o método de melhoramento por indução de mutação em plantas vem sendo mais frequentemente utilizado para a solução de problemas da agricultura que dependem do melhoramento genético. DONINI et alii (1984) catalogaram o número de cultivares desenvolvidos através da utilização da indução de mutação, totalizando 499 cultivares, sendo 392 resultantes da utilização direta do mutante obtido, e 107 resultantes da utilização do mutante em cruzamentos (Tabela 2). Entre as espécies envolvidas estão as autógamas, alógamas e as de propagação vege

TABELA 2. Número de cultivares desenvolvidos pela utilização de mutações induzidas. De acordo com o Mutation Breeding News Letter Nºs. 1-20 (DONINI et alii, 1984).

	Uso direto do mutante	Uso do mutante em cruzamentos	Total
a. Espécies propagadas por sementes:			
- cevada	23	34	57
- trigo	21	8	29
- trigo durum	5	7	12
- arroz	34	13	47
- aveia, centeio, milheto, milho, gramíneas	10	8	18
- feijão comum	6	4	10
- amendoim	1	9	10
- ervilha	6	2	8
- guandu, soja, lupínos	10	2	12
- outros	30	12	42
b. Espécies propagadas vegetativamente:			
- árvores frutíferas	20	1	21
- cana-de-açúcar, hortelã- -pimenta	10	-	10
- ornamentais	216	7	223
Total	392	107	499

tativa. Levantamento mais recente, realizado por MICKE et alii (1985) indica que já foram lançados 689 cultivares desenvolvidos através de indução de mutação em diferentes países (Tabela 3). Entre os países que desenvolveram maior número de cultivares por essa metodologia de melhoramento, sobressaem-se a Índia (111 cultivares), a China (104 cultivares) e Holanda (102 cultivares). Os maiores progressos obtidos têm sido nas plantas propagadas por sementes (Tabela 3). No entanto, apesar das contribuições já obtidas por esta metodologia de melhoramento, ainda são muitas as críticas a ela dirigida.

A utilidade da mutação induzida em plantas está diretamente ligada a utilidade do mutante obtido, seja para aumentar a produtividade, a qualidade, a resistência às doenças, pragas e aos estresses ambientais e outras características economicamente importante da cultura. Esta utilização poderá ser direta se o mutante selecionado for completamente satisfatório, ou indireta, se o mutante selecionado satisfaz somente uma das propriedades, e não outras, podendo neste caso ser usado em programas de melhoramento por hibridação (MICKE, 1969).

Para que um programa de melhoramento por indução de mutação tenha boa chance de sucesso é necessário existir um objetivo claramente definido (ou o caráter que se deseja melhorar), um cultivar progenitor apropriado, um método de seleção adequado e pessoal qualificado (MICKE¹). Além destes fatores, o sucesso também dependerá da habilidade do melhorista em identificar o mutante entre os indivíduos da população de plantas tratadas com o agente mutagênico. O problema relacionado com a detecção do mutante foi caracterizado por UKAY & YAMASHITA (1974) da seguinte maneira:

¹ MICKE, A. (Plant Breeding and Genetics Section, Joint FAO/IAEA Division - Vienna, Austria). Considerations about the use of induced mutations for improving disease resistance of crop plants (working paper).

TABELA 3. Número de cultivares e/ou linhagens experimentais desenvolvidos através de mutação induzida em diferentes países (MI-CKE et alii, 1985).

Países	Plantas propagadas por sementes			Plantas propagadas vegetativamente				Propagação por sementes + vegetativa Total (3+7)
	Cereais	Outros	Total (1)+(2)	Ornamentais	Frutíferas	Outras	Total (4+5+6)	
	(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)
Argélia		1	1					1
Argentina	1	1	2		1		1	3
Austrália	2	4	6					6
Áustria	3		3					3
Bangladesh		4	4					4
Bélgica		2	2	8		1	9	11
Brasil	1		1					1
Bulgária	3	4	7		1		1	8
Burma	2	2	4					4
Canadá	1	2	3	3	7		10	13
Chile	1		1					1
China	89	15	104					104
Checoslováquia	13	2	15	1			1	16
Dinamarca	2		2					2
Egito		1	1					1
Finlândia	9		9					9
França	5	2	7	10	3		13	20
República Federal da Alemanha	4		4	17	1		18	22
República Democrática Alemã	5		5	12			12	17
Grécia	1		1					1
Hungria	2		2	1			1	3
Índia	16	27	43	65		3	68	111
Indonésia	2	1	3					3
Itália	10	2	12		1		1	13
Costa do Marfim	1		1					1
Japão	31	17	48	8	1	3	12	60
Coreia	2	1	3					3
Holanda		2	2	100			100	102
Noruega	1		1					1
Paquistão	3	3	6					6
Filipinas	3		3					3
Polónia		4	4					4
Suécia	15	6	21					21
Tailândia	3		3					3
Reino Unido	6		6	1			1	7
Estados Unidos	25	7	32	16	1	2	19	51
União Soviética	13	11	24	17	7	2	26	50
Total geral	275	119	396	259	23	11	293	689

"Após o tratamento das sementes de plantas autógamas, a seleção de um mutante é geralmente realizada na geração M_2 , baseada em progênies de plantas, cada uma delas derivadas de uma espiga, vagem ou planta M_1 . Em tal situação, as chances de se obter um mutante desejável aumentam com o aumento do número de plantas por progênie; aumenta também o número de mutantes que aparece em uma progênie decrescendo a probabilidade de que nenhum mutante segregue em uma progênie originada de um grupo de células iniciais transportando um gene mutado, aumentando assim a chance de se identificar uma progênie mutante. Desta forma, tanto o incremento do número de progênies quanto o número de plantas por progênie aumenta a probabilidade de obtenção do mutante desejável planejado. No entanto, em situações reais, o número total de plantas que se pode manipular na geração M_2 é, em geral, limitado em função da disponibilidade de terra, mão-de-obra e recursos financeiros. Além disso, o incremento do número de progênies na geração M_2 leva inevitavelmente ao decréscimo do número de plantas por progênie e vice-versa. Então, o problema se resume em definir qual o número de plantas que deverá ser plantado por progênie, de forma a maximizar a chance de obtenção de um mutante desejável em uma população M_2 , com um número total de plantas fixado, ou, em outras palavras, para minimizar o número total de plantas M_2 necessário para identificação de um mutante para uma dada probabilidade."

YONEZAWA et alii (1969) examinaram a eficiência relativa a três diferentes métodos de melhoramento em plantas autógamas: método da hibridação, método da indução de mutação e uma combinação destes dois métodos, através de computações numéricas obtidas de fórmulas derivadas teoricamente. Concluíram nesse sentido que: (a) o método de indução de mutação é superior ao método de hibridação quando um dos progenitores possui genes favoráveis para todos os locos gênicos ou caracteres, e desfavoráveis para poucos, enquanto o outro progenitor possui genes desfavoráveis para a maioria dos locos ou caracteres. Isto sugere que o método de mutação pode ser utilizado vantajosamente quando se deseja melhorar justamente uma pequena porção dos locos (ou caracteres) do mate

rial melhorado, mantendo as outras partes do conjunto gênico inalterados (b) sob tal circunstância, a eficiência relativa do método de mutação aumenta com o número total de locos, relacionado à dose; (c) para um dado material melhorado, a eficiência relativa do método de indução de mutação comparado com o método de hibridação é pouco influenciada pela taxa de mutação induzida do alelo favorável, sendo quase que exclusivamente influenciada pela taxa de mutação induzida do alelo desfavorável; (4) o atraso no início da seleção até a geração F_4 ou geração mais avançada não é tão vantajoso no método de indução de mutação quanto no método de hibridação.

2.1. Fatores que afetam o tamanho de população necessário para detectar mutantes para caracteres quantitativos e qualitativos

O tamanho efetivo da população a ser utilizado nos programas de melhoramento, representa, segundo STEPHENS (1961), uma importante limitação à expressão da variabilidade genética. Nos programas de melhoramento convencionais o tamanho da população pode ser restringido pelas barreiras de incompatibilidade e esterilidade e pelas dificuldades técnicas para a obtenção de quantidades suficientes de sementes F_1 . Já no melhoramento por mutação induzida, ele é também limitado, não pelo número de sementes que podem ser tratadas com o agente mutagênico, mas pelo número e tipos de plantas que sobrevivem após a injúria inicial, esterilidade induzida e seleção diplôntica.

Baseado na probabilidade de detecção de pelo menos uma progênie ou planta mutante, para caracteres qualitativos, na geração M_2 , bem como nas probabilidades de não ocorrência de tais progênies na referida geração, YOSHIDA (1962) desenvolveu um conjunto de fórmulas matemáticas, aplicáveis a diversos métodos de melhoramento, para o cálculo do tamanho da população M_2 necessário para se detectar pelo menos um mutante desejável. Verificou que em todos os métodos de melhoramento avaliados o tamanho da população aumenta com o aumento do nível de probabilidade de fixado para se detectar pelo menos um mutante na geração M_2 . Entre os

métodos de seleção sobressaiu-se o método de uma semente por planta M_1 . Este método de seleção também foi superior aos demais nas análises realizadas por UKAI & YAMASHITA (1974) e YONEZAWA (1975).

Segundo BROCK (1971), a população mínima necessária na geração M_2 , aumenta com a redução da taxa de segregação, aumento de frequência de mutações e com a elevação dos níveis de probabilidade de se detectar pelo menos um mutante desejável. Na presença de quimera e no caso de mutante indiscernível, o número de plantas por progênes, que minimiza o número de plantas M_2 necessário, aumenta com o aumento do número de setores e/ou decréscimo da taxa de segregação (UKAI & YAMASHITA, 1974).

Os estudos teóricos para determinação do tamanho da população M_2 para detecção de mutantes para caracteres quantitativos foram desenvolvidos por YONEZAWA *et alii* (1970). Segundo estes autores, os caracteres quantitativos são aqueles nos quais as diferenças genotípicas são obscurecidas pela heterogeneidade do ambiente, fazendo com que os mutantes, mesmo presentes na população, não sejam necessariamente detectados, independentemente do número de locos envolvidos na expressão do caráter. Neste estudo, concluíram que o número de plantas M_2 a ser selecionado decresce com o incremento da intensidade de seleção, enquanto que o número de plantas a ser plantado aumenta com a intensidade de seleção. Para uma determinada intensidade de seleção, o número aproximado de plantas M_2 é diretamente proporcional ao número de locos a ser melhorado e inversamente proporcional à taxa de mutação. Portanto, quando o número de locos a ser melhorado for muito grande e a taxa de mutação for baixa, o método de melhoramento por hibridação deve ser preferido.

2.2. Metodologias utilizadas para avaliação da variabilidade genética quantitativa induzida por tratamento mutagênico

A avaliação das micromutações (mutações poligênicas) induzidas por tratamento mutagênico geralmente é feita a partir da geração

M_2 , mais comumente na geração M_3 ou gerações subseqüentes. A metodologia de avanço de gerações a partir de M_1 é feita no sistema de espiga, vagem ou planta/fileira, de tal forma que já nas primeiras gerações são obtidas famílias que poderão ser subdivididas hierarquicamente, mantendo-se a ligação genealógica de cada progênie com o seu parental. A geração M_3 é a mais frequentemente avaliada, em blocos ao acaso ou parcelas subdivididas, com repetições, em um único local (Tabela 4). No entanto, avaliações sem repetições são também realizadas.

A estimação dos parâmetros genéticos na geração M_3 é geralmente baseada nos componentes da análise de variância, estimados a partir da esperança dos quadrados médios, obtidos por vários tratamentos mutagênicos aplicados às linhagens puras, cultivares ou híbridos, dos quais se avaliam suas progênies em comparação com os materiais originais (sem tratamento mutagênico) no mesmo experimento. Estes últimos fornecem a estimação do componente ambiental da variância. No entanto, há casos em que os parâmetros genéticos são estimados de experimentos sem repetição, obedecendo apenas à estrutura hierárquica de famílias e subfamílias (Tabela 4).

A eficiência da aplicação de uma mesma metodologia, numa mesma geração, varia de autor para autor. Os trabalhos mais simples avaliam as famílias da geração M_3 , estimando a média, variância e covariância das populações (ABDALLA & HUSSEIN, 1977; SAWHNEY & SHARMA, 1979), enquanto outros estimam a variância genética e herdabilidade (RAWLINGS et alii, 1958; OJOMO & CHHEDA, 1972; JOSHI & FREY, 1967), variância genética, herdabilidade, coeficiente de variação genética, coeficiente de variação fenotípica, avanço genético esperado pela seleção e coeficiente de correlação entre caracteres (SHARMA & SHARMA, 1984).

O esquema de avaliação que subdivide as progênies M_1 em subprogênies (M_2), subsubprogênies (M_3), subsubsubprogênies (M_4), etc., que favorece uma análise de variância hierárquica, envolvendo todas as

TABELA 4. Delimitações experimentais, esperança do quadrado médio e parâmetros genéticos estimados nos experimentos de avaliação da variação quantitativa induzida após tratamento com mutágenos^{1/}.

Delimitação/Fonte de variação	Quadrado Médio (QM)	Esperança do QM	Parâmetros estimados	Referência
1. Blocos ao acaso				
Progenies (M ₃)	QM ₁	$\sigma_e^2 + r\sigma_g^2$	1. $\sigma_g^2 = \frac{QM_1 - QM_2}{r}$	OJOMO & CHHEDA (1972)
Erro	QM ₂	σ_e^2	2. $h^2 = \frac{\sigma_g^2}{\sigma_g^2 + \sigma_e^2}$	JOSHI & FREY (1967)
			3. Teste "F" = $\frac{QM_1 \text{ (tratado)}}{QM_1 \text{ (controle)}}$	GOUD (1976); RAWLINGS et alii (1958)
2. Parcelas subdivididas				
Famílias	QM ₁	$\sigma_b^2 + 2\sigma_a^2 + 3\sigma_e^2 + 6\sigma_f^2$	1. $\bar{X}$ = média	
(Erro a)	QM ₂	$\sigma_b^2 + 2\sigma_a^2$	2. Componentes de variância	
Linhas/progenies (Erro b)	QM ₃	$\sigma_b^2 + 3\sigma_a^2$	3. $H = \frac{\sigma_1^2 + \sigma_f^2}{\sigma_1^2 + \sigma_f^2 + \sigma_a^2 + \sigma_b^2/3}$	
			4. $G_s(5\%) = 2,06 \left(\frac{\sigma_1^2 + \sigma_f^2}{\bar{X}} \right) \cdot \sqrt{H}$	
			5. Correlação Genética (C.G.)	
			$C.G. = \frac{V_{xy}}{\sqrt{V_x \cdot V_y}}$	KHADAR & SHUKRY (1972)
3. Blocos ao acaso				
Variedades (V)	QM ₁	$\sigma_e^2 + nr\sigma_{ab}^2 + nrp\sigma_a^2$	1. $\bar{X}$ = média	MORSI et alii (1977)
Tratamentos (T)	QM ₂	$\sigma_e^2 + nr\sigma_{ab}^2 + nrq\sigma_b^2$	2. V = variância	
V x T	QM ₃	$\sigma_e^2 + nr\sigma_{ab}^2$	3. C.V. = coeficiente de variação	
Erro	QM ₄	σ_e^2	4. Eficiência relativa do mutágeno = $\frac{C.V. \text{ Tratamento}}{C.V. \text{ Controle}}$	
			5. Correlação fenotípica	
			6. Correlação genotípica = C.G.	

TABELA 4. (continuação)

Delimitação/Fonte de variação	Quadrado Médio (QM)	Esperança do QM	Parâmetros estimados	Referências
3. Continuação				
			$C.G. = \frac{Cov.X_{12}}{\sqrt{\sigma_{x1}^2 \cdot \sigma_{x2}^2}}$	
4. Blocos ao acaso (Hierárquico)			1. $\bar{X}$ = média	SCOSSIROLI et alii (1966)
Total	QM ₁		2. SD = desvio padrão	
Entre repetições (R)	QM ₂	σ_R^2	3. h_{SS}^2 = herdabilidade no nível de subprog.	
Entre Prog. (L)	QM ₃	$\sigma_E^2 + k\sigma_{GSS}^2 + l\sigma_{GS}^2 + m\sigma_{GL}^2$		
R x L	QM ₄	σ_E^2	$h_{SS}^2 = \frac{\sigma_{GSS}^2}{\sigma_{PSS}^2}$	
Entre subprog. dentro de prog.	QM ₅	$\sigma_E^2 + k\sigma_{GSS}^2 + l\sigma_{GS}^2$	4. Assimetria e curtose	
Subprog. x R	QM ₆	σ_E^2	5. Coeficiente de correlação fenotípica estimada ao nível de subsubprogênes	
Entre subsubprog. dentro de subprogenies	QM ₇	$\sigma_E^2 + k\sigma_{GSS}^2$	6. Covariância genética estimada ao nível de subsubprogenies	
Subsubprog. x R	QM ₈	σ_E^2	7. Covariância ambiental estimada ao nível de subsubprog. na geração R ₃ .	
Entre plantas dentro de subsubprog.	QM ₉	$\sigma_E^2 + \sigma_G^2$ (ainda segregando)	8. Resposta à seleção	
			9. Resposta correlacionada para diferentes características observadas na geração R ₁ .	

- continua -

TABELA 4. (continuação)

Delineamento/Fonte de variação	Quadrado Médio (QM)	Esperança do QM	Parâmetros estimados	Referências
5. Análise de Variância Hierárquica (sem repetição)	Geração M ₂			
	1. Variância dentro da prog. (σ _L ²)			
	σ _L ² = $\frac{QM \text{ entre prog. } (V_L) - QM \text{ dentro de prog. } (\sigma_w^2)}{N^o \text{ de plantas / prog. } (g)}$			
	2. H = $\frac{\sigma_L^2}{2}, \sigma_T^2 = \sigma_L^2 + \sigma_w^2$			
	3. GS = $k \sqrt{\frac{2}{\sigma_T^2} \times h^2}$, k = diferencial de seleção para 10% ⇒ k = 1.76			
	Geração M ₃			
	V _{SL} = Quadrado médio entre prog.			
	V _L = Quadrado médio entre prog.			
	V _{SWL} = Quadrado médio entre subprog. dentro de prog.			
	V _W = Quadrado médio dentro de subprog.			
	p = número de sublinhas por prog.			
	q = número de plantas por subprog.			
	1. σ _T ² = variância fenotípica total			
	2. σ _T ² = σ _{SL} ² + σ _W ²			
	3. σ _{SL} ² = $\frac{V_L - V_W}{q}$			
	4. σ _L ² = $\frac{V_L - V_{SWL}}{pq}$			
	5. σ _{SWL} ² = $\frac{V_{SWL} - V_W}{q}$			
	6. h ² = σ _{SL} ² /σ _T ²			
	7. h ² = σ _L ² /σ _T ²			
BOROJEVIC & BOROJEVIC (1968)				
RAO & SIDDIQ (1976)				

BOROJEVIC & BOROJEVIC (1968)

RAO & SIDDIQ (1976)

TABELA 4. (continuação)

Delimitação/Fonte de variação	Quadrado Médio (QM)	Esperança do QM	Parâmetros estimados	Referências
5. Continuação			8. $h^2 = \sigma_{SML}^2 / \sigma_I^2$ 9. $G_s = k\sqrt{\sigma_I^2} \times h^2$ respectivo 10. Coeficiente de correlação (r_{xy}) $r_{xy} = \frac{SP(xy)}{\sqrt{SS(x) \cdot SS(y)}}$	
6. Cruzamentos dialélicos				
a. Efeitos aditivos (C.G.C.)	QM ₁		1. Capacidade geral de combinação	
b. Efeitos não aditivos (C.E.C.)	QM ₂		2. Capacidade específica de combinação	
b.1. na ausência de interação não-alelica, dependente do efeito de todos os alelos dominantes	QM ₃		3. $D = \sum a_i^2$ - expressa os efeitos aditivos 4. $H = \sum d_i(1 - w_i^2)$ - expressa dominância 5. $H_2 = \sum d_i^2(1 - w_i^2)^2$ - expressa dominância 6. $F = 2 \sum a_i d_i w_i (1 - w_i^2)$ - expressa a covariância aditivo x dominante 7. E_2 = expressa o efeito ambiental 8. $H_1/D = (g.m.d)^2$ = grau médio de dominância	
b.2. expressa a variância na dominância atribuível as diferentes linhas parentais	QM ₄		9. $H_2/4HI$ = expressa a independência dos genes dominantes nos parentais	
b.3. detecta a dominância não identificada cada pelos outros itens	QM ₅		10. bW_r/V_r = coeficiente de regressão da reta W_r/V_r	
c. Mede o efeito recíproco de cada parental	QM ₆		11. $1/4 (D-H_1)$ = grau médio de dominância	
d. Variação residual entre os híbridos recíprocos	QM ₇		12. $\overline{W_r} + \overline{V_r} = \overline{Z_r}$	LAWRENCE (1968)

1 A descrição dos símbolos utilizados se encontram no APÊNDICE 1.

gerações, é o que tem fornecido um maior número de estimativas de vários parâmetros genéticos: coeficiente de correlação fenotípica, covariância genética, covariância ambiental, herdabilidade no sentido amplo, resposta à seleção e resposta correlacionada, além de estimativa da média, desvio padrão e avaliação de assimetria e curtose dos dados (SCOSSIROLI et alii, 1966) (Tabela 4).

A análise da estrutura genética das linhas homozigóticas portadoras de mutações poligênicas, induzidas por tratamentos mutagênicos, pode ser realizada utilizando-se dos mesmos procedimentos adotados para a análise de variabilidade obtida por hibridação entre progenitores homozigóticos naturais. Das técnicas utilizadas, para análise da estrutura genética das linhas mutantes nas espécies autógamas, os cruzamentos dialélicos são os que têm sido mais aplicados (LAWRENCE, 1968; UKAI, 1970). Esta técnica foi usada por SINGH & SHARMA (1976) para análise das variações poligênicas induzidas, com relação ao tipo de ação gênica envolvida, nos caracteres produção e componentes de produção em trigo (*Triticum aestivum* L.). Para isto, dividiu as sementes de cada uma das nove cultivares elites em dois lotes, e tratou um deles com uma solução de 0,4% de etilmetanossulfonato (EMS). Os cruzamentos dialélicos foram feitos em todas as combinações (sem os recíprocos) nos dois conjuntos de sementes. As gerações F_1 e F_2 descendentes dos dois tratamentos foram analisadas pelo método de Hayman.

A estimação de parâmetros genéticos nas progênes irradiadas, utilizando-se das metodologias convencionais aplicadas às espécies autógamas, tem sido desenvolvida objetivando não só estimar a variação provocada pelo próprio genótipo, mas também a sua interação com diferentes mutagênicos, visando identificar o tratamento que maximize a liberação de maior variabilidade, ou fatores que possam influenciar a resposta ao tratamento mutagênico aplicado. Com esta finalidade, ANDO & VENCovsky (1967) irradiaram sementes de fumo (*Nicotiana tabacum* L.) de diferentes idades de armazenamento (mais detalhes e os resultados serão apresentados no item 2.4.). Para estimarem o efeito da irradiação, a análise de

variância foi computada de maneira usual, tendo como fontes de variação as diferenças entre tratamentos, parcelas dentro de tratamentos e o efeito residual das plantas dentro de parcelas. Estes três componentes incluem as variâncias fenotípicas e genotípicas, mais o incremento da variância devido à irradiação. A testemunha forneceu uma estimativa das variâncias fenotípicas e genotípicas básicas. O incremento da variância devido à irradiação foi estimado pela diferença entre a variância residual dos tratamentos menos a variância da testemunha correspondente. A herdabilidade do caráter foi calculada pela seguinte fórmula:

$$h^2 = \frac{S_r^2}{(S_o^2 + S_r^2)},$$

onde, S_o^2 e S_r^2 significam as variâncias residual das testemunhas e a variância devida a irradiação, respectivamente.

Além das metodologias convencionais apresentadas, outras metodologias tem sido desenvolvidas para as situações específicas que caracterizam as pesquisas com indução de mutações em caracteres quantitativos, como é o caso da fórmula para a estimação do coeficiente de correlação genotípica (CG), proposta por BROCK (1967):

$$CG = \frac{TMP_{xy}^{(M)} - TMP_{xy}^{(C)}}{\sqrt{[(TMS_x^{(M)} - TMS_x^{(C)}) \cdot (TMS_y^{(M)} - TMS_y^{(C)})]}}$$

onde:

$TMP_{xy}^{(M)}$ e $TMP_{xy}^{(C)}$ - são os produtos médios totais para os caracteres x e y nas populações mutada e controle

$TMS^{(M)}$ e $TMS^{(C)}$ - são os quadrados médios totais nas populações mutada e controle.

No cálculo do CG, BROCK (1967) considera que as variâncias e covariâncias totais na população mutada, menos as respectivas variâncias e covariâncias na população controle representam variância e

covariância induzida. A mesma metodologia de cálculo foi usada por Sakai e Suzuki¹, citados por BROCK (1967), para calcular o grau de efeito pleiotrópico entre a produção e seus componentes em arroz (*Oriza sativa* L.), sendo portanto os dois parâmetros semelhantes.

2.3. Efeitos da indução de mutação em caracteres quantitativos

Os efeitos da mutação induzida em caracteres quantitativos não são facilmente observáveis no fenótipo das plantas tratadas, de maneira que as técnicas de análise biométrica e de genética quantitativa são poderosos instrumentos na avaliação e identificação dos efeitos dos agentes mutagênicos nas populações tratadas. Com os dados já acumulados na literatura, SCOSSIROLI (1965) e BROCK (1965) fizeram revisões sobre o valor e o efeito das mutações induzidas em caracteres quantitativos, das quais muitas conclusões gerais podem ser destacadas, podendo ser citadas entre elas as seguintes:

(a) As médias nas populações obtidas de gametas irradiados (grãos-de-pólen) ou embriões pré-formados (sementes dormentes) são na maioria dos casos muito menores do que nas populações não tratadas (testemunhas). Na maioria dos estudos realizados este efeito é o mesmo para um grande número de caracteres da população irradiada, e as diferenças entre as médias das populações tratadas e não tratadas decresce nas gerações subsequentes; (b) as estimativas da variabilidade fenotípica para diferenças morfológicas e produção são maiores nas populações tratadas do que nas não tratadas; (c) a análise biométrica da variação tem mostrado que o incremento da variabilidade é devido principalmente ao incremento do componente genético; (d) do ponto de vista do melhoramento de plantas, o efeito mais importante da irradiação sobre os caracteres quantitativos é o aumento da variabilidade genética, o

¹ SAKAI, K. & SUZUKI, A. Induced mutation and pleiotrophy of genes responsible for quantitative characters in rice. Radiation-Botany, Oxford, 4: 141-51, 1964.

que se traduz numa grande resposta à seleção; (5) tem-se verificado que a variabilidade genética aumenta com a dose de irradiação, porém a relação entre a variância e a dose não é linear. Isto pode ser atribuído à eliminação dos mutantes não adaptados ou deletérios através da seleção gamética ou zigótica, removendo uma grande quantidade de variabilidade genética potencial (SCOSSIROLI, 1965); (6) com mutação aleatória, espera-se que a variância aumente e a média mude na direção oposta da seleção prévia do caráter; (7) caracteres previamente selecionados para uma média intermediária são esperados responderem à seleção com um incremento de variância, porém sem mudança na média; (8) se nenhuma seleção for aplicada, após a indução de mutação, o efeito médio deve ser uma regressão da média e uma redução da adaptabilidade para todos os caracteres selecionados previamente para adaptação (BROCK, 1965).

2.4. Indução de mutação em espécies autógamas

A indução de mutação tem se constituído em uma ferramenta valiosa para aumento da variabilidade genética dos caracteres quantitativos de muitas espécies autógamas. No caupi, a maioria dos trabalhos foram desenvolvidos com o isolamento de macromutantes, que são facilmente visíveis nas primeiras gerações após o tratamento mutagênico (JONES, 1965; LOUIS & SUNDARAM, 1975; RAO & REDDY, 1975; NARSINGHANI & KUMAR, 1976; OJOMO & RAJI, 1978; SÃ, 1984). Portanto, para caracterizar o potencial da utilização da indução da mutação, como um instrumento auxiliar no melhoramento do caupi, visando os caracteres quantitativos (micromutações), serão apresentados a seguir alguns exemplos de sua aplicação em algumas espécies autógamas, principalmente leguminosas e gramíneas, de importância econômica.

A variabilidade genética em caupi, induzida por raios-X e neutrons térmicos foi avaliada na geração M_3 . Em geral, as médias da população irradiada para produção de grãos, número de vagens por planta

e número de dias para o florescimento foram semelhantes às observadas nas populações testemunhas (sem tratamento mutagênico), com exceção de poucos casos. No entanto, a variância genética para estes caracteres foi muito superior nas populações irradiadas do que nas testemunhas. O cultivar Local Brown apresentou variabilidade genética muito superior ao cultivar Westbred, após a radiação ionizante, fenômeno atribuído ao estado evolucionário mais primitivo do cultivar Local Brown, que não sofreu seleção artificial durante a sua história (OJOMO & CHHEDA, 1972).

O aumento na variabilidade da cor e do peso de cem sementes no cultivar de caupi CNC 0434, após irradiação com as doses de 25 kR e 30 kR de raios gama de cobalto 60, foi reportado por ALBERTONI et alii¹ na geração M₂. Em feijão comum, HUSSEIN & DISOUKI (1976) também obtiveram um aumento no peso de cem sementes. E, mais significativo para o melhoramento das leguminosas, é o fato de que dos 20 cultivares, desta família, desenvolvidos a partir de mutações induzidas, tanto a cor das sementes quanto o peso de cem sementes, estão entre os caracteres melhorados (SIGURBJÖRNSSON, 1977).

Mutações em outros caracteres da planta também são comumente relatadas. Em leguminosas, há diversos trabalhos que constatarem na geração M₁, alterações na germinação, arquitetura da planta, esterilidade parcial ou total das plantas, altura de plantas e outros caracteres morfológicos (JONES, 1965; SINGH & PANDYA, 1977; OJOMO & RAJI, 1978; HUSSEIN & DISOUKI, 1976; ZOGORCHEVA & PORIAZOV, 1983; RAO & REDDY, 1975). No entanto, estas alterações só terão importância se forem devidas a mudanças na informação genética do indivíduo, o que implicará na sua transmissão para a próxima geração. Por serem as mutações, na sua grande

¹ ALBERTONI, M.R.; ARAÚJO, J.P.P. de; WATT, E.E. (Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - EMBRAPA, Goiânia, GO). Indução de mutação em caupi visando resistência ao vírus do mosaico severo e cor das sementes. (Aceito para publicação no volume 22 da revista Pesquisa Agropecuária Brasileira).

maioria, recessivas (Lyons et alii¹, citados por BROCK, 1971), a sua manifestação só é esperada a partir da geração M_2 .

Com o objetivo de determinar os efeitos da irradiação das sementes com neutrons térmicos e raios-X sobre a produção, altura da planta, maturação e tamanho da semente em soja [*Glycine max* (L.) Merrill], os cultivares Adams e Hawkeye foram tratados com os dois mutagênicos e comparados com os mesmos cultivares não tratados (controles). Quantidade significativa de variabilidade genética foi expressa em todos os caracteres e todos os tratamentos, exceto para produção na testemunha. As estimativas da variância genética nos tratamentos irradiados foram em média cinco vezes maiores que as observadas nas testemunhas. A estimativa do avanço genético esperado indicou que um incremento pode ser esperado em todos os caracteres, exceto para altura da planta. No entanto, o incremento da variabilidade na produção foi em grande parte no sentido negativo, e qualquer ganho possível pela seleção para produção nos tratamentos irradiados serão acompanhados pela redução das médias. Portanto, não parece ser fácil que genótipos altamente produtivos possam ser obtidos diretamente do material irradiado (RAWLINGS et alii, 1958).

RUBAIHAYO (1976) aplicou várias doses de raios gama no cultivar de soja Bukalasa 4 e selecionou na geração M_2 mutantes para resistência à deiscência das vagens, porte baixo e precocidade, superiores ao cultivar controle. Estes mutantes foram avaliados nas gerações M_3 , M_4 e M_5 e demonstraram alta capacidade produtiva, com um dos mutantes produzindo 40% a mais do que a capacidade de produção do cultivar controle.

ABDALLA & HUSSEIN (1977) trataram dois cultivares de Vi-

¹ LYONS, M.I.; PHILLIPS, R.J.S.; SEARLE, A.G. The overall rates of dominant and recessive lethal and visible mutation induced by spermatological x-irradiation of mice. *Genetical Research*, London, 5: 448-67. 1964.

cia faba com três doses de raios gama, três doses de EMS e mais quatro combinações destes dois mutagênicos. Verificaram, sem exceção, um aumento no caráter "peso de cem sementes", sobre os dois cultivares controles em todos os tratamentos mutagênicos individuais incluindo-se os tratamentos combinados. Constataram ainda que os caracteres número de vagens, número de sementes e produção por planta apresentaram maior variabilidade do que os caracteres vegetativos avaliados na geração M_2 .

HUSSEIN & DISOUKI (1979) trataram sementes de cinco cultivares de feijão comum com três doses de raios gama de cobalto 60 e duas doses de EMS e selecionaram os micromutantes na geração M_4 baseados na produção de sementes por planta e seus componentes (número de vagens por planta, NVP; número de sementes por vagem, NSV; peso de cem sementes, PCS; número de dias para o florescimento, porcentagem de proteína e índice de seleção ($IS = NVP + NSV + PCS$)). Verificaram que o valor do índice de seleção foi bastante superior nas plantas individuais M_4 selecionadas, do que os índices observados nos respectivos cultivares controles. Entre os três caracteres combinados no índice de seleção, o número de vagens por planta foi o principal componente, apresentando valores muito mais elevados nas progênies selecionadas do que nos cultivares controles respectivos. O número de sementes por vagem e o peso de cem sementes tiveram menor efeito e diferiram positivamente ou negativamente em magnitude, quando comparados com os valores dos respectivos cultivares controles.

SHARMA & SHARMA (1984) analisaram, em lentilha (**Lens culinaris** Medick), os resultados da variabilidade poligênica induzida por radiações ionizantes e tratamento mutagênico químico, nas gerações M_2 e M_3 através da estimação do coeficiente de variação fenotípica, coeficiente de variabilidade genética, herdabilidade e progresso esperado pela seleção em seis caracteres. As estimativas da variabilidade dos caracteres morfológicos e da produção foram muito superiores nas populações tratadas com mutagênico do que nas populações não tratadas. Os altos valores

estimados para herdabilidade e progresso genético, sugerem que as mutações ocorreram principalmente nos locos que têm efeitos aditivos.

KUMAR (1977) pesquisou o efeito de quatro doses de irradiação gama de cobalto 60 nas sementes de trigo (*Triticum aestivum* L.), ajustadas para os níveis de umidade de 4% e 14%. Verificou que os caracteres altura da planta, número de perfilhos por planta, número de espiguetas por espiga e número de grãos por espiga apresentaram altos graus de variabilidade. De uma maneira geral, a elevação da variabilidade a 4% de umidade foi acompanhada de redução na média, enquanto o oposto ocorreu a 14% de umidade. Altas herdabilidades foram observadas para altura da planta, proteína total, grãos por espiga, comprimento da espiga, peso de mil sementes, perfilhos por planta, dureza do grão e espiguetas por espiga.

A estimação dos componentes de variância genética em trigo, através da análise de um dialelo 9 x 9 composto pelas populações F_1 e F_2 derivadas, separadamente, de nove parentais não tratados e tratados com EMS, revelou que todos os componentes de dominância e alguns efeitos aditivos foram significativos para a produção por planta, peso de cem sementes e número de grãos por espiga. Para o peso médio de cem sementes foi observado uma predominância de ação gênica aditiva, enquanto para a produção de grãos e o número de grãos por espiga prevaleceu a ação genética não aditiva (SINGH e SHARMA, 1976).

JANA & ROY (1973) estudaram a natureza da mutação induzida em caracteres herdados quantitativamente, em arroz, cujas sementes foram tratadas com EMS e etileno óxido. Na geração M_2 , constataram um considerável aumento da variância para o número de perfilhos, comprimento da panícula, número de grãos estéreis por panícula, peso médio de cem grãos e produção por planta, em relação às populações não tratadas. As diferenças nos valores das médias e a natureza da variância observada nas gerações M_2 e M_3 indicaram que a seleção deve ser feita preferencialmente na geração M_3 . Após o tratamento mutagênico todos os caracteres

quantitativos mostraram progresso genético através de seleção.

A análise hierárquica da variância foi utilizada por RAO & SIDDIQ (1976) para estimar a herdabilidade e o avanço genético do teor de amilose em dois cultivares de arroz tratados com 24 kR de raios gama de cobalto 60 e 0,6% de EMS. Ambos os tratamentos mutagênicos induziram maior variabilidade genética em relação aos respectivos controles. Os maiores valores da herdabilidade e avanço genético foram obtidos ao nível de subprogênes. Os valores máximos da herdabilidade e do avanço genético foram expressos no cultivar Norin-27, cuja semente não irradiada continha baixo teor de amilose.

Em aveia (*Avena sativa* L.), KRUL & FREY (1961) avaliaram a variabilidade genética, nos caracteres peso de cem sementes, altura da planta e data do pendoamento, resultante da irradiação com neutrons térmicos dos cultivares Clintland e Beedee e do híbrido entre eles, em comparação com cada um destes cultivares e seu híbrido não irradiado. Verificaram que a irradiação aumentou a variância entre e dentro de famílias dos dois cultivares e de seu híbrido. Com os resultados dos experimentos de seleção e pelas estimativas das herdabilidades obtidas concluíram que a variabilidade criada pela irradiação era igualmente herdável à criada pela hibridação. Em um experimento seguinte com estes mesmos materiais genéticos, KHADR & FREY (1965) mostraram que o peso de cem sementes obtidos nas progênes selecionadas foram mantidos em seus descendentes.

Em sorgo foi verificado que nos vários caracteres quantitativos estudados, nas gerações M_3 e M_4 , o coeficiente de variação e a herdabilidade genética foram superiores nas populações irradiadas ou tratadas com mutagênicos químicos, variando de caráter para caráter (RAMULU, 1974).

ANDO & VENCovsky (1967) mostraram que a variabilidade induzida em plantas de fumo (variedade Amarelinho Tietê), no caráter com-

primento da corola, de herança poligênica, variou com as idades de armazenamento das sementes (dois, três e cinco anos) nas gerações R_2 e R_3 . Verificaram que a irradiação foi mais eficiente em aumentar a variância e a herdabilidade das sementes mais velhas, em ambas as gerações avaliadas. Deste estudo, concluíram que para a seleção de caracteres poligênicos a irradiação de sementes velhas poderá ser mais vantajoso que a irradiação de sementes novas, tanto nas gerações iniciais (R_2 e R_3) quanto, provavelmente, nas gerações mais avançadas.

2.5. Avaliação genética da variação quantitativa induzida

Os melhoristas que trabalham com indução de mutação, segundo BROCK (1965), têm utilizado a variação quantitativa induzida em caracteres herdáveis mais ou menos por acidente, sem que tenham feito seleção para este tipo de variação. Este autor afirma ainda que foram poucos os experimentos delineados para estudar a natureza e magnitude da variabilidade quantitativa induzida, e que a seleção baseada inteiramente no fenótipo mutante descarta praticamente toda a variação nos caracteres de herança poligênica. Daí a importância da escolha criteriosa dos métodos de avaliação e seleção da variabilidade induzida em caracteres quantitativos.

Os métodos utilizados para analisar a variação quantitativa induzida tem-se limitado à comparação de médias, coeficientes de variação, variâncias, covariâncias e estimação dos componentes genéticos e ambientais da variação obtidos da análise de variância. Portanto, as metodologias de genética quantitativa revisadas até aqui foram aplicadas nas populações tratadas com agentes mutagênicos, da mesma forma que se aplica em populações não tratadas, sem a necessidade de se fazer qualquer suposição sobre as frequências gênicas ou genotípicas das populações. Assim, os parâmetros genéticos estimados, tais como a herdabilidade e o progresso esperado com a seleção, estão baseados na variação genética total, estando portanto, muitas vezes superestimados e, consequente

mente, dão apenas uma idéia da parte genética que é herdável e que responde à seleção.

Só recentemente é que novas metodologias de genética quantitativa foram propostas, permitindo decompor a variância genética das primeiras gerações, após o tratamento mutagênico, nos seus principais componentes, possibilitando assim melhores estimativas dos componentes genéticos como variância genética aditiva, variância genética dominante e o componente ambiental da variância (AASTVEIT & GAUL, 1967; VIRK *et alii*, 1978); com isto, é possível estimar a herdabilidade no sentido restrito e o progresso genético esperado na seleção, que são de fundamental importância para a escolha do melhor método de melhoramento a ser adotado.

Das metodologias propostas, a de VIRK *et alii* (1978) é a que se apresenta como a mais vantajosa do ponto de vista prático, pois permite que os dados de experimentos com variabilidade genética induzida sejam facilmente representados em modelos que permitem a descrição da variação induzida com valor previsível. O mérito principal dos modelos é evitar as suposições sobre a dependência ou independência dos eventos mutacionais induzidos, que suscitam muitas controvérsias quando se discutem os modelos de variação induzida. Segundo o modelo proposto por VIRK *et alii* (1978) e mais tarde descrito detalhadamente e ilustrado com exemplos numéricos por VIRK & GUPTA (1980), as segregações e às contribuições à variação dos coeficientes dos componentes aditivo e dominante são equivalentes a metade daqueles esperados pela fórmula geral de Mather & Jinks, pressupondo-se que $M_2 = F_2$, $M_3 = F_3$ e assim sucessivamente:

$$V_r M_n = (1/2) (1/2)^r D_I + (1/2) (1/2)^{2n-r-1} H_I$$

$$W_r M_{n(n-1)} = (1/2) (1/2) D_I + (1/2) (1/2)^{2n-r-2} H_I$$

Onde $V_r M_n$ corresponde à variância na geração n , $W_r M_{n(n-1)}$ à covariância entre as gerações n e $n-1$, D_I aos efeitos aditivos e H_I

aos efeitos de dominância, sendo $D_I = 2\sigma_A^2$ e $H_I = 4\sigma_D^2$ na notação americana.

As estimativas dos componentes genéticos e ambientais são obtidas pela aplicação do método dos quadrados mínimos balanceados e posterior teste da excelência do ajuste dos dados. Esta análise pode ser aplicada a qualquer geração que forneça duas ou mais estatísticas de grau ≥ 1 . As populações controles ou não tratadas fornecem uma estimativa do efeito ambiental (E).

Os coeficientes de correlação ($r_{M_2M_3}$) e regressão ($b_{M_2M_3}$) esperados das médias das famílias M_3 com as plantas M_2 foram deduzidas por VIRK & GUPTA (1980), que mostraram que estes parâmetros possuem os seguintes componentes genéticos:

$$r_{M_2M_3} = \frac{W_{M_2M_3}}{\sqrt{V_{M_2}} \times \sqrt{V_{M_3}}} = \frac{1/4 D_I + 1/16 H_I}{\sqrt{(1/4 D_I + 1/8 H_I)(1/4 D_I + 1/32 H_I)}}$$

$$b_{M_2M_3} = \frac{W_{M_2M_3}}{V_{M_2}} = \frac{1/4 D_I + 1/16 H_I}{1/4 D_I + 1/8 H_I}$$

Estes coeficientes de correlação e regressão podem atingir um valor máximo igual a um, o que indica a ausência de dominância, epistasia e interação genótipo x ambiente. A não aditividade e a variação ambiental baixarão estes valores, porém a frequência gênica não será afetada (VIRK & GUPTA, 1980).

2.6. Herança dos caracteres estudados

Os caracteres comprimento médio da vagem (CMV), número de sementes por vagem (NSV), peso de cem sementes (PCS), produção de sementes por planta (PSP), número de vagens por planta (NVP) e floração inicial (FI) em caupi tem sido objeto de numerosos estudos realizados com o objetivo

de estabelecer a herdabilidade, o número de genes envolvidos e o tipo de ação gênica prevalecente na expressão dos caracteres. Atualmente, dispõe-se na literatura de extensivas revisões sobre o assunto (YARNEL, 1965; FERY, 1980; FERY, 1985) que fornecem informações para estes e outros caracteres de herança quantitativa e qualitativa. Com base na revisão de FERY (1985) a Tabela 5 foi composta com o objetivo de reunir as principais informações sobre a herança dos caracteres estudados, utilizando as metodologias convencionais (sem tratamento mutagênico).

Pela Tabela 5 verificou-se que os caracteres estudados são quantitativos e apresentam variações para os parâmetros estimados. Os caracteres CMV, NSV, PCS e NVP apresentam a maior frequência dos coeficientes de herdabilidade no sentido amplo com magnitude moderada a alta, enquanto os caracteres PSP e FI apresentam magnitude moderada a baixa. No entanto, menores frequências de baixa e alta herdabilidade são relatadas para todos os caracteres. A grande amplitude de variação observada na maioria dos caracteres evidencia a forte influência do ambiente na manifestação destes caracteres.

Quanto ao número de genes e o tipo de ação gênica envolvidos na expressão dos caracteres, observa-se que para um mesmo caráter há variação de autor para autor. Tal variação resulta dos diferentes germoplasmas e ambientes em que foram realizadas as pesquisas. Assim, para todos os caracteres, há autores que destacam a importância da capacidade geral de combinação e outros que destacam a capacidade específica de combinação, sendo portanto todos os caracteres controlados tanto por ação gênica aditiva quanto por ação gênica não aditiva. Estes resultados indicam a necessidade de se avaliar estes parâmetros com o germoplasma e no ambiente em que o melhorista realizará as suas seleções.

TABELA 5. Frequência, valores mínimos, máximos e médios do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, número de genes e ação gênica controlando diversos caracteres em caupi (dados resumidos da revisão realizada por FERY, 1985).

Carã ter	Intervalos de variaão dos coef. de herd.					Herdabilidade(%)		Número de genes	Ação gênica	
	0-20	20,1-40	40,1-60	60,1-80	80,1-100	Min.	Max.. Média			
CMV	3	2	2	4	6	0,0	97,5	75,2	2 a 8, polígenes	aditiva, não aditiva
NSV	1	6	6	6	3	9,6	98,9	52,8	1, polígenes	não aditiva, aditiva
PCS	2	2	2	6	9	3,8	98,9	66,76	4 a 10, polígenes	aditiva, não aditiva
PSP	2	5	7	2	1	12,0	80,8	44,98	polígenes	aditiva, não aditiva
NVP	1	3	9	4	4	7,0	97,4	54,8	polígenes	aditiva, não aditiva
FI	6	5	3	2	7	3,8	95,1	55,02	2 c/ epistasia e genes modi- ficadores	aditiva e não aditiva

¹ Citação segundo a ordem de importância constatada nos diferentes trabalhos publicados.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O caupi pertence a classe Dicotyledonea, ordem Rosales, família Leguminosae, subfamília Papilionoideae, tribo Phaseoleae, subtribo Phaseolinae, gênero *Vigna*, espécie *Vigna unguiculata* (L.) Walpers e subespécie *unguiculata* (VERDCOURT, 1970). Antigamente a espécie era denominada de *Vigna sinensis* (L.) Savi. É uma espécie autógama que apresenta uma taxa de cruzamento natural em torno de 1% (SÈNE & N'DIAYE, 1971; BLACK-HURST & MILLER Jr., 1980). O seu número de cromossomos é de $2n = 2x = 22$ (FARIS, 1964).

Para análise da variabilidade genética induzida pela radiação gama de Cobalto-60 foram utilizadas sementes dormentes do cultivar de caupi BR 1-Poty, cuja origem, tratamento mutagênico e manejo das populações serão descritas a seguir.

3.1. Origem do cultivar BR 1-Poty

Ele é resultante de seleção genealógica dentro do cruzamento CNCx 27 realizado entre os cultivares Pitiúba e TVu 410 (Texas purple hull 49). O cultivar parental Pitiúba é amplamente adaptado às condições de cultivo da região Nordeste, possui semente marrom com peso médio de cem sementes igual a 18 gramas e é suscetível ao vírus do mosaico transmitido por afídeos (CpAMV). O cultivar parental TVu 410 foi introduzido no Brasil pela EMBRAPA/CNPAP, do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), da Nigéria. Ele é citado por SINGH & ALLEN (1979) como fonte de resistência a antracnose, cercosporiose, pústula bacteriana, vírus do mosaico amarelo do caupi e afídeos (*Aphis craccivora* KOCH, 1854). Suas sementes são marrons e pesam em média 13 gramas por cem sementes.

A seleção genealógica dentro do cruzamento CNCx 27 foi realizada nas gerações F_2 e F_3 , utilizando-se como critério de seleção a resistência ao CpAMV nas condições de campo de Goiânia-GO e Teresina-PI. Na geração F_4 procedeu-se a uma multiplicação de sementes em Goiânia - GO para que a linhagem selecionada CNCx 27-2E participasse dos experimentos preliminares de produtividade, que corresponde à avaliação da geração F_5 . A partir desta geração não se realizou mais seleção dentro da linhagem, mas somente entre as linhagens que participaram das avaliações de produtividade. Até o seu lançamento como cultivar, para os Estados do Piauí e Ceará, ela participou no período de 1980 a 1983 de 87 experimentos de competição no Nordeste, sendo 16 experimentos preliminares (F_5), 17 experimentos avançados (F_7) e 33 experimentos regionais (F_9) e 21 experimentos estaduais (F_9 , F_{10} , etc.)(EMBRAPA/CNPAF s.d.; FREIRE Filho et alii, 1985). Portanto, no momento de seu lançamento como cultivar a linhagem apresentava um elevado grau de homozigose para os principais caracteres de interesse agrônômico e peso médio de cem sementes em torno de 13 gramas.

3.2. Tratamento mutagênico

Trezentas grâmas de sementes do cultivar BR 1-Poty foram remetidas da EMBRAPA/CNPAF para a Seção de Radiogenética do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) da ESALQ/USP, em Piracicaba, São Paulo, onde foram irradiadas no dia 18.08.1983 com as doses de 15 e 25 kR de raios gama de cobalto 60. Após a irradiação, as sementes foram remetidas para Goiânia onde receberam um tratamento com água por um período de seis horas, sendo em seguida secadas com ventilação direta e armazenadas em câmara seca até o plantio.

3.3. Avanço da geração M_1

A geração M_1 foi plantada no dia 20.09.1983 na Fazenda Capivara pertencente ao CNPAF, no município de Goianira, GO, situada à longitude de $49^\circ 13'W$, latitude de $16^\circ 50'S$ e altitude de 800 metros, em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo. No plantio, cada tratamento foi colocado em um bloco (área de 150 m^2) diferente para

minimizar a ocorrência de cruzamentos naturais. Utilizou-se um espaçamento de 1,5 m entre fileiras e 0,30 m entre covas, sendo a parcela formada por dez fileiras de dez metros de comprimento. Em cada cova foram plantadas três sementes, totalizando uma população inicial de 1000 plantas por dose de irradiação. Nas bordaduras de cada bloco, plantou-se uma fileira do cultivar BR 1-Poty não irradiado (dose 0 kR) com a finalidade de se observar, por comparação, a influência da irradiação no comportamento das plantas descendentes das sementes tratadas com o agente mutagênico. A adubação aplicada antes do plantio foi de 200 kg/ha da fórmula comercial 4-30-16.

Durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas procedeu-se a um controle fitossanitário semanal, visando não só o controle dos insetos pragas, como também dos insetos polinizadores e, assim, minimizar a ocorrência de cruzamentos naturais. A colheita foi feita em massa ("bulk") com cada tratamento produzindo aproximadamente seis quilogramas de sementes.

3.4. Frequência de mutações de clorofila em plântulas M_2

A avaliação da frequência de mutações de clorofila em plântulas M_2 do cultivar BR 1-Poty, descendentes de sementes irradiadas com as doses de 15 e 25 kR, foi realizada em três populações amostradas aleatoriamente do "bulk" das sementes colhidas das plantas M_1 , em comparação com as plântulas do cultivar BR 1-Poty não irradiado (controle - dose 0 kR).

As avaliações foram feitas em condições de campo (Goiania-GO), casa-de-vegetação e telado (Piracicaba-SP), com a finalidade de aumentar a eficiência da determinação da frequência de mutação. Em condições de campo, avaliaram-se 3670 plantas da dose 0 kR, 3043 plantas M_2 da dose 15 kR e 3083 plantas M_2 da dose 25 kR. Nas condições de casa-de-vegetação, foram avaliadas 705, 653 e 661 plantas; no telado, foram avaliadas 424, 1550 e 1714 plantas das doses 0, 15 e 25 kR, respectiva-

mente. As avaliações foram feitas nas plântulas após a emissão da folha primária, quando a mesma se apresentava completamente expandida.

As principais classes de mutantes seguiram a descrição de Lamprecht¹, citado por BLIXT (1961), adaptadas às condições do experimento. As principais classes de mutantes observados foram: (1) *Albina* - plantas com ausência de pigmentos amarelos ou verdes; (2) *Viridis* - plantas com pigmentos verde-claros distribuídos uniformemente; (3) *Xantha* - plantas com pigmentos amarelo-pálidos, distribuídos uniformemente; (4) *Striata* - folhas com pigmentos verdes ou amarelos, distribuídos longitudinalmente; e (5) *Maculata* - folhas com pequenas manchas brancas, uniformemente distribuídas.

Para cada local procedeu-se à determinação da frequência de mutações de clorofila e, posteriormente, computou-se a frequência de mutação total, somando-se todos os mutantes, por classe, e dividindo-se pelo número total de plantas avaliadas.

3.5. Influência da radiação gama na resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV

O experimento foi conduzido em casa-de-vegetação no Departamento de Genética da ESALQ em Piracicaba. As sementes do cultivar BR 1-Poty, não irradiadas e as sementes M₂, descendentes das sementes do cultivar BR 1-Poty irradiadas com as doses 15 e 25 kR, foram plantadas em canteiros no delineamento experimental de blocos ao acaso com sete repetições. A parcela era constituída de quatro fileiras de um metro de comprimento, espaçadas entre si de oito centímetros. Em cada parcela foram

¹ LAMPRECHT, H. *Über Blattfarben Von Phanerogamen.* Agri-Hortique Genetica, Alemanha, 18: 135-168, 1960.

plantadas 120 sementes; entre cada parcela plantou-se uma fileira do cultivar CNC 0434 - altamente suscetível ao CpAMV - para servir de padrão comparativo da eficiência de inoculação.

Utilizou-se como inóculo o isolado do vírus PE, fornecido pelo Dr. Gerson Pereira Rios, Fitopatologista do CNPAF, que foi mantido nas plantas do cultivar CNC 0434, durante a execução do experimento. A inoculação foi realizada nas folhas cotiledonares das plântulas, aos seis e treze dias após a germinação. A técnica de inoculação consistiu em pulverizar as folhas com carburundum - agente abrasivo - e posteriormente, aplicar a solução contendo o inóculo através de fricção com os dedos.

O inóculo foi preparado em solução tampão fosfato com pH 7,0, numa concentração de 2 ml do tampão fosfato por grama de folha de caupi infectado com o CpAMV (WALKER & CHAMBLISS, 1981; LIMA et alii, 1979).

As avaliações da reação das planta inoculadas foram realizadas aos 7 e 25 dias após a primeira inoculação, adotando-se a seguinte escala de notas:

- 0 - ausência de sintomas visíveis nas folhas;
- 1 - sintomas leves e folhas desenvolvidas;
- 2 - sintomas moderadamente severos e folhas desenvolvidas;
- 3 - sintomas severos e folhas desenvolvidas;
- 4 - sintomas muito severos e folhas moderadamente desenvolvidas; e
- 5 - sintomas muito severos e folhas pouco desenvolvidas.

Como se verificou a existência de uma distribuição de frequência para as classes de reação à infecção do vírus, tanto nas plantas do cultivar resistente (0 kR), quanto nas plantas M₂ (doses 15 e 25 kR) procedeu-se a análise estatística dos dados com o objetivo de verifi

car se a variabilidade constatada nos três tratamentos diferiram entre si. Para isto os dados originais das frequências de reações foram transformados para $\sqrt{x + 0,5}$ e, posteriormente, calculou-se, para cada repetição e tratamento, o desvio padrão das frequências. Com os desvios padrões obtidos realizou-se a análise de variância convencional.

3.6. Avaliação da variabilidade fenotípica induzida nas plantas da geração M_2

As populações avaliadas neste experimento originaram-se de uma amostra de sementes de cada dose de irradiação (15 a 25 kR) colhidas das plantas M_1 , e de uma amostra do cultivar BR 1-Poty não irradiado (0 kR). As três populações foram plantadas em blocos ao acaso com 25 repetições, no dia 25.07.1985, na Fazenda Capivara pertencente ao CNPAF, em solo do tipo Latossolo Vermelho Amarelo, cuja análise química consta do Apêndice 2. As colheitas foram realizadas nos dias 14 a 16 e 21 e 22.11.1985, nas plantas das parcelas, e 11 e 12.12.1987 nas plantas remanescentes.

A parcela foi constituída por quatro fileiras de 10 m de comprimento, com o espaçamento de 1,0 m entre fileiras e 1,0 m entre covas, totalizando uma área de aproximadamente 0,4 ha. No plantio, foram semeadas quatro sementes por cova, desbastando-se posteriormente para uma planta por cova. Portanto, a população inicial da geração M_2 foi constituída de 1.000 plantas por dose, inclusive da população controle.

Antes do plantio, toda a área experimental recebeu uma adubação de 200 kg/ha da fórmula comercial 4-30-16, em fundação. Durante o ciclo da cultura, nos meses de estiagem, as plantas foram irrigadas por aspersão, com um turno de rega semanal. Os dados agrometeorológicos diários para todo o ciclo das plantas da geração M_2 , foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia da EMBRAPA/CNPAF, e estão listados no Apêndice 3.

Na impossibilidade de se avaliar todas as 1.000 plantas M_2 , foram colhidas aleatoriamente oito plantas individuais, por parcela e por repetição, de cada uma das três populações avaliadas, totalizando 200 plantas por tratamento. Das plantas remanescentes colheu-se uma amostra de dez vagens, para determinar-se a magnitude da variabilidade existente para o comprimento da vagem, número de sementes por vagem e peso de cem sementes. As colheitas foram feitas nos dias 11 e 12.12.1985.

3.7. Avaliação da variabilidade genética induzida nas plantas da geração M_3

Para a avaliação da geração M_3 , após constatar-se a menor eficiência da dose 15 kR no aumento da variabilidade das plantas da geração M_2 , decidiu-se analisar as progênies descendentes da dose 25 kR em comparação com as progênies descendentes da dose 0 kR. Para isto, foram amostradas aleatoriamente 220 plantas M_2 (110 plantas por dose) que foram subdivididas em grupos de dez, com cada um dos grupos constituindo um experimento, composto de cinco progênies da dose 0 kR e cinco progênies da dose 25 kR. Cada progênie era constituída por 18 plantas. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com seis repetições. Cada parcela era constituída de uma fileira de seis metros de comprimento. Para evitar os problemas ocorridos na geração M_2 , com o entrelaçamento dos ramos das plantas, por ocasião da colheita, adotou-se um espaçamento de dois metros entre fileiras e dois metros entre covas, deixando-se após o desbaste uma planta por cova. Os experimentos foram plantados no dia 25.02.1986, também na Fazenda Capivara, no CNPAF, em solo Latossolo Vermelho Amarelo, cuja análise química consta do Apêndice 2. Como no ano anterior, toda a área experimental foi adubada, em fundação, com 200 kg/ha da fórmula comercial 4-30-16. A colheita foi realizada no dia 05.06.1987.

Os dados agrometeorológicos diários, para todo o ciclo das plantas da geração M_3 , foram fornecidos pelo Setor de Agrometeorologia da EMBRAPA / CNPAF e estão listados no Apêndice 3.

3.8. Caracteres avaliados nas gerações M_2 e M_3

Nas gerações M_2 e M_3 foram avaliados os seguintes caracteres:

FI - número de dias para florescimento - foi considerado como o número de dias que decorreu do plantio até a emissão da primeira flor. Este caráter foi observado individualmente em todas as plantas dos experimentos em ambas as gerações.

NVP - número total de vagens produzidas por uma planta - a contagem foi feita após a colheita de todas as vagens secas. Na geração M_2 , dada a impossibilidade de colherem-se todas as vagens secas das plantas tardias, computou-se o número de vagens verdes, em várias fases de desenvolvimento, visando a estimativa da produção de sementes por planta.

CMV - comprimento médio das vagens - a medida do comprimento, em centímetros, foi feito com o auxílio de um barbante, colocado sob toda a extensão da vagem; a soma total de todas as vagens amostradas (no máximo 20 vagens) de cada planta foi dividida pelo número de vagens medidas.

NSV - número de sementes por vagem - foi determinado com base numa amostra aleatória de 20 vagens de cada planta. Para obtenção deste parâmetro as sementes das 20 vagens foram contadas numa máquina eletrônica, e o total de sementes computado foi dividido pelo número total de vagens. Para as plantas que produziram menos de 20 vagens, adotou-se o mesmo procedimento com todas as vagens produzidas.

PCS - peso de cem sementes - utilizou-se o mesmo critério de amostragem descrito anteriormente; todas as sementes secas utilizadas para determinar o NSV foram pesadas em balança eletrônica, com precisão

de centésimo de gramas; o peso total foi dividido pelo número total de sementes da amostra e depois multiplicado por cem.

PSP - produção de sementes por planta - é o peso, em gramas, de todas as sementes produzidas por uma planta.

PSPE - produção de sementes por planta estimada - é o peso de sementes por planta, estimado com base nos componentes de produtividade aplicando-se a seguinte fórmula:

$$PSPE = \frac{NVP \times NSV \times PCS}{100}$$

Para a amostra de 10 vagens das plantas remanescentes, a determinação do CMV, NSV e PCS seguiu a mesma metodologia descrita anteriormente para a amostra de 20 vagens.

3.9. Análise estatístico-genética

As análises estatísticas foram realizadas no Setor de Estatística da EMBRAPA/CNPAP em Goianira-GO, sob a coordenação do Dr. Francisco José P. Zimmermann.

As análises estatísticas realizadas constaram de análises de variâncias (individual e conjunta), estimação de coeficientes de correlação e regressão linear, análise de covariância e estimativas de médias, desvios padrões, variâncias, coeficientes de variação, assimetria e curtose. Todas as análises foram feitas em computador eletrônico utilizando o pacote estatístico do Statistics Analysis System - SAS (1982) do Setor de Estatística da EMBRAPA/CNPAP.

As análises genéticas foram realizadas com base nas estatísticas obtidas anteriormente, seguindo metodologia apropriada. Estas

análises constaram da partição da variação e estimativas dos coeficientes de herdabilidade, e progresso genético esperado com a seleção. Os detalhes de cada análise serão apresentados a seguir.

3.9.1. Geração M_2

Para cada caráter avaliado na geração M_2 realizou-se a análise de variância individual para cada ciclo de florescimento e a análise conjunta dos dois ciclos.

A análise de variância seguiu o modelo:

$$Y_{ij} = m + D_i + B_j + e_{ij}, \quad \text{em que}$$

Y_{ij} : o valor observado do i -ésimo tratamento na j -ésima repetição;

m : média geral;

D_i : efeito do i -ésimo tratamento mutagênico, sendo $i = 1, 2$ e 3 correspondendo às doses 0, 15 e 25 kR;

B_j : efeito da j -ésima repetição, sendo $j = 1, 2, \dots, 25$;

e_{ij} : erro associado à ij -ésima observação.

A análise de variância conjunta para os dois ciclos de florescimento foi feita no esquema fatorial, considerando-se: repetições como fator aleatório, doses e ciclo como fatores fixos (Tabela 6).

Estimaram-se: média, desvio padrão, variância, coeficiente de variação, assimetria e curtose da distribuição de frequência de cada caráter. Usando-se os coeficientes de variação das populações irradiadas (CV_I) e da população não irradiada (CV_{NI}) estimou-se o coeficiente de variação relativo (CV_I/CV_{NI}) proposto por MORSI *et alii* (1977), que fornece uma estimativa da variação induzida pelo tratamento mutagênico. Com este mesmo objetivo realizou-se um teste "F" entre as variâncias fenotípicas das populações irradiadas (numerador) e da população

TABELA 6. Esquema de análise de variância conjunta ao nível de médias de parcelas, esperanças matemáticas dos quadrados médios e teste F, para os experimentos de comparação de doses de irradiação gama de ^{60}Co em plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty.

Fontes de variação	G.L.	Q.M.	$E(QM)^1$	F
Repetições (R)	r - 1	QM_1	$\sigma^2 + dc \sigma_R^2$	QM_1/QM_7
Doses (D)	d - 1	QM_2	$\sigma^2 + c\sigma_{RD}^2 + rcv_D$	QM_2/QM_3
R x D	(r - 1)(d - 1)	QM_3	$\sigma^2 + c\sigma_{RD}^2$	QM_3/QM_7
Ciclo (C)	c - 1	QM_4	$\sigma^2 + d\sigma_{RC}^2 + rdv_C$	QM_4/QM_6
D x C	(d - 1)(c - 1)	QM_5	$\sigma^2 + r\sigma_{DC}^2$	QM_5/QM_7
R x C	(r - 1)(c - 1)	QM_6	$\sigma^2 + d\sigma_{RC}^2$	QM_6/QM_7
Resíduo	(r - 1)(d - 1)(c - 1)	QM_7	σ^2	

¹ Considerando o efeito de repetições como aleatório; doses e ciclo como fatores fixos.

não irradiada (denominador), conforme proposições de RAWLINGS *et alii* (1958), JOSHI & FREY (1967), entre outros.

Também foram calculados os coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres agronômicos avaliados, para cada uma das populações (0, 15 e 25 kR).

3.9.2. Geração M_3

Para cada experimento e cada caráter avaliado na geração M_3 foi feita uma análise de variância usando o modelo do delineamento em blocos ao acaso:

$$Y_{ij} = m + D_i + B_j + e_{ij}, \quad \text{em que}$$

Y_{ij} : o valor observado do i -ésimo tratamento na j -ésima repetição;

m : média geral;

D_i : efeito do i -ésimo tratamento, sendo $i = 1, 2, \dots, 10$, sendo os tratamentos de 1 a 5 correspondentes à população 0 kR e de 6 a 10 a 25 kR;

B_j : efeito da j -ésima repetição;

e_{ij} : erro associado à j -ésima observação.

Na análise de variância, os quadrados médios entre tratamentos foram desdobrados em três fontes de variação: doses, progênies dentro da dose 0 kR e progênies dentro da dose 25 kR (Tabela 7).

TABELA 7. Esquema da análise de variância para cada caráter avaliado na geração M_3 de cada experimento.

Fonte de variação	G.L.	Q.M.	F
Repetições	5	QM_1	QM_1/QM_6
Tratamentos	9	QM_2	QM_2/QM_6
Dosés	1	QM_3	QM_3/QM_6
Progênies/dose 0 kR	4	QM_4	QM_4/QM_6
Progênies/dose 25 kR	4	QM_5	QM_5/QM_6
Resíduo	45	QM_6	—

3.9.3. Análise conjunta das gerações M_2 e M_3

A análise de variância conjunta de todas as progênies M_3 foi realizada considerando cada experimento como um conjunto de progênies. A estrutura da análise seguiu basicamente o modelo original dos experimentos individuais, ficando o quadro da análise de variância, com os respectivos quadrados médios e suas esperanças e teste F, como apresentado na Tabela 8.

3.9.3.1. Coeficientes de correlação e regressão linear

Os coeficientes de correlação e regressão linear foram calculados, segundo as metodologias convencionais, entre os caracteres avaliados para as doses 0 kR e 25 kR, bem como entre as plantas das gerações base (T_1 = plantas da dose 0 kR e M_2 = plantas da dose 25 kR) e a média de suas progênies ($\bar{T}_2$ e $\bar{M}_3$).

Segundo VIRK & GUPTA (1980), estes parâmetros genético-estatísticos tem os seguintes componentes genéticos, já ajustados para a notação americana:

TABELA 8. Esquema da análise de variância conjunta, esperança dos quadrados médios e teste F, para os experimentos da geração M_3 .

Fontes de variação	G.L.	Q.M.	$E(QM)^1$	F
Experimentos (E)	21	QM_1	$\sigma^2 + t\sigma_R^2/E + r\sigma_T^2/E + rt\sigma_E^2$	$QM_1/QM_7/QM_2+QM_3$
Repetições/E	110	QM_2	$\sigma^2 + t\sigma_R^2/E$	QM_2/QM_7
Tratamentos/E	198	QM_3	$\sigma^2 + r\sigma_T^2/E$	QM_3/QM_7
Doses/E	22	QM_4	$\sigma^2 + rv_D^2/E$	QM_4/QM_7
Progêñies/dose 0 kR/E	88	QM_5	$\sigma^2 + r\sigma_{Pd0}^2/E$	QM_5/QM_7
Progêñies/dose 25 kR/E	88	QM_6	$\sigma^2 + r\sigma_{Pd25}^2/E$	QM_6/QM_7
Resíduo médio	990	QM_7	σ^2	-

¹ Considerando-se os efeitos de experimentos, repetições e progêñies como aleatórios; doses como efeito fixo.

- Correlação entre plantas M_2 e média das famílias M_3 ($r_{M_2M_3}$)

$$r_{M_2\bar{M}_3} = \frac{W_{M_2\bar{M}_3}}{\sqrt{V_{M_2}} \times \sqrt{V_{\bar{M}_3}}} = \frac{2\sigma_A^2 + \sigma_D^2}{\sqrt{(\sigma_A^2 + \sigma_D^2)(4\sigma_A^2 + \sigma_D^2)}}$$

- Coeficiente de regressão entre plantas M_2 e média das famílias M_3

($b_{M_2M_3}$)

$$b_{M_2\bar{M}_3} = \frac{W_{M_2\bar{M}_3}}{V_{M_2}} = \frac{\sigma_A^2 + 1/2\sigma_D^2}{\sigma_A^2 + \sigma_D^2}$$

em que V = variância; W = covariância; σ_A^2 = componente da variância genética aditiva; e σ_D^2 = componente de variância genética dominante. O teste de significância do coeficiente de regressão (b) foi feito aplicando-se o teste t (STEEL & TORRIE, 1960).

3.9.3.2. Covariância

Da mesma forma foi realizada uma análise de covariância entre as plantas individuais e as médias das duas populações, visando-se obter informações sobre o grau de associação entre as duas gerações e, adicionalmente, mais elementos para a análise genética.

Segundo VIRK & GUPTA (1980), a covariância estimada entre as duas gerações contém os seguintes componentes genéticos:

$$W_{M_2\bar{M}_3} = 1/2 (\sigma_A^2 + 1/2\sigma_D^2)$$

3.9.3.3. Variância

Além da análise de variância, também estimou-se uma variância para cada um dos caracteres estudados nas duas populações, com

base nas médias de progênies (variâncias entre progênies) e em dados de plantas individuais (variância dentro de progênies), cujos componentes genéticos, de acordo com VIRK & GUPTA (1980), são os seguintes:

- Variâncias entre progênies M_2 (V_{M_2})

$$V_{M_2} = 1/2 (\sigma_A^2 + \sigma_D^2) + \sigma_{E_1}^2$$

- Variâncias entre médias de progênies M_3 ($V_{\bar{M}_3}$)

$$V_{\bar{M}_3} = 1/2 (\sigma_A^2 + 1/4 \sigma_D^2) + \sigma_{E_2}^2$$

- Variâncias dentro de progênies M_3 (V_{dM_3})

$$V_{dM_3} = 1/4 (\sigma_A^2 + \sigma_D^2) + \sigma_{E_3}^2$$

3.9.3.4. Incremento da variância genética pela irradiação

Utilizando-se as estimativas das esperanças dos quadrados médios estimaram-se as variâncias genéticas entre as progênies M_3 ($\hat{\sigma}_{M_3}^2$) e entre as progênies T_2 ($\hat{\sigma}_{T_2}^2$) que correspondem respectivamente a $\hat{\sigma}_{Pd25/E}^2$ e $\hat{\sigma}_{Pd0/E}^2$ isolados da Tabela 8. Com estas estimativas calculou-se o incremento da variância genética entre as progênies atribuído à irradiação, pela seguinte relação:

$$"F" = \frac{\hat{\sigma}_{M_3}^2}{\hat{\sigma}_{T_2}^2}$$

Com as estimativas das variâncias dentro de progênies calculou-se o incremento da variância genética dentro das progênies M_3 , pela seguinte relação:

$$"F" = \frac{\hat{\sigma}_{dM_3}^2}{\hat{\sigma}_{dT_2}^2},$$

em que $\hat{\sigma}_{dM_3}^2$ é a variância dentro de progênies M_3 da dose 25 kR, e $\hat{\sigma}_{dT_2}^2$ é a variância dentro de progênies de população não irradiada (dose 0 kR).

3.9.4. Parâmetros genéticos

3.9.4.1. Partição da variação

Para a partição da variação dos caracteres estudados nos componentes genéticos aditivos (σ_A^2), dominantes (σ_D^2) e ambiental (σ_E^2) foram utilizadas as variâncias e covariâncias estimadas nas duas populações, cujas simbologias e os coeficientes dos respectivos componentes genéticos são apresentados na Tabela 9.

TABELA 9. Variâncias, covariâncias e componentes da variação genética das populações avaliadas.

Variâncias	Simbologia	Coeficientes das			
		σ_A^2	σ_D^2	$\sigma_{E_1}^2$	$\sigma_{E_1}^2$
Entre plantas T_1 /dose 0 kR	V_{EPT_1}	0	0	1	0
Entre plantas M_2 /dose 25 kR	V_{EPM_2}	1/2	1/2	1	0
Entre médias de plantas M_3 /dose 25 kR	V_{EM_3}	1/2	1/2	0	0
Dentro de progênies M_3 /dose 25 kR	V_{dM_3}	1/4	1/4	0	0
Dentro de progênies T_2 /dose 0 kR	V_{dT_2}	0	0	0	1
Covariância entre plantas M_2 e médias das progênies M_3	$W_{M_2\bar{M}_3}$	1/2	1/4	0	0

A metodologia utilizada para estimar os componentes da variação genética e o efeito ambiental foi a do método dos quadrados mínimos balanceados, aplicado às seis equações da Tabela 9, conforme procedimento proposto por MATHER & JINKS (1982, 1984). Para a solução das equações, as variâncias e covariâncias observadas foram balanceadas através da obtenção de "pesos" apropriados. No caso das variâncias utilizaram-se os recíprocos das variâncias (MATHER & JINKS, 1984) que é dado pela fórmula:

Peso = $\frac{1}{V(v)}$, onde $V(v)$ - variância teórica da variância - é igual a $\frac{2 V^2}{N}$, onde N é o número de graus de liberdade a partir dos quais se determina a variância V . A obtenção dos pesos das covariâncias foi feita segundo a metodologia proposta por MATHER & JINKS (1982) aplicando-se a fórmula:

Peso = $\frac{1}{W(w)}$, onde $W(w)$ - covariância teórica da covariância - é igual a $\frac{w^2 + V_1 V_2}{N}$, onde N é o número de graus de liberdade a partir dos quais se determina a covariância W , e V_1 e V_2 são as respectivas variâncias dos grupos de observações cuja covariância é w . O teste de excelência do ajuste dos dados foi feito pelo teste do χ^2 balanceado (MATHER & JINKS, 1982; 1984).

3.9.4.2. Herdabilidade

Dada a natureza dos dados obtidos foi possível estimar os coeficientes de herdabilidade por várias metodologias, obtendo-se estimativas no sentido restrito e amplo.

A herdabilidade no sentido restrito, entre e dentro de M_3 , foi calculada com base nos componentes da variância genética, obtidos pela partição da variação descrita no item 9.4.1., através da aplicação das fórmulas:

- Herdabilidade entre progênies M_3

$$h^2 = \frac{(1/2)\hat{\sigma}_A^2}{(1/2)\hat{\sigma}_A^2 + (1/8)\hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_{E_1}^2}$$

- Herdabilidade dentro de progênies M_3

$$h_d^2 = \frac{(1/4)\hat{\sigma}_A^2}{(1/4)\hat{\sigma}_A^2 + (1/4)\hat{\sigma}_D^2 + \hat{\sigma}_{E_2}^2}$$

Nas fórmulas anteriores, $\hat{\sigma}_{E_1}$ e $\hat{\sigma}_{E_2}$ representam as variâncias ambientais entre e dentro das plantas T_1 e M_3 , respectivamente. As outras variâncias estão definidas no item 9.4..

A herdabilidade no sentido restrito também foi estimada pelo quadro do coeficiente de correlação (r^2 = coeficiente de determinação) entre as gerações M_2 e M_3 (AASTVEIT & GAUL, 1967), para a população irradiada, e entre T_1 e T_2 , para a população não irradiada.

Outra metodologia utilizada para estimar a herdabilidade no sentido restrito foi a da regressão parental-descendente (SMITH & KINMAN, 1965), considerando o coeficiente de endogamia (r_{XY}) envolvido, pela aplicação da fórmula: $h^2 = \frac{b}{2r_{XY}}$, em que b é o coeficiente de regressão entre o parental (Y) e a sua descendência (X) e r_{XY} exprime o grau de relacionamento genético entre o parental e sua descendência. No caso da indução de mutação de plantas autógamas, assumiu-se que o coeficiente de endogamia das gerações M_2 , M_3 corresponde ao mesmo coeficiente de endogamia das gerações F_3 , F_4 descendentes de cruzamentos biparentais, cujo valor estimado é de 7/8. Após a substituição deste valor na fórmula anterior obtém-se $h^2 = 4/7 b_{(\bar{M}_3, M_2)}$. Para a estimativa da herdabilidade da população não irradiada, utilizou-se a fórmula $h^2 = b_{(\bar{T}_2, T_1)}/2$, uma vez que a população sendo homozigota o valor de r_{XY} será igual a um.

A herdabilidade no sentido amplo foi estimada de quatro ma

neiras diferentes. A primeira foi através da metodologia proposta por ANDO & VENCovsky (1967), na qual a herdabilidade do caráter é calculada pela fórmula:

$$h^2 = \frac{s_r^2}{(s_o^2 + s_r^2)},$$

onde s_o^2 e s_r^2 são a variância residual da testemunha e a variância devida à irradiação, respectivamente. As outras três estimativas basearam-se nos componentes da variação genotípica e fenotípica isolados das esperanças dos quadrados médios da análise de variância conjunta. A segunda metodologia difere da primeira no fato de utilizarem-se as estimativas das variâncias genotípicas e fenotípicas. Assim, a fórmula correspondente foi:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_{M_3}^2}{\hat{\sigma}_{T_2}^2 + \hat{\sigma}_{M_3}^2},$$

onde $\hat{\sigma}_{M_3}^2$ e $\hat{\sigma}_{T_2}^2$ são as variâncias genotípicas entre progênes estimadas

para as populações irradiadas e não irradiadas, respectivamente. Em ambos os casos, s_r^2 e $\hat{\sigma}_{M_3}^2$ correspondem às variâncias devidas à irradiação; s_o^2 e $\hat{\sigma}_{T_2}^2$ correspondem às variâncias que naturalmente existem nas culturas não irradiadas e, em espécies autógamas como o caupi, representam a variação ambiental. Portanto, quanto maior o resultado obtido maior seria a variação genética induzida pelo tratamento mutagênico. A terceira estimativa considerou a variância fenotípica da geração M_3 , obtida diretamente da análise de variância conjunta, e a variância genética isolada desta mesma análise. A fórmula utilizada foi a seguinte:

$$h^2 = \frac{\hat{\sigma}_{M_3}^2}{\hat{\sigma}^2 + r\hat{\sigma}_{M_3}^2}$$

em que $\hat{\sigma}_{M_3}^2$ é a estimativa da variância genética das médias das progênes M_3 , $\hat{\sigma}^2$ corresponde à variância do erro experimental e r o número de repe

tições do experimento no qual se baseou a análise de variância. A quarta metodologia corresponde à utilizada por MELLADO Z. *et alii* (1972) e difere da segunda metodologia, baseada nos componentes de análise de variância, por considerar a variância ambiental como sendo igual à variância dentro das progênies da população original ($\sigma_{dT_2}^2$).

3.9.4.3. Progresso genético esperado com a seleção

O cálculo do progresso genético esperado com a seleção (G_s) foi feito baseado em dois critérios de seleção: (a) aplicação de um índice de seleção de 10% para cada um dos caracteres avaliados; e (b) seleção baseada em dois caracteres - peso mínimo de 14 gramas por cem sementes e produção mínima de 200 gramas de grãos por planta. Ambos critérios de seleção foram aplicados na população não irradiada e na população irradiada. A fórmula utilizada foi a seguinte: $G_s = d_s \cdot h^2$. O diferencial de seleção (d_s) foi utilizado uma vez que a seleção aplicada não foi truncada e o número de indivíduos selecionados foi inferior a 30. Este parâmetro foi obtido para cada caráter, pela diferença entre a média da população selecionada (m) e a média da população original (μ). O G_s também foi expresso em porcentagem da média do caráter na população original, estimado pela expressão: $G_s\% \bar{X}_0 = \frac{G_s}{\bar{X}_0} \times 100$, onde $\bar{X}_0$ é a média do caráter na população original. Utilizando-se o G_s também estimou-se a média esperada na descendência das populações T_2 e M_3 avaliadas, através da seguinte expressão:

$$\text{Média esperada na descendência} = \bar{X}_0 + G_s.$$

4. RESULTADOS

4.1. Frequência de mutantes de clorofila em plântulas M_2 do cultivar BR 1-Poty

A análise da frequência de mutantes de clorofila em plântulas M_2 (Tabela 10) realizada nas três populações amostradas aleatoriamente das sementes do "bulk" M_1 , revelou que não houve nenhuma associação entre o tamanho da população avaliada e a frequência das cinco classes de mutantes observadas, quando se analisa cada local separadamente.

Na avaliação de campo, em Goianira, apesar do grande número de plantas avaliadas, poucos mutantes de clorofila foram identificados nas doses 15 e 25 kR. Na população não irradiada (dose 0 kR) nenhuma mutação espontânea foi observada.

Nas avaliações em ambientes de casa-de-vegetação e telado, em Piracicaba, foram identificados quatro mutantes espontâneos na população da dose 0 kR. Destas, somente o mutante albino foi comum às duas populações. Das classes de mutante considerados, os tipos *Xantha* e *Viridis* só não foram observados na população não irradiada.

TABELA 10. Frequência e percentagem de mutantes de clorofila (números inferiores) da geração M_2 do cultivar BR 1-Poty (doses 15 e 25 kR), induzidas pela radiação gama, e do cultivar BR 1-Poty não irradiado (dose 0 kR) avaliados em três locais. Caupi¹. 1986.

	Goianira-GO			Piracicaba-1, SP			Piracicaba-2, SP			Locais combinados		
	(dose kR)			(dose kR)			(dose kR)			dose (kR)		
	0	15	25	0	15	25	0	15	25	0	15	25
Total plantas avaliadas	3670	3043	3038	705	653	661	424	1550	1714	4799	5246	5413
Albina	0	0	2	1	1	1	1	3	1	2	4	4
			0,066	0,142	0,153	0,151	0,236	0,194	0,058	0,042	0,076	0,074
Xantha	0	0	1	0	1	0	0	1	6	0	2	7
			0,033		0,153			0,065	0,350		0,038	0,130
Viridis	0	0	3	0	0	0	0	3	3	0	3	6
			0,099					0,194	0,175		0,057	0,111
Striata	0	2	0	3	3	2	0	0	0	3	5	2
		0,066		0,426	0,459	0,303				0,063	0,095	0,037
Maculata	0	0	0	0	0	3	3	4	3	3	4	6
						0,454	0,708	0,258	0,175	0,063	0,076	0,111
Total de mutantes por dose e local	-	2	6	4	5	6	4	11	13	8	18	25
		0,066	0,197	0,567	0,766	0,908	0,943	0,710	0,758	0,167	0,343	0,462

¹ Goianira - avaliação em condições de campo (Goiás)

Piracicaba-1 - avaliação em casa-de-vegetação (São Paulo)

Piracicaba-2 - avaliação em telado (São Paulo)

Das duas doses de irradiação avaliadas, a dose 25 kR foi a que consistentemente induziu o aparecimento do maior número de mutantes de clorofila de todas as classes, com exceção do *Striata* que foi mais frequente na dose 15 kR (Tabela 10).

4.2. Influência da radiação gama na resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV

Em resposta à inoculação das plantas M_2 , das três doses de irradiação (0, 15 e 25 kR), com o CpAMV, verificou-se que a maior frequência de plantas, tanto na primeira avaliação (Tabela 11), quanto na segunda (Tabela 12), situou-se nas duas primeiras classes de reação - ausência de sintomas visíveis nas folhas e sintomas leves e folhas desenvolvidas; enquanto que as menores frequências foram observadas para a classe de reação 5 (mais suscetível). Todas as plantas do cultivar CNC 0434, altamente suscetível ao CpAMV, utilizada como padrão comparativo, apresentaram reações situadas nas classes 4 e 5.

Da primeira avaliação para a segunda houve um decréscimo na frequência de plantas com ausência de sintomas e aumento da frequência de plantas com as reações 1 e 2, e decréscimo da frequência de plantas nas demais reações (Tabelas 11 e 12).

Tanto nas plantas da dose 0 kR, resistente ao CpAMV, quanto nas plantas descendentes de sementes irradiadas com as doses 15 e 25 kR ocorreram praticamente todas as classes de reação (0 a 5), tanto na primeira quanto na segunda avaliação (Tabelas 11 e 12).

As análises de variância dos desvios padrão das classes de reação (Tabelas 13 e 14) revelaram que os padrões de reação das plantas das três doses de irradiação não diferiram estatisticamente entre si (Tabela 15), nas duas avaliações realizadas.

TABELA 11. Frequência e distribuição das plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty por classe de reação à inoculação com o CpAMV e por dose de irradiação na 1ª avaliação (7 dias após a germinação). Caupi, Piracicaba, SP, 1985.

Repetições	Dose/sintoma																			
	0 kR					15 kR					25 kR									
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5		
I	42	37	19	1	5	0	15	1	0	1	0	0	48	6	0	0	4	0		
II	30	21	7	1	4	0	17	13	2	6	1	1	11	12	7	3	0	0		
III	46	26	1	1	1	2	39	20	0	12	6	0	39	25	1	3	10	0		
IV	58	27	1	0	9	6	64	16	0	0	0	0	54	17	4	7	0	2		
V	5	44	8	4	4	0	23	43	8	12	4	2	38	37	8	0	11	0		
VI	24	24	2	7	14	0	24	48	8	2	0	0	17	28	10	1	7	0		
VII	39	53	9	1	1	0	35	30	7	2	2	0	25	43	6	0	3	1		
Subtotal	244	232	38	15	38	10	217	171	25	35	13	3	232	168	42	14	35	3		
Total	577					464					494									

TABELA 12. Frequência e distribuição das plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty por classe de reação à inoculação com o CpAMV e por dose de irradiação na 2ª avaliação (25 dias após a germinação). Caupi, Piracicaba, SP, 1985.

Repetições	Dose/sintoma																													
	0 kR					15 kR					25 kR																			
	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5	0	1	2	3	4	5
I	28	40	9	0	3	1	3	7	1	0	0	0	34	22	10	1	1	0												
II	23	25	8	2	2	1	11	15	1	4	0	0	14	13	1	0	0	0												
III	31	35	7	0	0	1	30	31	16	0	3	1	30	42	6	2	1	1												
IV	27	49	9	2	7	3	34	49	7	2	1	0	38	45	5	2	2	2												
V	11	32	9	2	3	1	24	39	14	6	4	1	32	41	11	2	2	3												
VI	9	33	14	1	1	1	27	34	14	4	2	0	21	39	8	3	1	0												
VII	36	38	8	1	0	1	21	22	7	1	0	0	6	29	10	9	0	0												
Subtotal	165	252	64	8	16	9	150	197	60	17	10	2	175	231	51	19	7	6												
Total	154					436					489																			

TABELA 13. Desvio padrão, média e diferença mínima significativa (DMS) das seis classes de reação do cultivar BR 1-Poty à inoculação com o CpAMV na primeira avaliação, por dose de irradiação. Cauapi, Piracicaba, SP, 1985.

Repetição	Doses (kR)			Média
	0	15	25	
I	2,46	1,26	2,42	1,94
II	1,90	1,29	1,27	1,49
III	2,48	2,19	2,22	2,29
IV	2,62	3,03	2,39	2,68
V	2,02	1,86	2,45	2,01
VI	1,76	2,53	1,75	2,01
VII	2,70	2,21	2,32	2,41
Média	2,28	2,05	2,12	2,12
DMS (1%)	0,79			

TABELA 14. Desvio padrão, média e diferença mínima significativa (DMS) das seis classes de reação do cultivar BR 1-Poty à inoculação com o CpAMV na segunda avaliação, por dose de irradiação. Cauapi, Piracicaba, SP, 1985.

Repetição	Doses (kR)			Média
	0	15	25	
I	2,30	0,83	2,13	1,75
II	1,72	1,39	1,51	1,54
III	2,41	2,18	2,33	2,31
IV	2,13	2,64	2,45	2,41
V	1,65	1,89	2,17	1,90
VI	1,87	2,08	2,15	2,03
VII	2,49	1,88	1,78	2,05
Média	2,08	1,84	2,07	1,99
DMS (1%)	0,71			

TABELA 15. Quadrados médios e coeficientes de variação dos desvios padrão das seis classes de reação do cultivar BR 1-Poty à inoculação com o CpAMV, para as duas avaliações realizadas. Caupi, Piracicaba, SP, 1985.

Fontes de variação	G.L.	QM	
		1ª avaliação	2ª avaliação
Doses	2	0,10	0,13
Repetições	6	0,42	0,27
Resíduo	12	0,17	0,14
CV(%)		19,18	18,50

4.3. Efeitos da radiação gama em alguns caracteres agronômicos em plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty

Os efeitos da radiação gama foram observados nos caracteres FI, CMV, NSV, PCS, NVP, PSP e PSPE das três populações (0, 15 e 25 kR) avaliadas. Nestas populações, observou-se a existência de plantas precoces e tardias que, para viabilizar a colheita das plantas representativas da população, foram colhidas separadamente. Em primeiro lugar, foram colhidas aleatoriamente quatro plantas precoces por repetição. Posteriormente, foram colhidas também aleatoriamente, quatro plantas tardias por repetição, totalizando 100 plantas/tratamento/ciclo de florescimento. Estas plantas foram avaliadas individualmente e analisadas estatisticamente por ciclo de florescimento (Tabela 16) e os dois ciclos conjuntamente (Tabela 17).

A análise de variância da geração M_2 por ciclo de florescimento não revelou nenhum efeito das doses de radiação nos caracteres das plantas precoces, enquanto que nas plantas tardias o efeito das doses só foi verificado para o caráter PCS. Em ambos os ciclos de florescimento o efeito repetições foi altamente significativo para os caracte-

TABELA 16. Variâncias, médias e coeficientes de variação (CV) de sete caracteres avaliados nas plantas da geração M₂ do cultivar BR 11-Poty nos dois ciclos de florescimento, calculados com base na média (4 plantas) de parcelas. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Ciclo	Fontes de variação	G.L.	FI (nº dias)	CMV (cm)	NSV (nº sem./vagem)	PCS (g)	NVP (nº vagens/planta)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)
Precoce	Repetições	24	12,2679*	0,90375	1,9686	0,9717	1021,925**	1658,207**	3241,5305**
	Doses	2	3,0833	1,7100	3,0470	0,7064	750,495	328,695	645,378
	Resíduo	48	6,9115	1,3719	1,5225	0,7399	305,041	541,787	1189,667
	Média		80,573	18,183	14,240	12,536	78,034	95,188	140,411
Tardia	C.V. (%)		3,263	6,442	8,665	6,862	22,382	24,453	24,565
	Repetições	24	46,051**	2,1309	2,3490	1,0840	218,774	161,649	760,762
	Doses	2	47,726	3,7564	3,0823	5,1010**	550,940	172,090	725,906
	Resíduo	48	20,960	2,9102	2,9790	0,9144	174,476	194,645	693,432
	Média		89,970	14,973	10,777	12,620	37,547	32,235	54,146
	C.V. (%)		5,088	11,393	16,015	7,577	35,180	43,280	48,633

* significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 17. Variâncias e coeficientes de variação (CV) de sete caracteres avaliados na geração M₂ do cultivar BR 1-Poty das plantas precoces e tardias analisadas conjuntamente, a nível de médias (4 plantas) de parcelas. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Fontes de variação	G.L.	FI (nº dias)	CMV (cm)	NSV (nº semente/ vagem)	PSC (g)	NVP (nº vagens/ planta)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)
Repetições (R)	24	33,592**	1,828	2,530	1,221	733,661**	955,948**	2331,869**
Doses (D)	2	31,300	4,790	5,860	4,125*	1292,529*	464,114	1214,508
R x D	48	17,101	2,294	2,466	0,838	256,295	400,272	1078,004
Ciclo (C)	1	3311,150**	386,521**	449,687**	0,259	61472,256**	148614,721**	279058,726**
D x C	2	19,508	0,676	0,274	0,038	8,907	36,672	156,776
R x C	24	24,726*	1,207	1,788	0,834	507,038*	863,908**	1670,424
R x D x C	48	10,770	1,691	2,042	0,816	232,222	336,159	805,095
Média		4,61	7,92	11,18	7,20	30,85	35,52	33,99
CV (%)		85,272	16,578	12,509	12,578	57,791	63,712	97,278

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

res FI (ambos os ciclos de florescimento), NVP, PSP e PSPE (ciclo precoce) (Tabela 16).

A análise conjunta envolvendo os dois ciclos de florescimento revelou efeito das doses para os caracteres PCS e NVP, ambos ao nível de 5% de probabilidade. O efeito de repetições manifestou-se também nos mesmos caracteres da análise anterior. O efeito de ciclos de florescimento foi altamente significativo para os caracteres CMV, NSV, NVP, PSP, PSPE e FI. A única interação significativa foi a de repetições x ciclos para os caracteres NVP, PSP, e FI (Tabela 17).

4.3.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty

Dos caracteres observados somente o PCS, no ciclo tardio apresentou diferença estatística significativa entre as médias. Estas foram menores nas duas doses de irradiação avaliadas. A mesma tendência foi observada para o CMV, NSV, PCS e FI. Um aumento na média com a maior dose de irradiação ocorreu para o NVP, PSP e PSPE em ambos os ciclos de florescimento (Tabela 18).

No caso da superioridade das médias do PCS na população não irradiada, se pesquisou algumas das plantas que possuem peso de cem sementes igual ou superior a 17 gramas, para verificar se são homozigotas para este caráter e, portanto, fazem parte da população original. Para verificar esta hipótese foram avaliadas 9 progênies descendentes destas plantas (sete com PCS igual ou superior a 17 gramas e duas com PCS de 14 a 15 gramas) num experimento conduzido pela mesma metodologia de avaliação das progênies M_3 das populações irradiadas e não irradiadas. Constatou-se que das nove progênies avaliadas, somente as progênies de número 3 ($Vd=12,30g^2$) e a de número 9 ($Vd=25,11g^2$), que têm PCS de 14 gramas e 19 gramas, respectivamente (Tabelas 19 e 20), apresentaram variâncias dentro muito superiores a média das outras sete progênies ava-

TABELA 18. Média,¹ diferença mínima significativa (DMS) e coeficiente de variação (CV) das plantas precoces (P) e tardias (T) por dose de irradiação gama para sete caracteres agronômicos. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Dose (kR)	CMV (cm)		NSV (nº semen- te/vagem)		PCS (g)		NVP (nº va- gem/planta)		PSP (g/planta)		PSPE (g/planta)		FI (nº dias)	
	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T	P	T
0	18,411	15,419	14,603	11,036	12,700	13,118a ²	74,770	34,470	95,938	31,415	141,39	51,058	80,240	90,127
15	17,898	14,714	14,21	10,918	12,546	12,237 b	74,973	35,220	91,246	30,120	134,91	51,012	80,940	91,267
25	18,241	14,786	13,906	10,378	12,364	12,504ab	84,360	43,05	98,380	35,171	144,93	60,368	80,540	88,517
Tukey (%)	0,801	1,166	0,844	1,180	0,588	0,654	11,947	9,036	15,922	9,544	23,594	18,014	1,798	3,132
CV (%)	6,4	11,4	8,7	16,0	6,8	7,6	22,4	35,2	24,6	43,4	24,5	48,6	3,3	5,1

¹ Média resultante de 25 observações (usando a média de 4 plantas/repetição/dose)

² Os números seguidos pela mesma letra não diferem significativamente entre si.

TABELA 19. Variâncias dentro das progênies T_2 das progênies com peso de cem sementes igual ou superior a 14 g, percentes à população não irradiada do cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Tratamento	Nº plantas	CMV (cm)	NSV (nº sementes/vagem)	PCS (g)	NVP (nº vagens/planta)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI (nº dias)
1	12	27,43	28,53	5,64	841,18	3585,88	5643,82	11,64
2	15	1,89	5,69	2,47	695,12	4990,65	7303,83	8,98
3	16	13,33	9,57	25,11	1357,02	11264,00	16502,52	2,91
4	14	1,44	1,46	4,87	826,98	4947,37	8717,48	4,83
5	17	2,13	2,56	2,69	594,31	5094,61	7245,73	10,77
6	17	2,18	2,70	4,91	1387,74	9168,85	11564,76	6,51
7	17	3,20	0,59	1,39	770,13	4655,36	8082,53	5,02
8	14	0,75	1,84	1,99	1226,55	7976,90	11407,78	4,09
9	17	4,18	6,53	12,30	1385,97	6823,49	11029,56	9,44

TABELA 20. Médias das progêneses T₂, agrupadas por terem peso de cem sementes igual ou superior a 14 g, pertencentes à população não irradiada do cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Tratamento	CMV (cm)	NSV (nº sementes/ vagem)	PCS (g)	NVP (nº vagem/ planta)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI (nº dias)
1	16	11	14	40	67	83	53
2	21	16	19	63	171	193	51
3	19	13	19	53	131	152	52
4	20	15	19	58	139	172	52
5	21	17	17	72	181	216	50
6	20	15	18	73	160	191	50
7	20	15	18	68	155	199	49
8	21	17	18	82	206	249	51
9	18	14	17	38	87	106	50

liadas ($V\bar{d}=3,4g^2$), que se assemelha a variação dentro da população original. Portanto, a maioria das progênes da população não irradiada têm baixas variâncias dentro de progênes, indicando que não estão segregando para este caráter e, portanto, fazem parte da população original do cultivar BR 1-Poty.

As plantas do ciclo tardio apresentaram médias inferiores e coeficientes de variação muito superiores às plantas do ciclo precoce para os caracteres CMV, NSV, NVP, PSP e PSPE.

A análise conjunta das plantas precoces e tardias indicou que as médias do NVP, PSP e PSPE correspondentes à dose 25 kR foram superiores às respectivas testemunhas (Tabela 21), porém só o NVP apresentou o aumento da média associado ao aumento da variância (Tabela 24) que é o que se deseja para que a seleção seja vantajosa. Por esta análise, verifica-se que houve um efeito depressivo na média dos caracteres CMV, NSV, PCS, nas duas doses de irradiação, e na PSP e PSPE, na dose 15 kR. Destes caracteres somente o CMV e o NSV apresentaram o efeito depressivo da média associado a um incremento da variação devido à irradiação, medido pela divisão do coeficiente de variação da população irradiada pelo coeficiente de variação da população testemunha (Tabela 25), que parece ser mais rigoroso que o índice de variação induzida medido pelo teste "F" apresentado na Tabela 24.

A amplitude de variação fenotípica nas duas populações irradiadas, em relação à testemunha, só aumentou nas duas doses de irradiação no caráter CMV. Nos demais caracteres houve uma prevalência de redução em uma ou em ambas as doses de irradiação.

A mesma análise conjunta realizada com a população remanescente da colheita das plantas precoces e tardias, para os caracteres CMV, NSV, PSC (com base numa amostra de 10 vagens) e FI, revelou que as médias destes caracteres também apresentaram um efeito depressivo e a mesma tendência de incremento de variação induzida nos caracteres CMV e

TABELA 21. Média ($\bar{x}$), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV), obtidos da análise conjunta¹, e coeficiente de variação relativo (CV_I/CV_{NI}) para sete caracteres agronômicos do cultivar BR 1-Potynão irradiado (dose 0 kR) e da geração M₂ descendente do cultivar BR 1-Poty irradiado (doses 15 e 25 kR) determinado nas plantas amostradas aleatoriamente da população. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Caráter	Dose (kR)	Nº plantas avaliadas	$\bar{x} \pm s$	CV(%)	$\frac{CV_I}{CV_{NI}}$	% da média da testemunha	Valores MIN-MAX
CMV ²	0	200	16,91 ⁺ ₋ 2,54	15,00	1,00	100	9,35- 21,25
	15	199	16,29 ⁺ ₋ 2,79	17,15	1,14	96	5,80- 20,95
	25	200	16,51 ⁺ ₋ 3,15	19,11	1,27	98	6,55- 21,20
NSV ²	0	200	12,82 ⁺ ₋ 2,92	22,78	1,00	100	4,85- 18,08
	15	199	12,56 ⁺ ₋ 3,04	24,15	1,06	98	3,60- 18,90
	25	200	12,14 ⁺ ₋ 3,31	27,25	1,19	95	3,80- 17,00
PCS ²	0	200	12,91 ⁺ ₋ 2,45	17,42	1,00	100	7,71- 20,14
	15	199	12,38 ⁺ ₋ 1,72	13,91	0,79	96	6,15- 18,89
	25	200	12,43 ⁺ ₋ 1,47	11,88	0,68	96	8,38- 17,52
NVP	0	200	54,62 ⁺ ₋ 32,10	58,78	1,00	100	7,00-164,00
	15	199	55,12 ⁺ ₋ 32,54	59,04	1,00	101	7,00-160,00
	25	200	63,70 ⁺ ₋ 37,56	58,96	1,00	117	7,00-203,00
PSP	0	200	63,68 ⁺ ₋ 48,08	75,52	1,00	100	2,67-273,89
	15	197	61,12 ⁺ ₋ 45,85	75,02	1,00	96	4,44-193,68
	25	200	66,78 ⁺ ₋ 47,55	71,21	0,94	105	4,18-241,12
PSPE	0	200	96,22 ⁺ ₋ 69,54	72,26	1,00	100	6,74-366,76
	15	199	93,03 ⁺ ₋ 66,70	71,69	1,00	97	5,18-289,22
	25	200	102,65 ⁺ ₋ 73,06	71,17	0,98	107	6,27-415,74
FI	0	198	85,17 ⁺ ₋ 8,03	9,42	1,00	100	67,00-109,00
	15	198	86,15 ⁺ ₋ 8,33	9,67	1,00	101	70,00-110,00
	25	199	84,46 ⁺ ₋ 7,40	8,76	0,93	99	66,00-107,00

1 - Análise conjunta das plantas precoces e tardias.

2 - Dados baseados numa amostra de 20 vagens das plantas amostradas aleatoriamente para colheita de plantas individuais.

NSV e um decréscimo de variação no PCS e FI (Tabela 22). No entanto, constatou-se que as médias foram relativamente superiores nesta população do que nas amostras analisadas, o que pode ser atribuído às grandes variações observadas nos valores extremos dos intervalos de variação das duas amostras.

A análise de variância da população remanescente avaliada (Amostra 1) indicou que as doses de irradiação afetaram significativamente as médias dos caracteres CMV, NSV e PCS. Os efeitos de repetições e a interação repetição x doses foram significativos para os quatro caracteres avaliados. Embora o teste de Tukey não tenha detectado diferenças entre as médias observou-se tendência de redução das médias dos caracteres CMV, NSV, PCS, com o aumento da dose de irradiação, e a FI somente com a dose de 25 kR. O NSV e o PCS foram os caracteres que apresentaram os coeficientes de variação maiores (Tabela 23).

4.3.2. Efeito na variância fenotípica dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty

O aumento na variância das populações tratadas é um indicativo da eficiência do tratamento mutagênico em induzir variabilidade genética. A variância medida na geração M_2 engloba a variância genética e a variância ambiental, o que limita as inferências a serem tiradas dos dados.

O caráter PCS foi o que apresentou o maior efeito negativo da irradiação na variância, ou seja ela foi drasticamente reduzida (aproximadamente metade) em relação à população original (Tabela 24), exceto na população precoce em que a redução foi menos marcante. Esta baixa variância associada à redução das médias nas populações tratadas poderá reduzir ou impedir o progresso genético por seleção nestas populações, a não ser que segregações transgressivas surjam na geração M_3 .

TABELA 22. Média ($\bar{x}$), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV), obtidos da análise conjunta¹ e coeficiente de variação relativo (CV_I/CV_{NI}) para quatro caracteres agrônômicos do cultivar BR 1-Poty não irradiado (dose 0 kR) e da geração M₂ descendente do cultivar BR 1-Poty irradiado (doses 15 e 25 kR), determinado nas plantas da população remanescente, após a colheita das plantas amostradas aleatoriamente. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Carater	Dose (kR)	Nº plantas avaliadas	$\bar{x} \pm s$	CV(%)	$\frac{CV_I}{CV_{NI}}$	% da média da testemunha	Valores MIN-MAX
CMV ²	0	785	17,39 ^{+1,65}	9,47	1,00	100,00	10,56- 27,00
	15	720	17,03 ^{+1,62}	9,49	1,00	97,93	8,60- 24,71
	25	764	17,06 ^{+1,77}	10,42	1,10	98,10	8,10- 22,81
NSV ²	0	783	13,41 ^{+1,79}	13,39	1,00	100,00	5,00- 19,40
	15	719	12,92 ^{+2,19}	16,95	1,26	96,35	1,10- 19,37
	25	764	12,80 ^{+2,34}	18,34	1,37	95,45	4,20- 21,70
PCS ²	0	786	13,41 ^{+2,21}	16,48	1,00	100,00	5,39- 21,11
	15	729	13,06 ^{+1,86}	14,27	0,86	97,39	4,61- 25,27
	25	764	12,87 ^{+1,68}	13,08	0,79	95,30	6,62- 18,17
FI	0	782	87,17 ^{+7,70}	8,83	1,00	100,00	67,00-109,00
	15	723	87,52 ^{+7,26}	8,30	0,94	100,40	66,00-110,00
	25	758	86,72 ^{+7,31}	8,43	0,95	99,48	66,00-111,00

1 Análise conjunta das plantas precoces e tardias.

2 Dados baseados numa amostra de 10 vagens, colhidas em plantas individuais da população.

TABELA 23. Análise de variância, médias e coeficientes de variação do comprimento médio da vagem (CMV), número de sementes por vagem (NSV), peso de cem sementes (PCS), da amostra de dez vagens, e a floração inicial (FI) das plantas de três populações estudadas ao nível de planta individual. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Fontes de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		CMV (cm)	NSV (Nº semen tes/vagem)	PCS (g)	FI (Nº dias)
Repetições (R)	24	18,969**	40,263**	31,100**	1630,465**
Doses (D)	2	31,744**	76,834**	60,890**	178,280
R x D	48	4,296**	7,459**	5,693**	286,566**
Resíduo CMV	2194	2,620	-	-	-
Resíduo NSV	2191	-	4,032	-	-
Resíduo PCS	2204	-	-	3,410	-
Resíduo FI	2108	-	-	-	32,697
Média 0 kR		17,394	13,409	13,414	87,174
Média 15 kR		17,034	12,921	13,063	87,520
Média 25 kR		17,063	12,801	12,870	86,722
Média Geral		17,168	13,387	13,119	87,133
Coeficiente de Variação (%)		9,44	15,39	14,07	6,56

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade
 ** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

TABELA 24. Variâncias fenotípicas das plantas da geração M_2 , estimadas por ciclo de florescimento e em conjunto (precoce + tardio) de sete caracteres avaliados no cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Caráter	População dose (kR)	Variâncias		
		Precoce ¹	Tardia ¹	Precoce + Tardia ²
CMV	0	2,12	6,29	6,43
	15	3,37	7,22*	7,81
	25	3,42**	10,57**	9,96**
NSV	0	3,47	7,25	8,53
	15	5,06*	7,89	9,22
	25	5,50*	10,22*	10,95*
PCS	0	3,53	6,53	5,50
	15	2,55	3,37	2,97
	25	2,01	2,36	2,18
NVP	0	943,00	308,85	1030,85
	15	930,76	392,59	1059,04
	25	1272,94*	700,77**	1410,67**
PSP	0	2205,66	339,85	2312,40
	15	1859,59	453,60	2102,31
	25	1808,46	719,05**	2261,28
PSPE	0	4439,46	1159,49	4835,81
	15	3585,53	1762,07*	4447,68
	25	4695,03	2422,57**	5337,48
FI	0	19,82	59,97	64,44
	15	23,04	60,99	69,41
	25	23,66	55,12	54,73

$$\text{Teste "F"} = \frac{\text{Variância fenotípica da população irrad.}}{\text{Variância fenotípica de população ñ. irrad.}}$$

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

1 Média resultante da observação de 100 plantas

2 Média resultante da observação de 200 plantas

O maior número de incremento na variância ocorreu nas plantas do ciclo tardio, tendo sido altamente significativos nos caracteres CMV, NVP, PSP e NSV relativos à dose 25 kR. Nas plantas precoces somente o CMV, NVP e NSV apresentaram incrementos de variância, principalmente nas populações que receberam a dose 25 kR.

Na análise dos dois ciclos de florescimento somente os caracteres CMV, NSV e NVP apresentaram incrementos de variância (Tabela 24).

Estes resultados refletem a maior eficiência da dose 25 kR em aumentar a variabilidade do cultivar BR 1-Poty.

4.3.3. Efeito na distribuição da frequência dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty

A análise da distribuição da frequência dos caracteres estudados na geração M_2 foi feita através da determinação dos coeficientes de assimetria e curtose dos dados obtidos das duas amostras estudadas. As curvas de distribuição da frequência das três populações analisadas são apresentadas nas Figuras 1 e 2, para as amostras 1 e 2 respectivamente.

Os coeficientes de assimetria e curtose obtidos dizem respeito à alteração das populações analisadas em relação à distribuição de frequência de uma curva normal. No entanto, como o que interessa nesta análise é a alteração da distribuição de frequência das populações irradiadas em relação à distribuição de frequência da população testemunha, os resultados são apresentados levando este aspecto em consideração.

O efeito da irradiação na assimetria e curtose das duas amostras analisadas variou em magnitude e sinal, em menor ou maior grau, dependendo do caráter em questão (Tabela 25).

TABELA 25. Assimetria e curtose dos caracteres agronômicos do BR 1-Poty antes (0kR) e após (15 kR e 25 kR) o tratamento mutagênico na geração M_2 . Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Caráter	Dose (kR)	Assimetria		Curtose		Total de Plantas	
		Amostra1	Amostra2	Amostra1	Amostra2	Amostra1	Amostra2
CMV	0	0,51**	-1,03**	2,96**	0,94*	785	200
	15	-0,52**	-1,19**	1,93**	1,41**	720	189
	25	-0,60**	-1,25**	1,43**	1,22**	764	200
NSV	0	-0,48**	-0,54**	0,74**	-0,63**	783	200
	15	-0,84**	-0,66**	1,70**	-0,06**	719	199
	25	-0,65**	-0,68**	0,83**	-0,49**	764	200
PCS	0	0,67**	0,63**	1,38**	1,14**	786	200
	15	0,33**	0,06	4,01**	1,46**	729	199
	25	-0,23**	0,01	0,13	0,22	764	200
NVP	0	-	0,95**	-	0,60*	-	200
	15	-	0,86**	-	0,37	-	199
	25	-	0,93**	-	0,55*	-	200
PSP	0	-	1,21**	-	1,45**	-	200
	15	-	0,89**	-	-0,16**	-	197
	25	-	0,90**	-	0,39	-	200
PSPE	0	-	1,02**	-	0,81*	-	200
	15	-	0,77**	-	-0,16**	-	199
	25	-	1,02**	-	1,25**	-	200
FI	0	0,28**	0,59**	0,12	0,11	782	198
	15	0,25**	0,52**	-0,11	-0,22	723	198
	25	0,28**	0,46**	0,33	0,39	758	199

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

FIGURA 1. Distribuição de frequência de três caracteres determinados na amostra de dez vagens das plantas da amostra 1, das duas populações irradiadas, na geração M_2 , em comparação com a população não irradiada do cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

FIGURA 2. Distribuição de frequência de sete caracteres determinados na amostra de vinte vagens da amostra aleatória 2, das duas populações irradiadas, na geração M_2 , em comparação com a população não irradiada do cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capiwara, Goianira, GO, 1985.

Assim, na amostra 1, maiores populações, verificou-se inversão no sinal da assimetria de positiva para negativa para o CMV (doses 15 e 25 kR) e PCS (dose 25 kR), indicando uma completa alteração na frequência dos indivíduos da população.

Na Figura 1, pode-se observar o efeito diferenciado da irradiação na distribuição dos indivíduos em torno da média. Enquanto no CMV, as duas doses induziram distribuições leptocúrticas inferiores à da população original, no PCS a dose 15 kR induziu a formação de uma distribuição plasticúrtica, e a dose 25 kR induziu a formação de uma distribuição leptocúrtica mais acentuada que a curtose da população não irradiada (Tabela 25).

O efeito mais significativo da irradiação nas plantas da amostra 1 para os caracteres NSV e FI foi na curtose. No caso do NSV (Figura 1B), a distribuição leptocúrtica original foi acentuada na dose 15 kR. No FI o efeito mais forte ocorreu também na dose 15 kR, que induziu uma maior concentração dos indivíduos em torno da média (Figura 2A).

Na amostra 2, menor população, não se observou alteração de sinal de assimetria de nenhum dos caracteres avaliados (Tabela 25). Neste caso o efeito principal foi na alteração da magnitude da assimetria, destacando-se o PCS como o caráter mais afetado, pelo aumento da frequência de indivíduos com PCS inferiores à média da população original (Figura 2D). Coeficientes de assimetria foram obtidos para o PCS, NVP, PSP, PSPE e FI, sendo observado um efeito de redução dos valores dos coeficientes de assimetria, com a maior dose, nas populações irradiadas, com exceção da PSPE em que o maior efeito ocorreu na dose 15 kR.

Os valores dos coeficientes de curtose da amostra 2 indicam que o efeito da irradiação na estrutura da população, avaliada pela distribuição da frequência, varia com o caráter e a dose. Assim, enquanto nos caracteres CMV, NSV, NVP, PSP e FI a curtose aumentou com a maior dose em relação à população não irradiada, nos caracteres PCS e PSP a

curtose diminuiu com a maior dose. Nesta população, a dose 15 kR foi a que induziu os maiores decréscimos no coeficiente de curtose para os caracteres PSP, PSPE e FI, cujo efeito foi oposto ao induzido pela dose 25 kR (Figura 2).

4.4. Efeitos da radiação gama em alguns caracteres agrônômicos das plantas M_3 do cultivar BR 1-Poty

Na geração M_3 foram plantados 22 experimentos, sendo 11 constituídos por progênies descendentes das plantas classificadas como precoces na geração M_2 e 11 constituídos por progênies descendentes das plantas tardias desta geração. Os experimentos foram analisados separada e conjuntamente, após constatar-se a uniformidade dos experimentos pela avaliação do Quadrado Médio do resíduo segundo a regra de Box, citado por GOMES (1985), e também por não ter-se repetido o efeito de ciclo de florescimento. Por esta razão, os resultados da análise conjunta é que são apresentadas a seguir.

O quadro da análise de variância conjunta é apresentado na Tabela 26. Nesta análise verificou-se que todas as fontes de variação foram altamente significativas. Apesar dessa generalização de significância dos efeitos em todos os caracteres é importante ressaltar que ocorreu em alguns caracteres um aumento de variância nas progênies descendentes de sementes irradiadas com a dose 25 kR, sobressaindo-se nesse particular o NSV. Nos caracteres PCS, PSP e FI a variância foi maior nas progênies não irradiadas (Tabela 26).

Dos caracteres avaliados o NVP, PSP e PSPE foram os que apresentaram os maiores coeficientes de variação.

O efeito do tratamento mutagênico, neste caso, é melhor

TABELA 26. Valores dos quadrados médios com as respectivas significâncias, médias e coeficientes de variação em porcentagem (CV%) para sete caracteres estudados na geração M₃ do Cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Fontes de Variação	GL	FI (Nº dias)	NVP (Nº vagem/ planta)	CMV (cm)	NSV (Nº de se- mente/vagem)	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)
Experimentos (E)	21	10,68**	20925,15**	24,55**	43,55**	16,36**	92134,70**	132417,17**
Repetições/E	110	2,55**	20006,55**	1,93**	2,39**	1,06**	5852,97**	8947,26**
Tratamentos/E	198	2,60**	4354,65**	7,58**	13,29**	5,36**	8855,18**	14028,84**
Dose/E	22	2,37**	8728,08**	7,61**	27,31**	3,40**	12749,05**	19558,48**
Progenies, dose 0 kR/E	88	3,09**	3158,85**	3,73**	2,72**	5,15**	8527,41**	13208,06**
Progenies, dose 25 kR/E	88	2,15**	4457,08**	11,42**	20,34**	4,38**	8208,96**	13467,22**
Resíduo	990	1,90	871,66	0,82	1,36	0,65	2524,52	3995,82
Média		50,94	1071,61	17,94	14,76	13,22	176,63	211,23
Coeficiente de Variação (%)		2,56	27,44	5,04	7,90	6,07	28,44	29,93

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

avaliado pela estimativa da variância induzida pela aplicação do teste "F".

4.4.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty

A análise do efeito da irradiação na média dos caracteres da geração M_3 indicou que, apesar dos tratamentos diferirem entre si significativamente para todos os caracteres (Tabela 26), somente o NSV e NVP diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. No entanto, observou-se nos caracteres NVP, PSP e PSPE um pequeno incremento nas médias da dose 25 kR em relação a dose 0 kR (Tabela 27).

Ao se comparar as médias das progênies M_3 em relação às respectivas plantas parentais M_2 dentro e entre tratamentos, verifica-se que: (a) o número de dias para FI, em ambas as doses, foi reduzido em mais de 30 dias nas progênies M_3 , reduzindo-se também o intervalo de variação; (b) nos demais caracteres, observou-se uma tendência de incremento nas médias, em ambas as doses, tendo os caracteres NVP, PSP e PSPE os maiores incrementos na geração M_3 ; (c) nesta geração, os coeficientes de variação para todos os caracteres foram bastante reduzidos (em alguns mais da metade de redução), indicando uma maior uniformidade entre e dentro dos tratamentos; (d) os caracteres que apresentaram os maiores coeficientes de variação da população M_3 irradiada foi o NSV ($CV_I/CV_{NI} = 2,31$), cuja amplitude de variação se manteve semelhante à da geração M_2 , e o CMV ($CV_I/CV_{NI} = 1,50$).

4.4.2. Efeito da irradiação na variância genotípica dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty

A análise da variância genotípica induzida entre e dentro

TABELA 27. Média ($\bar{x}$), desvio padrão (s), coeficiente de variação (CV) e amplitude de variação das gerações M₂ (ao nível de planta individual) e M₃ (ao nível de média de progênies), para sete caracteres do cultivar BR 1-Poty não irradiado (dose 0 kR) e irradiado (dose 25 kR).

Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1985.

Caracteres	Dose(kR)	Geração M ₂			Geração M ₃				
		$\bar{x}$	$\pm$ s	CV(%)	Amplitude	$\bar{x}$	$\pm$ s	CV(%)	Amplitude
FI (Nº de dias)	0	84,51 $\pm$	7,29	8,63	67-106	50,82 $\pm$	0,78	1,53	48- 53
	25	84,09 $\pm$	6,82	8,11	66-104	50,97 $\pm$	0,70	1,38	49- 53
CMV (cm)	0	17,01 $\pm$	2,53	14,90	9- 21	18,02 $\pm$	0,98	5,45	15- 20
	25	16,17 $\pm$	3,20	19,77	7- 21	17,76 $\pm$	1,45	8,15	12- 21
NSV (Nº de sementes/vagem)	0	13,14 $\pm$	2,67	20,31	5- 18	15,23 $\pm$	0,92	6,04	12- 17
	25	11,90 $\pm$	3,44	28,94	4- 17	14,22 $\pm$	1,92	14,01	5- 17
PCS (g)	0	12,43 $\pm$	1,70	13,71	8- 18	13,21 $\pm$	1,16	8,80	10- 18
	25	12,49 $\pm$	1,53	12,23	9- 18	13,15 $\pm$	0,90	6,81	11- 16
NVP (Nº de vagens/panta)	0	56,46 $\pm$	30,54	54,09	14-161	98,90 $\pm$	26,87	26,87	44-174
	25	65,42 $\pm$	38,39	58,68	7-171	116,21 $\pm$	33,42	28,76	48-248
PSP (g)	0	65,77 $\pm$	45,19	68,71	7-226	170,07 $\pm$	50,71	29,70	64-290
	25	67,26 $\pm$	48,06	71,46	7-241	182,47 $\pm$	54,76	30,01	49-305
PSPE (g)	0	98,81 $\pm$	66,57	67,37	7-367	203,10 $\pm$	62,57	30,81	72-366
	25	103,49 $\pm$	72,14	69,71	9-353	219,32 $\pm$	66,71	30,42	62-383

das progênies M_3 indicou que a maior indução de variação ocorreu entre as progênies, nos caracteres CMV, NSV ($P < 0,01$) e NVP ($P < 0,05$). A indução de variação dentro de progênies só foi observada para o NSV ($P < 0,01$) (Tabela 28).

TABELA 28. Variâncias genotípicas induzidas entre ($\sigma_{M_3}^2 / \sigma_{T_2}^2$) e dentro ($\sigma_{dM_3}^2 / \sigma_{dT_2}^2$) das progênies M_3 do cultivar BR 1-Poty para sete caracteres. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Gerações	FI (nº dias)	NVP (nº vagens/ planta)	CMV (cm)	NSV (nº sementes/ vagem)	PCS (g)	PSF (g/planta)	PSPE (g/planta)
Entre M_3	0,32	1,57*	3,64**	13,96**	0,83	0,95	1,03
Dentro M_3	0,94	1,10	1,14	1,71**	1,03	0,98	0,95

* significativo ao nível de 5% de probabilidade

** significativo ao nível de 1% de probabilidade

4.5. Efeito da radiação gama na associação entre os caracteres do cultivar BR 1-Poty nas gerações M_2 e M_3

Para avaliar o efeito da irradiação na associação entre os caracteres do cultivar BR 1-Poty, calcularam-se, para as duas gerações, os coeficientes de correlação fenotípica (Tabelas 29 e 30), para cada um dos tratamentos avaliados.

4.5.1. Geração M_2

Na geração M_2 (Tabela 29) verificou-se que o PCS não se associou significativamente com nenhum outro caráter, com exceção da associação NVP x PCS na população não irradiada ($r = -0,28$). Apesar da ausência de significância foram nestas associações que ocorreram as mudanças mais brus

TABELA 29. Coeficientes de correlação fenotípica entre os caracteres do cultivar BR 1-Poty antes (dose 0 kR) e após (15 e 25 kR) a 1ª radiação na geração M_2 , ao nível de média de parcelas ($n = 50$). Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Carac- teres	Dose (kR)	Caracteres					
		NVP	CMV	NSV	PCS	PSP	PSPE
FI	0	-0,71**	-0,69**	-0,70**	-0,01	-0,72**	-0,74**
	15	-0,66**	-0,52**	-0,54**	0,04	-0,64**	-0,66**
	25	-0,60**	-0,56**	-0,56**	0,01	-0,64**	-0,60**
PSPE	0	0,97**	0,87**	0,85**	-0,15	0,97**	
	15	0,98**	0,79**	0,83**	0,02	0,97**	
	25	0,97**	0,79**	0,80**	0,04	0,97**	
PSP	0	0,94**	0,85**	0,84**	-0,15		
	15	0,94**	0,77**	0,83**	0,02		
	25	0,95**	0,79**	0,81**	-0,03		
PCS	0	-0,28*	-0,12	-0,20			
	15	-0,06	0,04	-0,11			
	25	-0,07	0,14	0,06			
NSV	0	0,78**	0,86**				
	15	0,74**	0,92**				
	25	0,68**	0,90**				
CMV	0	0,82**					
	15	0,73**					
	25	0,69**					

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 30. Coeficientes de correlação fenotípica entre sete caracteres do cultivar BR 1-Poty antes (dose 0 kR) e após (dose 25 kR) a irradiação na geração M₃, com os dados ao nível de plantas (n = 660). Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO. 1986.

Caracteres	Dose (kR)	Caracteres					
		NVP	CMV	NSV	PCS	PSP	PSPE
FI	0	-0,095**	-0,058	-0,012	-0,093**	-0,108**	-0,110**
	25	-0,104**	0,027	0,043	-0,077*	-0,104**	-0,104**
PSPE	0	0,957**	0,480**	0,388**	0,340**	0,977**	
	25	0,868**	0,396**	0,391**	0,326**	0,969**	
PSP	0	0,944**	0,448**	0,363**	0,324**		
	25	0,828**	0,379**	0,404**	0,306**		
PCS	0	0,146**	0,456**	-0,008			
	25	0,166**	0,318**	-0,010			
NSV	0	0,248**	0,484**				
	25	-0,021	0,747**				
CMV	0	0,340**					
	25	0,024					

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

cas de sinais dos coeficientes de correlação. Pouquíssima ou nenhuma alteração foi verificada para as associações entre os componentes primários da produção. De modo geral, o tratamento mutagênico reduziu a magnitude da associação fenotípica e somente em pouquíssimos casos ocorreu um ligeiro aumento (Tabela 24), como será descrito a seguir por associação de caracteres.

O início de florescimento correlacionou-se negativamente com o CMV, NSV, NVP, PSP e PSPE, tanto na população não irradiada quanto nas duas populações irradiadas. A associação FI x PCS não apresentou coeficiente de correlação significativo em nenhuma das populações, porém passou de negativa na população testemunha para positiva nas populações irradiadas, o que evidencia a independência dos dois caracteres. Apesar de não se observar alterações no nível de associação entre o início de florescimento e os demais caracteres, houve uma leve tendência de redução do grau de associação entre os caracteres, que poderá estar ligado aos efeitos da irradiação.

A associação da PSP e os demais caracteres não foi aparentemente afetada pelas doses de irradiação, obtendo-se os mesmos níveis de significância para as três populações estudadas. No entanto, algumas alterações nos valores absolutos destes coeficientes foram observados, na maioria dos casos, no sentido de redução dos valores nas doses 15 kR e 25 kR em relação à população testemunha. O coeficiente de correlação da PSP x PCS passou de negativa, na população testemunha e na dose 25 kR, para positiva na população da dose 15 kR sem no entanto apresentarem diferenças significativas.

O coeficiente de correlação entre a PSP e a PSPE foi positivo e altamente significativo ($r = 0,97$) para as três populações, indicando que o caráter produção de sementes por planta estimado pelos componentes de rendimento representa com precisão a produção de sementes por planta observada. Isto fica mais confirmado pela constância das associações entre os caracteres estudados e a PSPE, com exceção da associação

PSPE x PCS que passou de negativa, na população testemunha, para positiva, nas duas populações irradiadas, com valores próximos a zero, indicando um possível efeito da irradiação na quebra da associação entre estes caracteres ao nível fenotípico,

O caráter número de vagens por planta, principal componente da produção, também apresentou o mesmo comportamento na associação com os demais caracteres, semelhante ao observado para a PSP e PSPE, com exceção, também, da associação entre o NVP x PCS que apresentou um coeficiente de correlação negativo e significativo, ao nível de 5% de probabilidade ($r = -0,28$), na população testemunha, e negativo mas não significativo nas duas populações irradiadas. Observa-se, ainda, que para a outra associação entre o NVP e o NSV, outro componente da produção, os coeficientes de correlação foram, nas três populações, inferiores às associações da PSP x NSV e PSPE x NSV. As maiores reduções com o aumento da dose de irradiação foram observadas nas associações do NVP x FI, NVP x PCS, NVP x NSV e NVP x CMV.

O outro componente de produção número de sementes por vagem correlacionou-se positiva e significativamente com o NVP, CMV, PSP e PSE, todas decrescendo com o aumento da dose de irradiação, e negativa e significativamente com o FI, cuja maior redução do valor do coeficiente de correlação ocorreu na população da dose 15 kR. Como nos demais casos, a associação com o PCS foi não significativa, com uma troca de sinal - de negativa para positiva - na população da dose 25 kR.

O comprimento médio da vagem correlacionou-se positiva e significativamente com o NSV, NVP, PSP e PSPE, e negativa e significativamente com o FI. Na associação CMV x PCS observou-se uma inversão de sinal - de positiva para negativa - nas duas populações irradiadas, porém nenhuma das três populações apresentou coeficiente de correlação significativo. As únicas associações que não apresentaram redução dos coeficientes de correlação com o aumento da dose foram o CMV x PCS e CMV x

NSV, que, ao contrário, aumentaram com o aumento da dose de irradiação.

4.5.2. Geração M_3

Os coeficientes de correlação estimados na geração M_3 foram relativos aos dados da população testemunha e da população da dose 25 kR, uma vez que a população da dose 15 kR não foi avaliada nesta geração (Tabela 30).

Ao contrário do observado na geração M_2 , as associações do peso de cem sementes com os demais caracteres, na geração M_3 , foram bastante diferentes. Nesta geração, o PCS correlacionou-se positiva e significativamente com o NVP, CMV, PSP e PSPE, em ambas populações. Nas associações com os três últimos destes caracteres houve uma pequena redução da magnitude do coeficiente na população da dose 25 kR. Isto também foi observado na associação do PCS x FI, que passou do nível de significância de 1% para 5% de probabilidade, sem contudo alterar o sentido negativo da associação. A associação do PCS x NSV foi negativa e não significativa em ambas populações.

Como na geração M_2 , o caráter florescimento correlacionou-se negativamente com todos os caracteres estudados, porém somente os caracteres NVP, PSP e PSPE apresentaram coeficientes de correlação significativos. Na população irradiada, estes três caracteres também apresentaram coeficientes de correlação negativos e significativos, como na geração M_2 , porém os valores dos coeficientes de correlação, tanto nesta quanto na população testemunha, foram bastante inferiores em magnitude. A ausência de correlação significativa para os caracteres CMV e NSV, e a obtenção da correlação positiva para o PCS, demonstra a existência de um forte componente ambiental na manifestação do fenótipo destes caracteres.

Os caracteres produção de sementes por planta e produção de sementes por planta estimada, nas duas populações, correlacionaram-se com o NVP, CMV, NSV e PCS. O PCS foi o único caráter que não apresentou correlação significativa na geração M_2 . Ambos os caracteres se correlacionaram positiva e significativamente entre si e ambos, negativa e significativamente com o início do florescimento nas duas populações.

Os caracteres número de vagens por planta e comprimento médio da vagem correlacionaram-se positiva e significativamente com a PSP, PSPE e PCS em ambas populações. A correlação entre o CMV x NVP foi bastante reduzida nas populações irradiadas ($r = 0,024$), evidenciando um forte efeito da irradiação na associação destes caracteres. O mesmo efeito foi observado na associação do NVP x NSV que passou de positiva ($r = 0,248$) e significativa na população testemunha, para negativa e não significativa ($r = -0,021$).

As associações do número de sementes por vagem com a PSPE, PSP, CMV e PCS não foram alteradas significativamente na geração M_3 , exceto na elevação da magnitude do coeficiente de correlação na população irradiada. As demais associações se alteraram e já foram relatadas anteriormente.

Das associações entre caracteres, somente as correlações PSPE x NVP, PSP x NVP e PSP x PSPE apresentaram valores semelhantes aos obtidos na geração M_2 , em magnitude e em sinal. As demais correlações apresentaram grandes reduções em magnitude e algumas em sinal, tanto na população testemunha quanto na população irradiada.

4.6. Coeficientes de correlação e regressão linear entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cultivar BR 1-Poty

Os coeficientes de correlação e regressão obtidos entre

as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 , em comparação com os mesmos coeficientes determinados para a população testemunha são apresentados nas Tabelas 31 e 32.

Analisando-se a Tabela 31 verifica-se que nas duas populações avaliadas os coeficientes de correlação, apesar de serem relativamente baixos, foram altamente significativos para a maioria dos caracteres, com exceção do tempo para florescimento, pois na população original este caráter não teve nenhuma relação com sua expressão nas suas progênes (T_2). Esta mesma correlação na população irradiada foi negativa e significativa ($P < 5\%$), porém com um valor muito baixo ($r = -0,178$). O efeito da irradiação, portanto, não alterou a relação existente entre parentais e descendentes. Os caracteres que apresentaram os coeficientes de correlação mais elevados foram o PCS ($r = 0,504$), na população original, o NSV ($r = 0,589$) e o PCS ($r = 0,539$), na população irradiada.

Apesar dos baixos coeficientes de determinação obtidos, constata-se que os coeficientes de regressão parentais x descendentes obtidos indicam que, tanto na população testemunha quanto na população irradiada, o comportamento das progênes é dependente do comportamento dos parentais para a maioria dos caracteres analisados, com exceção somente do caráter tempo para florescimento (Tabela 32). Estes resultados confirmam os obtidos com os coeficientes de correlação estimados para os mesmos caracteres.

As maiores significâncias estatísticas ($P < 0,1\%$) foram obtidas para os caracteres CMV, NSV e PCS em ambas populações. Somente o tempo para florescimento não apresentou coeficiente de regressão significativo, indicando que o comportamento observado tanto na população testemunha quanto na população irradiada na geração M_2 - onde se observou plantas precoces e tardias - não tem nenhuma relação com a expressão deste caráter na geração M_3 - cujas plantas floresceram uniformemente.

As duas populações diferiram entre si quanto aos coefici-

TABELA 31. Coeficientes de correlação (r) calculados com base em plantas individuais nos parentais (T_1 e M_2) e nas médias de repetições de suas progênies ($\bar{T}_2$ e $\bar{M}_3$), para os caracteres estudados no cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goiânia, GO, 1986.

Caráter	População ñ. irradi.	População irradiada
	$r_{T_1 \bar{T}_2}$	$r_{M_2 \bar{M}_3}$
FI	0,054	-0,178*
CMV	0,402**	0,395**
NSV	0,391**	0,589**
PCS	0,504**	0,539**
NVP	0,219**	0,251**
PSP	0,331**	0,281**
PSPE	0,296**	0,292**

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

TABELA 32. Coeficientes de regressão (b) e de determinação (r^2) calculados, com base em plantas individuais nos parentais (T_1 e M_2) e nas médias de repetições de suas progênies ($\bar{T}_2$ e $\bar{M}_3$), para os caracteres estudados no cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Carâter	População ñ. irradi.		População irradiada	
	$b_{T_1, \bar{T}_2}$	$r^2_{T_1, \bar{T}_2}$	$b_{M_2, \bar{M}_3}$	$r^2_{M_2, \bar{M}_3}$
FI	0,006	0,003	-0,018	0,030
CMV	0,156**	0,162	0,178**	0,156
NSV	0,135**	0,153	0,343**	0,348
PCS	0,344**	0,254	0,316**	0,291
NVP	0,192*	0,050	0,219**	0,063
PSP	0,372**	0,110	0,321*	0,079
PSPE	0,278**	0,088	0,270**	0,085

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade.

entes de regressão obtidos, para os caracteres NVP (aumento de significância na população irradiada), PSP (redução de significância na população irradiada) e FI (troca de sinal e aumento do coeficiente de regressão na população irradiada) (Tabela 32). Estas diferenças nas alterações observadas, ou seja a ausência de um efeito geral e uniforme, indicam que a irradiação não afetou estes caracteres da mesma maneira. O caráter NSV na população irradiada foi o que apresentou o mais alto coeficiente de regressão, enquanto na população testemunha sobressaiu-se o caráter PCS (Tabela 32).

4.7. Coeficiente de covariância entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênies M_3 do cultivar BR 1-Poty

O efeito da irradiação nos caracteres estudados foi no sentido de redução dos valores dos coeficientes de covariância para os caracteres FI, PCS, PSP e aumento destes coeficientes para os caracteres CMV, NSV, NVP e PSPE (Tabela 33).

Os caracteres que apresentaram os menores coeficientes de covariância foram o FI, CMV, PCS (em ambas populações) e NSV (na população original). Destes resultados o único que confirmou o relacionamento entre caracteres, expresso pelos coeficientes de correlação e regressão, foi o FI.

4.8. Parâmetros genéticos

4.8.1. Partição da variação genética

Dos caracteres analisados, somente os caracteres NSV, CMV e NVP permitiram estimar os componentes da variância genética (Tabela

TABELA 33. Coeficientes de covariâncias fenotípicas calculados com base em plantas individuais nos parentais (T_1 e M_2) e nas médias de repetições de suas progênies ($\bar{T}_2$ e $\bar{M}_3$), para os caracteres estudados no cultivar BR 1-Poty: Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Caráter	População ñ irradi.	População irradiada
	$Cov_{T_1, \bar{T}_2}$	$Cov_{M_2, \bar{M}_3}$
FI	0,30	-0,86
CMV	1,00	1,83
NSV	0,96	4,04
PCS	1,00	0,74
NVP	177,91	323,20
PSP	759,88	741,83
PSPE	1233,97	1405,72

34). Destes caracteres somente o NSV apresentou a estimativa da variância genética devido aos efeitos de dominância ($\hat{\sigma}_D^2$) positivo. O ajuste da excelência do modelo, utilizado para partição da variação genética, verificado pelo χ^2 balanceado indicou, que o mesmo foi adequado somente para os caracteres NSV e NVP. No entanto, apesar do caráter CMV ter apresentado diferença significativa ($P < 0,05$) entre os quadrados médios observados e esperados, o coeficiente de determinação entre estas duas estatísticas foi superior a 90% para os três caracteres.

Sendo o efeito de dominância do NSV bastante pequeno e mais ou menos semelhante ao seu desvio padrão ($\hat{\sigma}_D^2 = 1,33$ e $\hat{s}_D = \pm 1,54$) e sendo o mesmo efeito negativo no CMV e NVP é provável que os mesmos tenham pouca influência na variação total.

Por estes resultados conclui-se que, pelo menos para os caracteres NSV, CMV e NVP, o tratamento mutagênico foi efetivo em induzir alguma variação genética induzida.

4.8.2. Herdabilidade

Os coeficientes de herdabilidade, estimados pelo quadrado do coeficiente de correlação entre as plantas M_2 e a média de suas progênies M_3 , só foi superior na população irradiada para os caracteres NSV (133% maior), NVP (20% maior) e PCS (16% maior). Para os demais caracteres os coeficientes de herdabilidade, nas duas populações, foram iguais, com exceção apenas da PSP que foi menor na população irradiada (Tabela 35-1).

No caso das estimativas dos coeficientes de herdabilidade pelo coeficiente de regressão, ponderado pelos respectivos coeficientes de endogamia, foi possível detectar coeficientes de herdabilidade superiores na população irradiada para os caracteres NSV (185% maior), NVP

TABELA 34. Estimativas dos componentes da variância genética aditiva ($\hat{\sigma}_A^2$), dominante ($\hat{\sigma}_D^2$) e ambiental ($\hat{\sigma}_{E_1}^2$ e $\hat{\sigma}_{E_2}^2$), seus respectivos desvios padrões (s_A , s_D , s_{E_1} e s_{E_2}), teste de χ^2 , coeficientes de correlação e determinação entre os quadrados médios observados e esperados [$r_{QM}(\text{obs. x esp.})$ e $r_{QM}^2(\text{obs. x esp.})$]. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Parâmetro estimado	Caráter		
	NVP (Nº de vagem/ planta)	CMV (cm)	NSV (Nº sementes/ vagem)
$\hat{\sigma}_A^2$	1362,35	4,52	6,30
$\hat{\sigma}_D^2$	-966,09	-3,29	1,33
$\hat{\sigma}_{E_1}^2$	1093,93	7,28	8,00
$\hat{\sigma}_{E_2}^2$	918,34	1,87	2,75
s_A	230,99	0,69	1,21
s_D	320,56	0,86	1,54
s_{E_1}	87,79	0,54	0,67
s_{E_2}	29,06	0,06	0,09
Teste $\chi^2_{[2]}$	2,12	7,17*	1,71
$r_{QM}(\text{obs. x esp.})$	0,98	0,96	0,99
$r_{QM}^2(\text{obs. x esp.})$	0,97	0,93	0,98

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 35. Coeficientes de herdabilidade (h^2) estimados para a população não irradiada (Pop. n. irr d.) e população irradiada (Pop. irradi.) e considerando os dados das duas populações, por diferentes metodologias, para os diversos caracteres estudados no cultivar BR 1-Poty. Caupi, Fazenda Capivara, Colônia, GO, 1986.

Coeficientes de herdabilidade										
Caracteres	$h^2 = r_{12}^2 \frac{\bar{N}_3}{\bar{N}_2}$	(1) $h^2 = \frac{b_{12} \bar{N}_2}{2 \bar{N}_1 \bar{N}_2}$	(2) $h^2 = \frac{4}{7} (b_{12} \bar{N}_2)$	(3) $h^2 = \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma^2 + r_{12}^2 \frac{\bar{N}_2}{\bar{N}_1}}$	(4) $h^2 = \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2}$	(5) $h^2 = \frac{S^2}{(S^2 + S_0^2)}$	(6) $h^2 = \frac{\sigma_{12}^2}{\sigma_{12}^2 + \sigma_{13}^2}$	(7) h^2	(8)	(9)
	Pop. n. irr.	Pop. n. irr.	Pop. irradi.	Pop. n. irr.	Pop. irradi.	Pop. irradi.	Pop. n. irr.	Pop. irradi.	Pop. n. irr.	Pop. irradi.
FI	0,00	0,03	0,00	0,07	0,04	0,25	0,06	0,02	-	-
CNV	0,16	0,16	0,08	0,13	0,15	0,79	0,20	0,48	0,25	0,52
NSV	0,15	0,35	0,07	0,08	0,16	0,93	0,08	0,54	0,52	0,34
PCS	0,25	0,29	0,17	0,15	0,14	0,45	0,32	0,28	-	-
KVP	0,05	0,06	0,10	0,12	0,13	0,61	0,29	0,39	0,41	0,33
PSP	0,11	0,08	0,19	0,12	0,12	0,49	0,22	0,21	-	-
PSPE	0,09	0,09	0,14	0,12	0,12	0,51	0,25	0,25	-	-

(1) AASTVEIT & GAUL (1967)

(2) SMITH & KIRMAN (1965)

(3) h^2 com base nos componentes de variância, variância ambiental igual a σ^2

(4) h^2 com base nos componentes de rendimento, variância ambiental igual a σ_{12}^2

(5) ANDO & VENGUSKY (1967)

(6) h^2 com base nos componentes de rendimento, variância ambiental igual a σ_{12}^2

(7) h^2 com base nos componentes genéticos da variância

(8) - significa que os quadrados médios das populações testemunhas (S_0^2) foram superiores aos quadrados médios das populações irradiadas (S_1^2).

(9) - O modelo adotado não se ajustou aos dados obtidos.

(30% maior), CMV (25% maior), PSPE e PCS (17% e 6% maiores, respectivamente). Por esta metodologia, o coeficiente de herdabilidade do caráter PSP também foi inferior na população irradiada (Tabela 35-2).

As estimativas dos coeficientes de herdabilidade baseadas nos componentes da variância, sendo a variância fenotípica igual ao quadrado médio de linhagens dentro da respectiva dose de irradiação ($\sigma^2 + r\sigma_{\bar{M}_3}^2$ (ou $\bar{T}_2$)), revelou que houve superioridade da população irradiada para os caracteres NSV (100% maior), CMV (15% maior) e NVP (8% maior). Por esta metodologia os coeficientes de herdabilidade estimados para o FI e PCS foram maiores na população testemunha. Para os outros caracteres não houve diferença entre as duas populações (Tabela 35-3)

Quando se considerou a variância ambiental como sendo igual a variância dentro de progênies ($\sigma_{dT_2}^2$ para população original e $\sigma_{d\bar{M}_3}^2$ para a população irradiada), que somada à respectiva variância genética das populações estudadas fornecia a variância fenotípica, obtiveram-se também estimativas dos coeficientes de herdabilidade superiores para os caracteres NSV (575% maior), CMV (140% maior) e NVP (34% maior). Neste caso, os coeficientes de herdabilidade foram superiores na população testemunha para os caracteres FI, PCS e PSP, e igual para o caráter PSPE (Tabela 35-6).

Os mais altos coeficientes de herdabilidade foram estimados pela fórmula baseada nos componentes da variância da geração M_3 (Tabela 35-4). Por esta metodologia, os caracteres NSV, CMV e NVP também foram os que apresentaram os mais altos coeficientes de herdabilidade. No entanto, todos os demais caracteres apresentaram valores médios a altos de herdabilidade, com exceção apenas do FI, que apresentou a menor herdabilidade.

Coeficientes de herdabilidade elevados também foram obtidos para os caracteres NSV, CMV e NVP, quando estes foram estimados pe-

los quadrados médios obtidos diretamente da análise de variância (Tabela 35-5). Os caracteres FI, PCS e PSP apresentaram quadrados médios superiores na população original, impedindo que se obtivesse os coeficientes de herdabilidade para a população irradiada.

Somente para os caracteres NSV, NVP e CMV, que apresentaram consistentemente os maiores coeficientes de herdabilidade, independente da metodologia empregada, é que foi possível a obtenção das estimativas dos componentes da variação fenotípica, o que permitiu a estimação da herdabilidade no sentido restrito para estes caracteres. Seguindo a tendência obtida com as outras metodologias, o caráter NSV foi o que apresentou o maior coeficiente de herdabilidade ($h^2 = 0,52$), só não superando as estimativas obtidas pelas metodologias 4, 5 e 6 (na população irradiada). De um modo geral, as estimativas do coeficiente de herdabilidade entre progênes foram superiores às aquelas determinadas, para os mesmos caracteres, pelo quadrado do coeficiente de correlação e pelo coeficiente de regressão entre parentais e descendentes das duas populações avaliadas. As estimativas dos coeficientes de herdabilidade dentro de progênes também foram altas, porém inferiores aos coeficientes de herdabilidade entre progênes M_3 , com exceção apenas do caráter CMV.

4.8.3. Seleção e progresso genético esperado com a seleção

4.8.3.1. Seleção de progênes com base em critérios individuais e combinados e alterações nos demais caracteres

A média das progênes individuais selecionadas, a média geral das progênes, a média da população original e os diferenciais de seleção para os sete caracteres avaliados na população irradiada (M_3) e da população não irradiada (T_2) estão nas Tabelas 38, 40, 42, 44, 46, 48 e Tabelas 39, 41, 43, 45, 47, 49, respectivamente. Nas Tabelas das popu

lações irradiadas foi incluído o diferencial de seleção em relação à população não irradiada para se comparar o incremento relativo da população irradiada.

Os diferenciais de seleção, agrupados na Tabela 36, foram calculados em relação à média das respectivas populações avaliadas (μ_{T_2} e μ_{m_3}). Isto significa que a comparação de seus valores absolutos não indica se uma das populações é superior a outra, uma vez que as médias das progênies selecionadas e das populações variam para um mesmo caráter. Por isto, a superioridade da população M_3 poderá ser melhor avaliada pelo diferencial de seleção calculado em relação à média da população não irradiada (Tabela 37), embora este parâmetro não possa ser utilizado para estimativa do progresso genético esperado pela seleção, pois os coeficientes de herdabilidade são específicos de cada população. Na Tabela 37 observa-se que a população não irradiada apresenta diferenciais de seleção superiores para os caracteres NSV, PCS, PSP, quando estes mesmos caracteres são utilizados como critério de seleção. Isto de certa forma reflete o efeito depressivo verificado na média destes caracteres na população M_3 . No entanto, este efeito é geralmente compensado nos outros caracteres. Quando o critério de seleção foi o CMV, NVP, PCS e PSP o diferencial de seleção da população M_3 foi superior para quase todos os respectivos caracteres. O mesmo efeito de compensação é observado nos outros caracteres no sentido contrário.

A seleção foi aplicada individualmente nos sete caracteres estudados e estimou-se o progresso no caráter sob seleção e as respostas indiretas em outros caracteres. Assim, verificou-se que a seleção baseada no NVP aumenta, em média, 62 vagens por planta em relação à população original, tendo conseqüentemente um efeito positivo na PSP e PSPE, nenhum efeito na FI e PCS, e um efeito negativo no CMV e NSV. Estes efeitos são maiores quando se compara a média das progênies selecionadas com a média da população não irradiada (Tabela 38). A mesma seleção aplicada nesta população também mostra um efeito positivo nos caracteres NVP, PSP e PSPE, porém de menor magnitude que o efeito obtido

TABELA 36. Diferenciais de Seleção (ds)¹ para as populações T₂ e M₃ do cultivar BR 1-Poty calculados em relação à média das respectivas populações. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira-GO, 1986.

Caráter	NSV		CMV		NVP		PCS		PSP		PCS e PSP	
	ds _{T₂}	ds _{M₃}	ds _{T₂}	ds _{M₃}	ds _{T₂}	ds _{M₃}	ds _{T₂}	ds _{M₃}	ds _{T₂}	ds _{M₃}	ds _{T₂}	ds _{M₃}
NVP	4,68	4,79	18,23	2,64	43,34	62,44	-11,31	21,91	39,28	45,42	26,33	37,77
CMV	0,40	0,67	1,72	2,05	0,38	-0,66	0,64	0,51	0,69	0,83	1,53	1,09
NSV	1,46	2,05	0,30	1,10	0,45	-1,11	-0,10	-0,71	0,37	0,98	0,39	0,14
PCS	-0,59	-0,18	1,19	0,81	0,06	0,29	2,26	1,65	1,22	0,49	1,46	1,46
PSP	13,38	31,26	45,40	6,74	73,97	70,34	67,07	37,34	147,47	94,43	66,83	73,47
PSPE	17,39	35,20	59,50	37,49	92,03	90,64	5,18	52,64	104,13	111,67	82,85	94,65
FI	0,00	0,29	-0,60	-0,18	0,00	0,00	-1,00	-0,12	-0,35	-0,19	-0,52	-0,38

¹ $ds = \bar{x}_S - \bar{x}_O$, sendo

$\bar{x}_S$ = média das progênies selecionadas

$\bar{x}_O$ = média da população original, sendo $\bar{x}_O = \bar{T}_2$ para a população não irradiada e $\bar{x}_O = \bar{M}_3$ para a população irradiada.

TABELA 37. Diferenciais de seleção¹ calculados para população T_2 (ds_{T_2}) e para a população M_3 da cultivar BR 1-Poty em relação à média da população T_2 (ds_{M,T_2}) para os seis critérios de seleções aplicados. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 3^o 1986.

Caráter	NSV		CMV		NVP		PCS		PSP		PCS e PSP	
	ds_{T_2}	ds_{M,T_2}	ds_{T_2}	ds_{M,T_2}	ds_{T_2}	ds_{M,T_2}	ds_{T_2}	ds_{M,T_2}	ds_{T_2}	ds_{M,T_2}	ds_{T_2}	ds_{M,T_2}
NVP	4,68	22,10	18,23	19,95	43,34	79,75	-11,31	39,22	39,28	62,73	26,33	55,08
CMV	0,40	0,41	1,72	1,79	0,38	-0,92	0,64	0,25	0,69	0,57	1,53	0,83
NSV	1,46	1,04	0,30	0,09	0,45	-2,12	-0,10	-1,72	0,37	-0,03	0,39	-0,87
PCS	-0,59	-0,24	1,19	0,75	0,06	0,23	2,26	1,59	1,22	0,43	1,46	1,40
PSP	13,38	43,03	45,40	18,51	73,97	82,11	67,07	112,11	147,47	106,19	66,83	85,24
PSPE	17,39	51,57	59,50	53,86	92,03	106,86	5,18	69,01	104,13	128,04	82,85	111,02
FI	0,00	0,29	-0,60	-0,18	0,00	0,00	-1,00	-0,12	-0,35	-0,19	-0,52	-0,38

1 $ds = \bar{x}_S - \bar{x}_O$, sendo $\bar{x}_S$ = média das progênes selecionadas e $\bar{x}_O$ = média da população original, sendo $\bar{x}_O = \bar{T}_2$ (média da população não irradiada).

na população M_3 . Os caracteres CMV e NSV também foram favorecidos positivamente, mas em uma intensidade muito baixa. O FI e o PCS não foram afetados (Tabela 39).

Quando a seleção é aplicada no caráter CMV na população irradiada, obtém-se um incremento de dois centímetros nas progênies selecionadas, porém os caracteres agronômicos ligados à produção apresentou incrementos muito insignificantes; esta resposta indireta é maior quando se usa a média da população original como referência (Tabela 40). Na população não irradiada o incremento do CMV é menor (1,72 cm), porém os caracteres ligados à produção são mais beneficiados (Tabela 41). As melhores progênies que apresentaram vagens grandes e elevada produção de vagens por planta foram a 118- M_3 , 119- M_3 e 111- T_2 . Para a produção de grãos secos sobressaem-se as progênies 59- M_3 e 96- M_3 , ambas com PCS em torno de 13 g/100 sementes, semelhante à média da população.

A seleção entre as progênies M_3 para o aumento do NSV dá um incremento de duas sementes por vagem, superando inclusive a média de população não irradiada (Tabela 42), o que sugere a possibilidade de aumento deste caráter, para níveis iguais ou superiores, ao da população não irradiada. No entanto, o incremento nos demais caracteres é baixo, sendo negativo no PCS (Tabela 42). Isto reflete a tendência de correlação negativa entre estes dois caracteres (Tabela 30). A mesma tendência foi observada na população não irradiada, sendo os incrementos em todos os caracteres inferiores aos observados na população irradiada (Tabela 43).

Dos caracteres estudados, o PCS foi o caráter alvo de estudo. O objetivo era aumentá-lo, sem, no entanto, alterar os demais caracteres agronômicos do cultivar BR 1-Poty. A intensidade de seleção aplicada favoreceu a obtenção de progênies com PCS superiores à média das populações não irradiadas, tanto nas progênies M_3 (Tabela 44), quanto

TABELA 38. Médias das progênies M_3 selecionadas pelo NVP, médias gerais das progênies selecionadas (m_{M_3}), médias gerais da população M_3 (μ_{M_3}) e diferenciais de seleção em relação à população M_3 (ds_{M_3}) e à população T_2 (ds_{T_2}), para os sete caracteres avaliados. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da Progenie Selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
96	248,22	16,26	10,32	14,77	302,77	382,51	51
120	202,47	18,09	11,37	15,53	261,56	348,65	49
150	197,17	11,91	6,27	11,76	107,29	143,48	50
48	170,72	16,05	13,49	12,57	245,76	289,42	51
118	167,61	20,59	16,23	13,26	290,25	359,98	50
49	165,78	17,25	15,50	12,98	188,41	334,00	52
200	165,16	16,07	11,84	12,95	205,18	250,98	52
46	164,12	17,48	16,25	12,17	288,74	326,92	52
119	162,88	19,50	14,05	15,33	278,65	353,22	50
59	162,61	19,08	16,08	13,77	305,46	359,91	51
8	158,44	15,83	12,76	12,73	206,86	260,46	53
m_{M_3}	178,65	17,10	13,11	13,44	252,81	309,96	51
μ_{M_3}	116,21	17,76	14,22	13,15	182,47	219,32	51
$ds_{M_3}^1$	62,44	-0,66	-1,11	0,29	70,34	90,64	0
$ds_{T_2}^2$	79,75	-0,92	-2,12	0,23	82,11	106,86	0

$$1 \quad ds_{M_3} = m_{M_3} - \mu_{M_3} ; \quad 2 \quad ds_{T_2} = m_{M_3} - \mu_{T_2}$$

TABELA 39. Médias das progênie T_2 selecionadas pelo NVP, médias gerais das progênie selecionadas (m_{T_2}), médias gerais da população $T_2(\mu_{T_2})$ e diferencial de seleção em relação à população $T_2(ds_{T_2})$, para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da Progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
111	174,17	19,33	15,00	13,51	285,03	349,36	50
115	160,83	19,34	16,21	14,07	290,02	365,93	49
45	150,05	17,69	15,89	12,99	251,31	304,36	51
105	145,17	18,15	16,01	13,79	264,00	321,82	52
211	135,88	18,04	15,00	12,09	213,50	247,16	50
41	135,72	18,17	14,90	13,52	242,25	272,24	52
73	135,33	18,55	15,46	12,96	225,33	274,77	52
54	132,27	18,32	16,69	13,42	216,11	296,91	50
204	132,19	19,23	16,93	12,88	239,78	285,93	51
32	131,88	17,43	14,59	13,31	219,27	251,08	50
1	131,16	18,15	15,76	13,43	238,91	276,92	50
m_{T_2}	142,24	18,40	15,68	13,27	244,14	295,13	51
μ_{T_2}	98,90	18,02	15,23	13,21	170,70	203,10	51
$ds_{T_2}^1$	43,34	0,38	0,45	0,06	73,97	92,03	0

$$^1 ds_{T_2} = m_{T_2} - \mu_{T_2}$$

TABELA 40. Médias das progênes M_3 selecionadas pelo CMV, médias gerais das progênes selecionadas (m_{T_2}), médias gerais da população $T_2(\mu_{T_2})$ e diferenciais de seleção em relação à população $T_2(ds_{T_2})$, para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
118	167,11	20,58	16,23	13,26	290,25	359,98	50,11
108	139,44	20,13	15,53	14,53	259,08	314,92	50,83
9	89,61	20,05	15,84	14,04	161,29	199,08	51,67
19	105,66	19,92	14,69	14,25	178,74	224,94	49,89
6	69,83	19,86	16,34	13,65	128,70	158,08	51,33
10	115,33	19,85	15,43	14,02	210,50	249,88	50,66
29	129,72	19,70	15,39	13,95	229,41	278,33	51,61
119	162,89	19,50	14,05	15,33	278,65	353,23	49,78
180	91,86	19,48	14,48	13,22	143,33	180,08	50,97
177	102,19	19,42	14,66	12,45	142,95	188,47	51,36
58	133,72	19,40	15,92	14,87	258,42	319,58	50,78
m_{M_3}	118,85	19,81	15,32	13,96	189,21	256,96	50,82
μ_{M_3}	116,21	17,76	14,22	13,15	182,47	219,47	51,00
$ds_{M_3}^1$	2,64	2,05	1,10	0,81	6,74	37,49	-0,18
$ds_{T_2}^2$	19,95	1,79	0,09	0,75	18,51	53,86	-0,18

$$^1 ds_{M_3} = m_{M_3} - \mu_{M_3} : 2 \quad ds_{T_2}^2 = m_{M_3} - \mu_{T_2}$$

TABELA 41. Médias das progênies T_2 selecionadas pelo CMV, médias gerais das progênies selecionadas (m_{T_2}), médias gerais da população T_2 (μ_{T_2}) e diferencial de seleção em relação à população $ds_{T_2}^1$ para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
114	105,11	20,50	15,81	17,83	241,67	294,59	50,00
112	134,89	20,37	15,78	14,17	238,44	301,67	50,39
113	142,28	19,91	15,82	14,67	259,80	328,83	50,33
33	115,00	19,85	15,19	14,15	216,46	247,73	50,56
2	113,33	19,74	14,90	14,44	205,22	243,84	50,33
171	96,47	19,66	15,25	13,74	158,05	202,15	50,61
15	92,17	19,55	14,61	13,92	151,64	189,28	50,05
205	123,83	19,54	16,41	13,04	222,66	263,73	51,00
85	111,11	19,35	15,57	14,09	210,25	244,91	51,28
115	160,83	19,34	16,21	14,07	290,02	365,93	48,55
82	93,44	19,34	15,31	14,23	182,90	205,95	51,33
m_{T_2}	117,13	19,74	15,53	14,40	216,10	262,60	50,40
μ_{T_2}	98,90	18,02	15,23	13,21	170,70	203,10	51,00
$ds_{T_2}^1$	18,23	1,72	0,30	1,19	45,40	59,50	-0,60

$$1. \quad ds_{T_2}^1 = m_{T_2} - \mu_{T_2}$$

TABELA 42. Médias das progênes M_3 selecionadas pelo NSV, médias gerais das progênes selecionadas (m_{M_3}), médias gerais da população M_3 (μ_{M_3}) e diferenciais de seleção em relação à população M_3 (ds_{M_3}) e a população T_2 (ds_{T_2}), para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº de progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
67	93,28	18,74	16,71	13,88	177,99	217,76	51,78
56	71,14	17,99	16,66	12,97	135,31	155,84	52,17
6	69,83	19,87	16,34	13,64	128,70	158,08	51,33
99	157,89	17,04	16,29	11,81	260,32	301,87	50,94
46	164,17	17,49	16,25	12,17	288,74	326,92	51,72
118	167,61	20,59	16,22	13,26	290,26	359,98	50,11
80	117,11	17,76	16,21	13,12	197,99	247,89	50,89
78	99,28	17,27	16,15	12,03	167,31	195,08	52,39
59	162,61	19,08	16,08	13,78	305,46	359,91	50,83
60	149,39	17,54	16,05	12,75	249,26	309,57	51,17
30	78,72	19,31	15,97	13,28	149,73	168,42	50,83
m_{M_3}	121,00	18,43	16,27	12,97	213,73	254,67	51,29
μ_{M_3}	116,21	17,76	14,22	13,15	182,47	219,47	51,00
$ds_{M_3}^1$	4,79	0,67	2,05	-0,18	31,26	35,20	0,29
$ds_{T_2}^2$	22,10	0,41	1,04	-0,24	43,03	51,57	0,29

$$1 \quad ds_{M_3} = m_{M_3} - \mu_{M_3} \quad ; \quad 2 \quad ds_{T_2} = m_{M_3} - \mu_{T_2}$$

TABELA 43. Médias das progênes T_2 selecionadas pelo NSV, médias gerais das progênes selecionadas (m_{T_2}), médias gerais da população T_2 (μ_{T_2}) e diferencial de seleção em relação a população T_2 (ds_{T_2}), para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº de progenie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
61	80,14	18,27	17,09	12,63	146,71	176,98	51,72
204	132,19	19,23	16,93	12,88	239,78	285,93	50,86
65	57,78	17,92	16,91	11,61	99,46	114,79	51,89
209	125,08	18,35	16,84	12,29	218,18	259,14	50,86
94	106,17	17,61	16,82	13,29	200,26	238,23	50,89
54	132,28	18,32	16,69	13,42	216,12	296,91	50,44
101	82,17	17,43	16,52	11,56	135,29	157,28	50,94
43	86,25	17,75	16,51	12,21	158,95	175,59	51,39
202	105,17	18,93	16,49	12,99	190,59	225,83	50,05
205	123,83	19,54	16,41	13,04	222,66	263,73	51,00
192	108,33	19,22	16,36	12,90	196,86	230,96	51,00
m_{T_2}	103,58	18,42	16,69	12,62	184,08	220,49	51,00
μ_{T_2}	98,90	18,02	15,23	13,21	170,70	203,10	51,00
$ds_{T_2}^1$	4,68	0,40	1,46	-0,59	13,38	17,39	0,00

$$^1 ds_{T_2} = m_{T_2} - \mu_{T_2}$$

TABELA 44. Médias das progênies M_3 selecionadas pelo PCS, médias gerais das progênies selecionadas (m_{M_3}), médias gerais da população M_3 (μ_{M_3}) e diferenciais de seleção em relação à população M_3 (ds_{M_3}) e a população T_2 (ds_{T_2}), para os sete caracteres avaliados. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº de progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
120	202,47	18,09	11,37	15,53	261,56	348,65	49,44
86	76,05	18,93	14,26	15,42	146,49	168,72	51,07
119	162,88	19,50	14,05	15,32	278,65	353,23	49,77
58	133,72	19,40	15,92	14,87	258,42	319,58	50,78
98	88,83	13,64	8,27	14,77	96,06	104,38	50,67
96	248,22	16,26	10,32	14,77	302,77	382,51	51,06
97	139,49	18,61	15,18	14,53	262,30	308,07	50,97
108	139,44	20,14	15,53	14,53	259,08	314,92	50,83
148	95,99	18,36	12,90	14,53	149,62	180,20	50,94
69	108,11	19,33	15,22	14,32	181,28	236,48	52,22
57	124,22	18,75	15,55	14,25	221,64	276,46	51,89
m_{M_3}	138,12	18,27	13,51	14,80	219,81	272,11	50,88
μ_{M_3}	116,21	17,76	14,22	13,15	182,47	219,47	51,00
$ds_{M_3}^1$	21,91	0,51	-0,71	1,65	37,34	52,64	-0,12
$ds_{T_2}^2$	39,22	0,25	-1,72	1,59	112,11	69,01	-0,12

$$1 \quad ds_{M_3} = m_{M_3} - \mu_{M_3} \quad ; \quad 2 \quad ds_{T_2} = m_{M_3} - \mu_{T_2}$$

nas progênies T_2 (Tabela 45). No entanto, o aumento do PCS foi superior nas progênies T_2 do que nas progênies M_3 . Para este caráter deve-se considerar o fato da amplitude de variação ter sido grande nas duas populações, havendo plantas com PCS de 17 a 19 g/100 sementes. Como tal variação não é somente ambiental, como ficou demonstrado com a análise das progênies T_2 , descendentes de plantas T_1 de sementes grandes, há, portanto, a possibilidade da obtenção de progênies com sementes maiores que as do cultivar BR 1-Poty que eventualmente, também, possam apresentar bom nível de produtividade, uma vez que tanto o NVP quanto a PSP terem sido pouco favorecidos pela seleção baseada neste caráter.

A PSP na população irradiada foi bastante superior à PSP na população não irradiada, sugerindo um efeito positivo da irradiação no aumento da produtividade. A seleção baseada neste caráter apresenta um incremento de 94,43 gramas por planta, na população M_3 , e 147,43 gramas na população não irradiada. Nas populações M_3 e T_2 ocorreram efeitos positivos nos demais caracteres, com exceção do FI (Tabelas 46 e 47). No entanto, o caráter mais beneficiado foi o NVP. Por este critério de seleção destacam-se as progênies 59- M_3 , 118- M_3 e 115- T_2 , que apresentam PCS ao redor da média de ambas populações.

Para a seleção de progênies visando a produção comercial de caupi, dois caracteres são importantes - a produção de grãos e o peso de cem sementes. Por esta razão, utilizou-se como critério de seleção a combinação destes dois caracteres nas duas populações (Tabelas 48 e 49). Quando se fixa este critério de seleção, as progênies que foram destacadas como as mais produtivas não são selecionadas. No entanto, o mais importante é considerar a possibilidade de melhoramento das médias das populações originais respectivas e, principalmente, o incremento em relação à média da população original. Neste particular, observa-se nas Tabelas 48 e 49 que a média das progênies selecionadas aumentaram considera
velmente em relação às respectivas populações originais. Isto abre a possibilidade de selecionar-se progênies individuais, ou grupo de progênies para comporem uma nova população, com potencial genético bem supe-

TABELA 45. Médias das progênes T_2 selecionadas pelo PCS, médias gerais das progênes selecionadas (m_{T_2}), médias gerais da população $T_2(\mu_{T_2})$ e diferencial de seleção em relação à população $T_2(ds_{T_2})$, para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da Progenie Selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)
114	105,11	20,50	15,81	17,83	241,67	294,59
44	64,61	19,22	16,11	16,45	147,72	170,25
102	123,00	16,29	13,94	16,23	246,86	285,05
213	54,00	18,69	14,72	15,59	102,05	123,74
22	110,00	19,00	16,28	15,18	230,38	270,19
165	44,11	17,90	13,04	15,05	69,72	88,59
103	69,38	18,59	14,69	14,94	138,46	153,47
113	142,27	19,91	15,82	14,67	259,80	328,83
71	122,16	19,04	16,06	14,62	242,84	286,37
64	60,97	19,19	15,96	14,60	123,34	142,85
173	67,91	16,90	14,04	14,99	119,67	147,10
m_{T_2}	87,59	18,66	15,13	15,47	174,77	208,28
μ_{T_2}	98,90	18,02	15,23	13,21	107,70	203,10
$ds_{T_2}^1$	-11,31	0,64	-0,10	2,26	67,07	5,18
						-1,00

$$^1 ds_{T_2} = m_{T_2} - \mu_{T_2}$$

TABELA 46. Médias das progênies M_3 selecionadas pela PSP, médias gerais das progênies selecionadas (m_{M_3}), médias gerais da população $M_3(\mu_{M_3})$ e diferenciais de seleção em relação à população $M_3(ds_{M_3})$ e a população $T_2(ds_{T_2})$, para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
59	162,61	19,08	16,08	13,77	305,47	359,91	50,83
118	167,61	20,58	16,22	13,26	290,25	359,98	50,11
46	164,17	17,49	16,25	12,17	288,73	326,92	51,72
49	165,77	17,25	15,49	12,98	288,41	333,71	52,22
47	147,39	19,19	15,49	14,03	278,86	321,49	51,00
119	162,89	19,50	14,05	15,32	278,65	353,23	49,77
106	152,11	18,33	14,82	13,99	270,55	315,34	50,78
109	155,53	17,79	15,65	12,63	263,99	306,46	51,31
120	202,47	18,09	11,36	15,53	261,56	348,65	49,44
99	157,89	17,03	16,29	11,81	260,32	301,87	50,94
108	139,44	20,13	15,53	14,53	259,08	314,92	50,83
m_{M_3}	161,63	18,59	15,20	13,64	276,89	331,14	50,81
μ_{M_3}	116,21	17,76	14,22	13,15	182,47	219,47	51,00
$ds_{M_3}^1$	45,42	0,83	0,98	0,49	94,43	111,67	-0,19
$ds_{T_2}^2$	62,73	0,57	-0,03	0,43	106,19	128,04	-0,19

$$1 \quad ds_{M_3}^1 = m_{M_3} - \mu_{M_3}, \quad 2 \quad ds_{T_2}^2 = m_{M_3} - \mu_{T_2}$$

TABELA 47. Médias das progênes T_2 selecionadas pela PSP, médias gerais das progênes selecionadas (m_{T_2}), médias gerais da população T_2 (μ_{T_2}) e diferencial de seleção em relação à população T_2 (ds_{T_2}), para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
115	160,83	19,33	16,21	14,07	290,02	365,93	48,55
111	174,16	19,33	15,00	13,57	285,02	349,36	49,88
105	145,16	18,15	16,01	13,79	264,00	321,82	51,78
113	142,28	19,91	15,82	14,67	259,80	328,83	50,33
45	150,05	17,69	15,89	12,99	251,31	304,36	51,33
102	123,00	16,29	13,94	16,23	246,86	285,06	50,72
23	1	18,15	15,06	14,60	243,31	285,09	50,66
71		19,04	16,06	14,63	242,84	286,37	51,38
41	135,72	18,17	14,90	13,52	242,25	272,24	51,67
114	105	20,50	15,81	17,83	241,66	294,59	50,00
204		19,23	16,93	12,88	239,78	285,93	50,86
m_{T_2}	138,18	18,71	15,60	14,43	255,17	307,23	50,65
μ_{T_2}	98,90	18,02	15,23	13,21	107,70	203,10	51,00
$ds_{T_2}^1$	39,28	0,69	0,37	1,22	147,47	104,13	-0,35

$$^1 ds_{T_2} = m_{T_2} - \mu_{T_2}$$

TABELA 48. Médias das progênes M_3 selecionadas pelo PCS (≥ 14 g) e PSP (≥ 200 g/planta), médias gerais das populações selecionadas (m_{M_3}), médias gerais da população M_3 (μ_{M_3}) e diferenciais de seleção em relação à população M_3 e a população T_2 (ds_{T_1}), para os sete caracteres, avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
10	115,33	19,86	15,43	14,02	210,50	249,88	50,67
47	147,39	19,19	15,49	14,03	278,86	321,49	51,00
57	124,22	18,74	15,55	14,25	221,64	276,46	51,89
58	133,72	19,40	15,92	14,87	258,42	319,58	50,78
96	248,22	16,26	10,32	14,77	302,78	382,51	51,06
97	139,49	18,61	15,18	14,53	262,30	308,07	50,97
108	139,44	20,14	15,53	14,53	259,08	314,92	50,83
116	126,61	18,68	14,72	14,25	225,60	266,37	49,78
119	162,89	19,50	14,05	15,33	278,65	353,23	49,78
120	202,47	18,09	11,37	15,53	261,56	348,65	49,44
m_{M_3}	153,98	18,85	14,36	14,61	255,94	314,12	50,62
μ_{M_3}	116,21	17,76	14,22	13,15	182,47	219,47	51,00
$ds_{M_3}^1$	37,77	1,09	0,14	1,46	73,47	94,65	-0,38
$ds_{T_2}^{1,2}$	55,08	0,83	-0,87	1,40	85,24	111,02	-0,38

$$1 \quad ds_{M_3} = m_{M_3} - \mu_{M_3} ; \quad 2 \quad ds_{T_2}^1 = m_{M_3} - \mu_{T_2}$$

TABELA 49. Médias das progênies T_2 selecionadas pelos caracteres PCS (≥ 14 g) e PSP (≥ 200 g/planta, médias gerais da população $T_2(\mu_{T_2})$ e diferencial de seleção em relação à população $T_2(ds_{T_2})$, para os sete caracteres avaliados. Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Nº da progênie selecionada	NVP	CMV (cm)	NSV	PCS (g)	PSP (g/planta)	PSPE (g/planta)	FI
2	113,33	19,74	14,90	14,44	205,22	243,84	50,33
23	129,36	18,15	15,06	14,60	243,31	285,09	50,67
33	115,00	19,86	15,19	14,15	246,45	247,73	50,56
42	118,17	19,27	15,75	14,02	227,28	260,54	51,28
71	122,17	19,04	16,06	14,63	242,84	286,37	51,39
85	111,11	19,35	15,58	14,09	210,25	244,91	51,28
112	134,89	20,37	15,78	14,17	238,44	301,67	50,39
113	142,28	19,92	15,82	14,67	259,80	328,83	50,33
114	105,11	20,50	15,81	17,83	241,66	294,59	50,00
115	160,83	19,33	16,21	14,07	290,02	365,93	48,56
m_{T_2}	125,23	19,55	15,62	14,67	237,53	285,95	50,48
μ_{T_2}	98,90	18,02	15,23	13,21	170,70	203,10	51,00
ds_{T_2}	26,33	1,53	0,39	1,46	66,83	82,85	-0,52

$$1 \quad ds_{T_2} = m_{T_2} - \mu_{T_2}$$

rior à população original do cultivar BR 1-Poty.

Das seleções destacadas para os caracteres NVP, CMV e PSP, a maior frequência foi de progênies da população irradiada, indicando a sua superioridade em fornecer bons genótipos portadores de mutações poligênicas.

4.8.3.2. Estimativas do progresso genético esperado com a seleção

Para se avaliar o progresso genético esperado com a seleção decidiu-se utilizar os coeficientes de herdabilidade no sentido restrito, porque os materiais avaliados correspondem a gerações segregantes (M_2 , M_3), onde apenas a variação genética aditiva estimada pode ser considerada como fixada. As fórmulas escolhidas foram as que se basearam no coeficiente de regressão parental - descendente, ponderado pelo coeficiente de endogamia, e nos componentes de variância fenotípica pelo método dos quadrados mínimos balanceados. A primeira foi escolhida, em primeiro lugar por levar em consideração o coeficiente de endogamia das populações, e em segundo lugar por refletir, com maior consistência, a maior variabilidade da população irradiada; além disto, ela também permite a estimativa do progresso genético para as populações não irradiada e irradiada. A segunda foi escolhida por representar uma herdabilidade no sentido restrito e por possibilitar a estimativa do progresso genético esperado entre e dentro das progênies M_3 . Além disto, mostrou elevada correlação ($r = 0,93$) com a primeira fórmula escolhida.

As estimativas dos progressos genéticos esperados, progresso genético esperado em porcentagem da média e as médias esperadas na descendência das progênies T_2 e M_3 são apresentadas nas Tabelas 50, 51 e 52 (para a primeira metodologia) e entre e dentro das progênies M_3 , nas Tabelas 53, 54 e 55 (para a segunda metodologia) para os caracteres avaliados e os seis critérios de seleção utilizados.

TABELA 50. Progressos genéticos esperados (G_s)¹ calculados para as populações T_2 e M_3 para cada critério de seleção utilizado para os caracteres estudados, com base no diferencial de seleção calculado em relação à média das respectivas populações. Caupi, Fazenda Capivara, Goiânia, GO, 1986.

Caráter	NSV		CMV		NVP		PCS		PSP		PCS e PSP	
	G_{T_2}	G_{M_3}	G_{T_2}	G_{M_3}	G_{T_2}	G_{M_3}	G_{T_2}	G_{M_3}	G_{T_2}	G_{M_3}	G_{T_2}	G_{M_3}
NVP	0,47	0,62	1,82	0,34	4,33	8,12	-1,13	2,85	3,93	5,90	2,63	4,91
CMV	0,03	0,07	0,14	0,21	0,03	-0,07	0,05	0,05	0,06	0,08	0,21	0,11
NSV	0,10	0,41	0,02	0,22	0,03	-0,22	-0,01	-0,14	0,03	0,20	0,03	0,03
PCS	-0,10	-0,03	0,20	0,15	0,01	0,05	0,38	0,30	0,21	0,09	0,25	0,26
PSP	2,54	5,63	8,63	1,21	14,05	12,66	12,74	6,72	28,02	17,00	12,70	13,22
PSPE	2,43	5,28	8,33	5,62	12,88	13,60	0,73	7,90	14,58	16,75	11,60	14,20
FI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

1 $G_s = ds.h^2$, sendo:

$$h_{T_2}^2 = \frac{b_{T_1, \bar{T}_2}}{2} ; \quad b_{M_3}^2 = \frac{4}{7}(b_{M_2, \bar{M}_3})$$

TABELA 51. Progressos genéticos esperados em porcentagem da média da população ($Gs_{\bar{x}_0}$)¹ original (não irradiada), com base na seleção feita nas populações T_2 e M_3 e utilizando o diferencial de seleção calculado em relação às respectivas médias das populações e herdabilidade no sentido restrito². Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Cará- ter	NSV		CMV		NVP		PCS		PSP		PCS e PSP	
	Gs_{T_2}	Gs_{M_3}	Gs_{T_2}	Gs_{M_3}	Gs_{T_2}	Gs_{M_3}	Gs_{T_2}	Gs_{M_3}	Gs_{T_2}	Gs_{M_3}	Gs_{T_2}	Gs_{M_3}
NVP	0,48	0,53	1,84	0,29	4,38	6,99	-1,14	2,45	3,97	5,08	2,66	4,23
CMV	0,17	0,39	0,78	1,18	0,17	-0,39	0,28	0,28	0,33	0,45	0,67	0,62
NSV	0,66	2,88	0,13	1,55	0,20	-1,55	-0,07	-0,98	0,20	1,41	0,20	0,21
PCS	-0,76	-0,23	1,51	1,14	0,08	0,38	2,88	2,28	1,59	0,68	1,89	1,98
PSP	1,49	3,09	5,06	0,66	8,23	6,94	7,46	3,68	16,41	9,32	7,44	7,25
PSPE	1,20	2,41	4,10	2,56	6,34	6,20	0,36	3,60	7,18	7,63	5,71	6,47
FI	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

1 $Gs_{\bar{x}_0} = \frac{Gs}{\bar{x}_0} \times 100$, sendo $\bar{x}_0 = \bar{T}_2$ para a população não irradiada e $\bar{x}_0 = \bar{M}_3$ para a população irradiada.

2 $h_{T_2}^2 = \frac{b_{T_1 T_2}}{2}$; $h_{M_3}^2 = \frac{4 \cdot (b_{M_2 M_3})}{7}$

TABELA 52. Médias das populações não irradiada (T_2) e irradiada (M_3) e médias esperadas nas respectivas descendências ($\bar{x}_d$)¹ T_3 e M_4 destas populações para os caracteres avaliados. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Cará- ter	Média esperada na descendência das população T_2 e M_3											
	Média da população		NSV		CMV		NVP		PCS		PSP	
	Não irra- diada (T_2)	Irra- diada (M_3)	$\bar{T}_3$	$\bar{M}_4$	$\bar{T}_3$	$\bar{M}_4$	$\bar{T}_3$	$\bar{M}_4$	$\bar{T}_3$	$\bar{M}_4$	$\bar{T}_3$	$\bar{M}_4$
NVP	98,90	116,21	99,37	116,83	100,72	116,55	103,23	124,33	97,77	119,06	102,83	122,11
CMV	18,02	17,76	18,05	17,83	18,16	17,79	18,05	17,69	18,07	17,81	18,08	17,84
NSV	15,23	14,22	15,33	14,63	15,25	14,44	15,26	14,00	15,22	14,08	15,26	14,42
PCS	13,21	13,15	13,11	13,12	13,41	13,30	13,22	13,20	13,59	13,45	13,42	13,24
PSP	170,70	182,47	173,24	188,10	179,33	183,68	184,75	195,13	183,44	189,19	198,72	199,47
PSPE	203,10	219,47	205,33	224,75	211,43	255,09	215,98	233,07	203,83	227,37	217,68	236,22
FI	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00	51,00

¹ $\bar{x}_d = \bar{x}_0 + G_s$, sendo $\bar{x}_0 = \bar{T}_2$ para a população não irradiada e $\bar{x}_0 = \bar{M}_3$ para a população irradiada.

TABELA 53. Progresos genéticos esperados entre (Gs_E) e dentro (Gs_d) das progênes M_3 com base nas respectivas herdabilidades no sentido restrito h^2_1 (h^2) e no diferencial de seleção (ds) calculado em relação à média da população original, para cada critério de seleção utilizada do nos caracteres estudados. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Caráter	NSV		CMV		NVP		PCS		PSP		PCS e PSP	
	Gs_E	Gs_d	Gs_E	Gs_d	Gs_E	Gs_d	Gs_E	Gs_d	Gs_E	Gs_d	Gs_E	Gs_d
CMV (cm)	0,17	0,35	0,51	1,07	-0,17	-0,34	0,13	0,27	0,21	0,43	0,27	0,57
NSV	1,07	0,70	0,57	0,37	-0,58	-0,38	-0,37	-0,24	0,51	0,33	0,07	0,05
NVP	1,96	1,58	1,08	0,87	25,60	20,61	8,98	7,23	18,62	14,99	15,49	12,46

$$1. h_E^2 = \frac{1/2\sigma_A^2}{1/2\sigma_A^2 + 1/8\sigma_D^2 + \sigma_E^2}$$

$$h_d^2 = \frac{1/4\sigma_A^2}{1/4\sigma_A^2 + 1/4\sigma_D^2 + \sigma_E^2}$$

TABELA 54. Progressos genéticos esperados em porcentagem da média da população original ($Gs\%_{x_0}$)¹ com base na seleção feita entre ($Gs\%_E$) e dentro ($Gs\%_d$) de progênies M_3 e utilizando o diferencial de seleção (ds) calculado em relação às respectivas médias das populações originais e herdabilidade no sentido restrito². Caupi, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Caráter	NSV		CMV		NVP		PCS		PSP		PCS e PSP	
	$Gs\%_E$	$Gs\%_d$	$Gs\%_E$	$Gs\%_d$	$Gs\%_E$	$Gs\%_d$	$Gs\%_E$	$Gs\%_d$	$Gs\%_E$	$Gs\%_d$	$Gs\%_E$	$Gs\%_d$
CMV (cm)	0,96	1,97	2,87	6,02	-0,96	-1,91	0,73	1,52	1,18	2,42	1,52	3,21
NSV	7,52	4,92	4,01	2,60	-4,08	-2,67	-2,60	-1,69	3,59	2,32	0,49	0,35
NVP	1,69	1,36	0,93	0,75	22,03	17,74	7,73	6,22	16,02	12,90	13,33	10,72

$$1 \quad Gs\%_{x_0} = \frac{G_s}{\bar{x}_0} \times 100$$

$$2 \quad h_E^2 = \frac{1/2\sigma_A^2}{1/2\sigma_A^2 + 1/8\sigma_D^2 + \sigma_E^2}$$

$$h_d^2 = \frac{1/4\sigma_A^2}{1/4\sigma_A^2 + 1/4\sigma_D^2 + \sigma_E^2}$$

TABELA 55. Médias das populações não irradiada ($\bar{T}_2$) e irradiada ($\bar{M}_3$) e médias esperadas na descendência da população irradiada ($\bar{M}_4$) para os caracteres avaliados. Caupí, Fazenda Capivara, Goianira, GO, 1986.

Caráter	Média		Média esperada na descendência da população $\bar{M}_3$ ¹					
	$\bar{T}_2$	$\bar{M}_3$	NSV $\bar{M}_4$	CMV $\bar{M}_4$	NVP $\bar{M}_4$	PCS $\bar{M}_4$	PSP $\bar{M}_4$	PCS e PSP $\bar{M}_4$
CMV (cm)	18,02	17,76	17,93	18,27	17,59	17,89	17,97	18,03
NSV	15,23	14,22	15,29	14,79	13,64	13,85	14,73	14,29
NVP	98,90	116,21	118,17	117,29	141,81	125,19	134,83	131,70

1 Média esperada na descendência = $\bar{x}_0 + Gs_E$

Os progressos genéticos estimados para as populações não irradiada (T_2) e irradiada (M_3) através da regressão parental-descendente ponderado pelos respectivos coeficientes de endogamia (Tabela 50) foram em geral superiores na população M_3 para os caracteres NSV, CMV, NVP e a combinação do PCS e PSP, quando estes caracteres foram utilizados como critério de seleção. Destes, os três primeiros caracteres foram os que permitiram a partição da variação pelo método dos quadrados mínimos balanceados. Por esta metodologia, foi possível estimar-se o progresso genético esperado entre e dentro das progênes M_3 . Os resultados destas estimativas são apresentados na Tabela 53, onde observa-se que quando os progressos genéticos são estimados com base na seleção dos caracteres NSV, CMV, PSP e PCS e PSP, tanto o progresso genético estimado entre quanto o estimado dentro das progênes M_3 são positivos. Estes resultados refletem que na geração M_3 há progênes com variabilidade genética dentro, que poderão ainda segregar na geração M_4 e favorecer a seleção para estes caracteres nesta geração. Entre os caracteres estudados o CMV foi o que apresentou, consistentemente o progresso genético dentro superior ao progresso genético entre progênes, tanto em valores absolutos, quanto em porcentagem da média (Tabelas 53 e 54).

Comparando-se os valores absolutos relativos ao progresso genético esperado com a seleção, o progresso genético em porcentagem da média e as médias esperadas na descendência das progênes M_3 , constata-se que os coeficientes de herdabilidade baseados no coeficiente de regressão parental - descendente foram consistentemente inferiores aos obtidos pelo coeficiente de herdabilidade estimado pelos componentes da variância determinados pelo método dos quadrados mínimos balanceados. No entanto, as diferenças constatadas foram basicamente na magnitude dos valores obtidos, não observando-se grandes diferenças nas médias estimadas para a descendência da geração M_3 (Tabelas 52 e 53). Por esta razão, principalmente, e pelo fato de ter-se estimativas dos três parâmetros de seleção para os sete caracteres, optou-se, para a apresentação dos resultados e discussão, pela fórmula da regressão para representar a herdabilidade. Os principais resultados obtidos, para os sete caracteres, por

critério de seleção, são apresentados a seguir:

a. Efeito da seleção do NSV nos demais caracteres

O progresso esperado para o NSV na população original (T_2) foi muito inferior ao verificado na população irradiada (M_3), que foi cerca de quatro vezes maior. Assim, a média esperada na descendência da população original não diferiu da dos parentais. Já na descendência da população irradiada a média esperada foi ligeiramente superior à média dos parentais, indicando um pequeno progresso dentro desta população. A seleção no NSV favoreceu os caracteres PSP e PSPE. Um pequeno efeito depressivo foi observado na média dos caracteres CMV e NSV quando se compara as duas populações. Nenhum progresso foi obtido no caráter FI nas duas populações.

b. Efeito da seleção do CMV nos demais caracteres

O progresso genético esperado na população irradiada para o CMV foi de 1,5 vezes superior ao da população não irradiada. No entanto, as médias esperadas na descendência deste caráter foram relativamente semelhantes nas duas populações, indicando que o progresso genético na população irradiada foi apenas suficiente para recuperar a sua menor média. Como observado para o caráter anterior, a seleção no CMV também favoreceu um incremento nos caracteres PSP e PSPE. O NSV decresceu, apesar de seu maior progresso genético esperado. O PCS praticamente não sofreu alteração com a seleção no CMV.

c. Efeito da seleção do NVP nos demais caracteres

O incremento na média da descendência da população irradiada foi bastante significativo no caráter NVP (cerca de oito vagens por planta). Aumentaram também a PSP e PSPE. Este resultado é esperado assim como o incremento de variabilidade da população, uma vez que dos caracteres avaliados, o NVP é o componente de produtividade que está mais

fortemente associada à PSP (ARAÚJO, 1978; ARYEETAY & LAING, 1973; KHERAD-NAM & NIKNEJAD, 1974), e que também apresenta ampla variabilidade genética (ARAÚJO, 1978; ARYEETAY & LAING, 1973). A seleção no NVP afetou negativamente o NSV e o CMV. O PCS e o FI não foram alterados nas duas populações.

d. Efeito da seleção do PCS nos demais caracteres

Pouco efeito da seleção foi observado, nas duas populações, na média esperada na descendência para o caráter PCS. No entanto, a sua seleção melhora significativamente o NVP e a PSPE. Nenhuma melhoria é observada nas médias esperadas dos caracteres CMV, NSV e FI.

e. Efeito da seleção da PSP nos demais caracteres

A seleção para PSP não foi muito efetiva para melhorar a média deste caráter nas duas populações avaliadas. No entanto, a sua seleção teve efeito positivo no NVP em relação à média da população original. Na população irradiada não houve alteração significativa do NSV e PCS. O FI não foi afetado pela seleção na PSP.

f. Efeito da seleção do PCS e PSP nos demais caracteres

Quando se seleciona para PCS e PSP conjuntamente os caracteres NVP, PSP e PSPE são mais vantajosos de serem selecionados na população irradiada, uma vez que os caracteres CMV, PCS e FI não diferem nas duas populações.

5. DISCUSSÃO

5.1. Frequência de mutações de clorofila em plântulas M_2 do cultivar BR 1-Poty

A ausência de relação entre a frequência de mutantes de clorofila na geração M_2 e o tamanho da população pode ser explicada tanto pela amostragem realizada, como pelas diferentes condições de ambientes em que se realizaram as avaliações. Dados da literatura demonstram que nem sempre o tamanho da população das gerações iniciais M_1 e M_2 , apresentam uma relação direta com a frequência de mutações. No entanto, quando se compara o efeito da dose do agente mutagênico com o tamanho da população se verifica que a dose do agente mutagênico exerce um maior efeito, como constatado por TANAKA (1974) em arroz, GANGULI & BHADURI (1980) e GROVER & VIRK (1984) em feijão mungo *Phaseolus aureus* Roxb, atualmente denominado *Vigna radiata*. No presente estudo também se obteve maior frequência de mutantes de clorofila na dose de irradiação mais elevada.

Mutações de clorofila foram observadas tanto na população não irradiada quanto nas populações irradiadas da geração M_2 do cultivar BR 1-Poty.

A ocorrência de mutações espontâneas de clorofila na população não irradiada (cultivar BR 1-Poty), desenvolvido por seleção genealógica até a geração F_3 , indica a presença em seu genoma de uma carga genética para mutações de clorofila no estágio de plântulas. As classes de mutantes **Albina**, **Striata** e **Mosqueada** prevaleceram nesta população. Isto sugere que as classes de mutantes **Xantha** e **Viridis** possam ser utilizadas como prováveis discriminadores da eficiência do tratamento mutagênico neste cultivar. Em caupi já foram reportados mutantes de clorofila das seguintes classes: na dose 20 kR: **Albino** (2,0%), **Viridis** (3,41%) - LOUIS & SUNDARAM (1975); na concentração 0,25% de EMS: **Albino** (4%), **Xantha** (8%), **Clorina** (7%), **Striata** (2%), **Viridis** (1%); e na concentração 0,025% MMS: **Albino** (1%), **Xantha** (2%), **Clorina** (4%) - NARSINGHANI & KUMAR (1976); **Albino** (JONES, 1965).

A presença de uma carga mutacional em alguns cultivares sem dúvida depende da sua estrutura genética e pode estar associada à sua estabilidade e às condições ambientais favoráveis à expressão dos genes. JONES (1965), ao estudar a radiosensitividade do caupi aos Raios-X, utilizou, como população original a ser irradiada, uma progênie altamente homozigótica, descendente de uma única planta, e não observou entre as 5.000 plantas X_2 avaliadas nenhum tipo de mutante. No entanto, em outras espécies têm sido observada uma certa frequência de mutações de clorofila nas populações controle (não irradiadas), principalmente quando são utilizadas variedades comerciais, como demonstram os resultados obtidos em cevada (ARNASON et alii, 1962), na gramínea forrageira **Phleum pratense** (BLIXT, 1976) e em **Arabidopsis thaliana** (BROCK, 1967). Além das mutações espontâneas ocorrerem em caracteres qualitativos, há também na literatura vários trabalhos que demonstram a ocorrência de mutações espontâneas em caracteres quantitativos, sendo estas obviamente responsáveis pela variabilidade disponível nos caracteres quantitativos de qualquer população (SCOSSIROLI, 1977).

Nas populações irradiadas observou-se uma relação entre o aumento da dose de irradiação e o aumento da frequência de mutantes de

clorofila. Tal relação também foi reportada em caupi (JONES, 1965), *Arabidopsis thaliana* (BROCK, 1967), arroz (TANAKA, 1974), feijão mungo (GANGULI & BHADURI, 1980 e GROVER & VIRK, 1984). Efeito contrário foi observado em *Eleusine coracana*, ou seja, a frequência de mutantes de clorofila foi menor nas populações irradiadas com 30 kR do que as irradiadas com 20 kR, nos três cultivares estudados (GOUD *et alii*, 1969). Para um mesmo tratamento mutagênico somente o mutante albino foi observado nos três ambientes, na dose 25 kR.

As diferenças observadas entre as três amostras aleatórias retiradas das sementes colhidas das plantas M_1 , indicam que o método de colheita de todas as vagens ("bulk"), parece não ser o método mais eficiente, uma vez que ele não permite precisar se as mutações observadas nas plantas da geração M_2 originaram-se de plantas M_1 distintas ou da mesma planta ou setor mutado. JONES (1965) ao avaliar 15.000 plantas X_2 de caupi, cultivar Alabama-Giant-Black-Eye, provenientes das duas maiores doses de Raios-X e neutrons rápidos, identificou seis mutantes, todos descendentes de uma única planta.

Nas diferenças de frequência de mutações de clorofila observadas nas três avaliações, deve ser considerado o efeito ambiental na expressão do genótipo. Em Goianira-GO, em condições de campo, as plântulas foram submetidas a um regime de baixas temperaturas (Apêndice 3), tendo sido registradas temperaturas mínimas de 10°C, em julho e agosto de 1986, muito aquém do limite ótimo de tolerância, situado entre 20 e 30°C (ARAÚJO *et alii*, 1984), o que reduziu a velocidade de germinação e o crescimento inicial das plântulas. Como consequência a leitura do número de mutantes de clorofila foi realizado com três semanas de idade das plântulas, em comparação com uma semana de idade nos ambientes uniformes. Além disso, deve ser considerada a possibilidade de baixa penetração e expressividade dos genes mutantes, que podem não ter-se manifestado naquelas condições desfavoráveis. Esta possibilidade, também foi le-

vantada por Gaul¹, citado por BROCK (1965), em cevada, que exibiu uma pronunciada deficiência de clorofila sob condições de baixas temperaturas, enquanto que em condições de temperatura elevada normal, exibiu um fenótipo normal.

Variações na expressão de mutantes de clorofila foram reportadas em *Phaseolus* spp. Nesta espécie foi observado que quando a temperatura era baixa, em um certo estágio do desenvolvimento, todas as plantas apresentavam a forma *Maculata*. No ano seguinte, quando a temperatura era normal, as progênes das plantas *Maculata* eram todas normais (Lamprecht², citado por BLIXT, 1961).

5.2. Influência da radiação gama na resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV

Entre os objetivos do melhoramento de plantas, a resistência às doenças se sobressai como um dos mais importantes. Os trabalhos de indução de mutações para resistência às doenças visam basicamente a identificação de um mutante resistente, caracterizando portanto a busca de resistência vertical ou oligogênica. Trabalhos com este objetivo vem sendo realizados em caupi (ONIM, 1983), feijão (TULMANN NETO et alii, 1977; 1984; FADL, 1983), soja (OH, 1982; SMUTKUPT et alii, 1983), trigo (ABDEL-HAK, 1983; CERNY et alii, 1983; KIRALY & BARABÁS, 1983), aveia (MARTENS et alii, 1985), cevada (YAMAGUCHI & YAMASHITA, 1979; RÖBBELEN et alii, 1983), entre muitas outras espécies autógamas.

No presente estudo, o enfoque foi diferente dos trabalhos

¹ GAUL, H. Mutation in der Pflanzenzüchtung. Z. Pflanzenzüchtung, Berlin, 50: 194-307, 1963.

² LAMPRECHT, H. Über Blattfarben von Phanerogamen. Agri-Hortique Genetica, Alemanha, 18: 135-168, 1960.

mencionados, uma vez que procurou-se estudar a resposta do cultivar BR 1-Poty, resistente ao CpAMV, a aplicação do tratamento mutagênico, mas sem o objetivo de induzir suscetibilidade ao CpAMV, pois o que se deseja é melhorar outros caracteres agrônômicos, preservando-se seu nível de resistência ao CpAMV. Por isto, avaliou-se a população original em comparação com as duas populações M_2 irradiadas frente a inoculação com o isolado PE do CpAMV

O aumento observado na frequência de plantas com as reações 1 e 2 (sintomas leves e folhas desenvolvidas e sintomas moderadamente severos e folhas desenvolvidas, respectivamente) nas três doses de irradiação, com conseqüente redução de frequência nas demais classes de reações, pode ter ocorrido como conseqüência de: (a) manifestação tardia dos sintomas leves nas plantas livres de sintomas na primeira avaliação, talvez devido a um maior período de incubação do vírus nas plantas; (b) escape de algumas destas plantas à primeira inoculação; (c) ou a concentração inicial do vírus não foi suficiente para provocar sintomas visíveis na primeira avaliação, tendo atingido o nível de concentração suficiente para causar sintomas somente 13 dias após a segunda inoculação. No entanto, plantas que apresentaram reações severas na primeira avaliação, apresentaram sintomas leves na segunda avaliação, exibindo, portanto, um efeito de recuperação. Esta tendência não foi observada nas plantas do cultivar CNC 0434, suscetível ao CpAMV.

A ocorrência de praticamente todas as classes de reações, tanto nas plantas da dose 0 kR, quanto nas plantas das doses 15 e 25 kR, indica que há uma certa semelhança entre as três populações avaliadas. Este tipo de resposta à inoculação com o CpAMV nas plantas do cultivar BR 1-Poty (dose 0 kR) também foi observado por RIOS¹ nos experimentos de avaliação de resistência a este vírus, realizados em casa-de-vegetação ,

¹ RIOS, G.P. (EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goiânia, GO). Comunicação pessoal, 1986.

no CNPAF. A variabilidade observada pode ser atribuída a um efeito ambiental e a uma variabilidade natural do cultivar, pois a última seleção dentro da mesma foi realizada na geração F_3 , seguindo-se até o seu lançamento mais de oito gerações de autofecundação. Em condições de campo, normalmente não se observa esta variação de sintomas de reação, prevalecendo a ausência de sintomas do vírus. Além disto deve-se levar em consideração o tipo de herança de resistência ao CpAMV em caupi. Na Tanzânia, a herança de resistência do caupi ao CpAMV foi determinada como sendo monogênica, com dominância parcial, enquanto a herança da imunidade foi monogênica recessiva, influenciada por genes modificadores (PATEL et alii, 1982). No Brasil, os estudos de herança da resistência do cultivar BR 1-Poty ao isolado PE, do CpAMV, não confirmaram a herança monogênica descrita por PATEL et alii (1982), suspeitando-se, preliminarmente, de que há, governando o caráter, pelo menos dois genes, influenciado por genes modificadores (RIOS & WATT¹). Neste estudo os autores informaram que tiveram dificuldade para interpretação dos resultados das gerações segregantes, por terem ocorrido várias classes de reações, o que pode ser uma evidência de que a herança da resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV poderá ser quantitativa. Isto de certa forma explicaria os resultados obtidos nos ambientes de casa-de-vegetação.

Do estudo realizado conclui-se que as duas doses de irradiação não afetaram o sistema genético que controla a resistência do cultivar BR 1-Poty ao CpAMV. Com isto, existem grandes possibilidades de se selecionar mutantes para outros caracteres de interesse agrônomo, mantendo-se o padrão de resistência do cultivar.

¹ RIOS, G.P. & WATT, E.E. (EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, Goianira-GO). Comunicação pessoal, 1986.

5.3. Efeitos da radiação gama em alguns caracteres agronômicos das plantas M_2 do cultivar BR 1-Poty

A ausência do efeito de dose em ambos os ciclos de florescimento da geração M_2 , quando analisados separadamente, para a maioria dos caracteres, indica a presença de uniformidade dentro dos respectivos grupos de maturação, sujeitos portanto aos mesmos efeitos ambientais. O efeito de dose no PCS das plantas tardias não indica que os tratamentos mutagênicos foram efetivos em induzir mutações no sentido positivo, ou seja aumento do tamanho das sementes, mas refletem, principalmente, a diferença de variabilidade entre a população não irradiada e as duas populações descendentes das sementes irradiadas (Tabela 21), como pode ser observado na Figura 2. No entanto, isto não descarta a indução de mutações no sentido negativo, evidenciado pelo aparecimento de plantas com peso de cem sementes menores que as plantas da população não irradiada nas duas amostras analisadas (Figuras 1 e 2), principalmente na maior dose de irradiação.

As plantas com peso médio de cem sementes iguais ou superiores a 17 gramas, observadas principalmente na população de ciclo tardio, só serão importantes para o melhoramento do cultivar BR 1-Poty se tais plantas forem homozigóticas e possuam resistência ao CpAMV. A hipótese de homozigosidade das progêneses do cultivar BR 1-Poty foi confirmada, ou seja, concluiu-se que 78% das progêneses descendentes das plantas T_1 (dose 0 kR) avaliadas apresentaram baixas variâncias dentro, indicando que as mesmas não estão segregando para o caráter PCS e, portanto, fazem parte da população original do cultivar BR 1-Poty.

Os dois ciclos de floração diferiram entre si para praticamente todos os caracteres avaliados, exceto o PCS, o que indica a existência de diferenças fenotípicas tanto para os caracteres de alta quanto de baixa herdabilidade. No entanto, estas diferenças poderão não ter base genética significativa, uma vez que não se detectou efeito da dose de

irradiação em todos os caracteres correspondentes. A significância obtida nos caracteres PCS e NVP para o efeito de dose, nesta análise conjunta, poderá ser um reflexo, no primeiro caráter, da variabilidade pré-existente na população não irradiada, e no segundo caráter poderá ser um reflexo indireto da maior esterilidade provocada pelo agente mutagênico.

5.3.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty

O trigo é uma das culturas mais estudadas, visando o seu melhoramento por indução de mutação. Os resultados mais consistentes obtidos com esta cultura, com diferentes tratamentos mutagênicos e cultivares, indicam a presença de um "efeito de danificação" representado pela "depressão da média" e o "efeito de recuperação" associado ao aumento da média e da variabilidade que ocorre nas primeiras gerações após a irradiação (SCOSSIROLI et alii, 1966; BOROJEVIĆ, 1966, 1969; BOROJEVIĆ & BOROJEVIĆ, 1968; GOUD, 1967; MELLADO Z. et alii, 1972; LARIK, 1975; KUMAR, 1977). Este fenômeno também ficou bem caracterizado nas revisões realizadas por SCOSSIROLI (1965), BROCK (1965) e FREY (1965).

No caso do caupi (cultivar BR 1-Poty) os caracteres avaliados foram diferentemente influenciados pelas doses de irradiação, ou seja alguns tiveram suas médias reduzidas e outros tiveram suas médias aumentadas e outros não apresentaram alteração da média. Portanto, deve-se levar em consideração que dos caracteres avaliados quatro são componentes de rendimento - NVP, NSV, PCS (SINGH & MEHNDIRATTA, 1970; PATEL, 1973) e CMV (PATEL, 1973) - e estão interrelacionados, de tal forma que a alteração em um deles implicará na alteração dos demais. Deste modo, a redução ocorrida na média dos caracteres CMV, NSV e PCS, provavelmente induziu o incremento do NVP, PSP e, conseqüentemente, PSPE. No entanto,

somente os caracteres CMV e NSV tiveram a redução da média associada a um incremento de variação devido à irradiação, nas duas amostras analisadas (Tabelas 21 e 22). Neste caso, a redução da média induzida pelos tratamentos mutagênicos são devidas a um aumento da frequência de alterações no sentido de redução dos caracteres (Figura 2). Na comparação das duas amostras verifica-se que os intervalos ou amplitudes de variação para os caracteres CMV, NSV e PCS diferiram entre as duas amostras tanto no limite mínimo quanto no limite máximo. A observação destes extremos é importante quando se deseja selecionar materiais com fenótipos superiores em relação à média. Na amostra 2, o NVP apresenta o aumento da média associado ao aumento da variância. Estes incrementos das médias induzidos pela dose 25 kR se devem à maior frequência de alterações no sentido positivo (Figura 2). Para este caráter, SÁ (1984) reportou um aumento de variância associado à redução da média na geração M_2 descendente do cultivar de caupi CE-315 tratado com NMU (N-nitroso-N-metil uréia) em relação ao CE-315 não tratado.

As menores médias apresentadas pelas plantas tardias para os caracteres CMV, NSV, NVP, PSP e PSPE, bem como seus maiores coeficientes de variação, em relação as plantas precoces, podem ser atribuídos aos seguintes fatores: (a) espaçamento - o espaçamento de 1,0 m x 1,0 m pode ter sido insuficiente para este grupo de plantas, favorecendo consequentemente uma forte competição entre elas; (b) fotoperíodo e/ou termosensitividade podem ter atrasado o florescimento das plantas tardias, que teriam passado a maior parte do tempo na fase de crescimento vegetativo, isto implicaria em uma produção excessiva de massa verde com consequente redução da produção de vagens e grãos; (c) excesso de chuva no florescimento e na colheita, podem ter aumentado a quantidade de flores abortadas e alongado o ciclo vegetativo; e (d) a realização de uma só colheita devido ao excesso de chuvas na fase de frutificação e maturação das vagens. Estes fatores agindo isoladamente ou em conjunto reduzem significativamente o potencial produtivo das plantas.

O cultivar BR 1-Poty foi selecionado basicamente para re-

sistência ao CpAMV e alta produtividade associada à estabilidade da produtividade; como consequência desta seleção, obteve-se um cultivar com um peso médio de cem sementes de 13 a 14 gramas. Particularmente para este caráter, observou-se um efeito negativo dos tratamentos mutagênicos, resultando em redução da média pelo aumento da frequência de plantas com peso de cem sementes reduzido. Por não se conhecer, a priori, a estrutura genética da população original e, principalmente, por não ser a mesma uma linhagem pura, a comparação para esse caráter não foi efetiva, uma vez que não se pode assegurar que os valores máximos da população não irradiada tenham sido efetivamente reduzidos nas populações irradiadas.

Os caracteres NVP, PSP, PSPE apresentaram um incremento com a maior dose (25 kR) em relação a dose 0 kR. O incremento na produção de sementes por planta verificados na maioria dos casos, em que a **Vicia faba** L. foi tratada em diferentes doses de raios gama e EMS, avaliados na geração M_2 , foi atribuído por ABDALLA & HUSSEIN (1977) a uma compensação pela redução do número de sementes por vagem. No entanto, não descartaram a possibilidade de ocorrência de mutações induzidas pelos tratamentos mutagênicos. No presente caso, este efeito positivo também pode ser interpretado como um possível efeito de combinações alélicas heteróticas, se assumir-se que a maioria das mutações induzidas são recessivas. Este efeito nestes caracteres é significativo do ponto de vista do melhoramento do cultivar BR 1-Poty, pois favoreceram o aparecimento de tipos transgressivos que poderão ser úteis para a seleção de genótipos superiores para estes caracteres. Redução da média foi observada por NARSINGHANI & KUMAR (1976) nos caracteres NVP e PSP, quando o caupi foi tratado com os mutagênicos químicos EMS (etilmetanossulfonato) e MMS (metilmessulfonato). Em feijão mungo (**Phaseolus aureus** Roxb.) também foi observado uma tendência de decréscimo da produção de sementes por planta, na geração M_2 descendente das sementes tratadas com diversos mutagênicos, o que foi atribuído a efeitos pleiotrópicos em outros caracteres (KHAN, 1984). Incremento da média foi observado em lentilha (**Lens culinaris** Medick.), na geração M_3 descendente de sementes tratadas com

as doses de 6 kR e 10 kR de ^{60}Co , para os caracteres NVP e PSP (SHARMA & SHARMA, 1984). OJOMO & CHHEDA (1972) verificaram em caupi que a resposta do caráter produção de sementes por planta variou com o cultivar e o tipo de radiação utilizado, indicando que o efeito positivo ou negativo do tratamento mutagênico para um mesmo caráter dependerá da estrutura genética do cultivar e da eficiência do tratamento aplicado.

O efeito nos caracteres CMV, NSV e PCS foi de manutenção ou pequena redução dos valores da média, associado à redução da variação das populações. O efeito mais significativo observado nestes caracteres foi o aumento de frequência das mutações negativas, ou seja de efeito redutor da média, devido principalmente ao efeito direto da irradiação na fertilidade e viabilidade das sementes produzidas. Na análise de variância da amostra 1 somente o PCS mostrou significância estatística ($P < 0,05$) para o efeito de dose, enquanto na análise de variância da amostra 2 os três caracteres mostraram significância ($P < 0,001$) para este efeito. Esse resultado evidencia que estes caracteres não estão igualmente representados nas duas amostras avaliadas, o que ressalta a importância do tamanho da população a ser avaliada.

O efeito mais marcante do ambiente foi verificado na expressão da floração inicial, na geração M_2 , com a ocorrência de plantas precoces e tardias, como as de mais fácil identificação, e, naturalmente, as plantas de florescimento intermediário, que devido às dificuldades inerentes à sua identificação foram aleatoriamente enquadradas em uma das duas classes extremas de florescimento. Na expressão desse caráter, observou-se que na dose 25 kR houve uma tendência de redução do ciclo de florescimento nas duas populações amostradas. Nesta geração, o período juvenil das plantas foi bastante alterado (66 dias nas plantas precoces e 107 dias nas plantas tardias) em relação ao florescimento normal do cultivar, que é em torno de 50 dias. Esta alteração pode ser atribuída a uma resposta das plantas às condições ambientais de baixa temperatura no estágio vegetativo e excesso de chuvas no estágio reproduti-

vo, o que favoreceu a manifestação da plasticidade fenotípica da população.

5.3.2. Efeito na variância fenotípica dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty

Como na análise do efeito da irradiação na média dos caracteres, o efeito na variância também foi aleatório, ou seja, em alguns caracteres, se observa aumentos significativos e em outros reduções de variância. Estes efeitos são importantes de serem observados para que o melhorista escolha adequadamente os caracteres com maior potencial de seleção.

A interpretação das variâncias fenotípicas observadas devem ser vistas apenas como uma evidência da presença de variabilidade genética, uma vez que a mesma está confundida com o efeito do ambiente.

O teste "F" realizado para verificar o incremento de variação induzida pelo tratamento mutagêncio mostrou que a dose de 25 kR foi a que mais indução de mutação provocou nos caracteres CMV, NSV e NVP. Este resultado corrobora o resultado obtido com a análise da frequência de mutantes de clorofila nas plântulas M_2 na qual sobressaiu-se a dose de 25 kR.

5.3.3. Efeito na distribuição de frequência dos caracteres avaliados na geração M_2 do cultivar BR 1-Poty

Uma distribuição normal, na qual a média não é alterada e o valor da assimetria não é significativo, mas exibe um incremento na variabilidade, provavelmente é o mais desejável para os propósitos do melhoramento de plantas, uma vez que isto implicaria em uma distribuição

simétrica dos locos mutados em ambos os lados da média (POVILAITIS, 1969). Tal situação não ocorreu com os sete caracteres avaliados, uma vez que o único caráter que não apresentou assimetria significativa foi o PCS em ambas as doses de irradiação na amostra 2, mas associada a uma redução na variância e um decréscimo na média.

O efeito da irradiação na distribuição da frequência dos caracteres, expressos pelos coeficientes de assimetria e curtose, tanto na amostra 1, quando na amostra 2, foi de alterar o padrão de distribuição dos indivíduos da população em torno da média. Como pode ser observado nas Figuras 1 e 2, para a maioria dos caracteres houve uma tendência de deslocamento das curvas de distribuição de frequência no sentido negativo, resultante do efeito da irradiação no aumento da frequência dos indivíduos com médias baixas.

A variação em magnitude e sinal dos coeficientes de assimetria e curtose é uma evidência de que houve alteração induzida pelo tratamento mutagênico na estrutura da população. O coeficiente de assimetria negativo observado nos caracteres CMV e PCS (amostra 1), quando o mesmo coeficiente da população não irradiada foi positivo, significa que os valores superiores à média se acumulam no lado direito da curva da distribuição de frequência, enquanto os valores inferiores à média se distribuem numa longa cauda no lado esquerdo da distribuição de frequência. Nas Figuras 2A e 2C, verifica-se que estes caracteres na população irradiada apresentaram um deslocamento da curva para a esquerda, em função da redução da média, que reflete a maior predominância dos indivíduos com valores menores que os da população original. A redução do valor positivo do coeficiente de assimetria observados nos caracteres PCS, NVP, PSP, PSPE e FI (na amostra 2) significa que antes da irradiação (na população original) estes caracteres possuíam uma distribuição de frequência mais concentrada abaixo da média geral e, após a irradiação, houve uma redistribuição de frequência, concentrando os indivíduos da população em torno da média, predominando um deslocamento da curva para a di

reita, ou seja para os valores mais elevados.

Pela análise dos dados dos coeficientes de assimetria e curtose conclui-se que os efeitos da irradiação na estrutura da população varia com o caráter e o tamanho da população avaliada.

Como se observou em alguns caracteres alterações dos coeficientes de assimetria e curtose dentro da população testemunha, em função do tamanho da amostra avaliada, tanto em magnitude quanto em valor dos coeficientes, fica difícil atribuir, nas populações irradiadas, as alterações observadas somente às consequências da aplicação dos tratamentos mutagênicos, que geralmente são devidas às alterações no material genético (mutações gênica ou de ponto) ou aberrações cromossômicas (deleções, duplicações, translocações e inversões). Assim, pode-se supor que provavelmente há outros mecanismos de alteração da manifestação do genótipo envolvidos. Tais mecanismos podem se encontrar tanto nos cromossomos quanto no citoplasma e são reportados como responsáveis pela manifestação da plasticidade fenotípica em plantas, em que o ambiente pode induzir mudanças genéticas, como já foi demonstrado em *Linum* (DURRANT, 1962; 1971), *Nicotiana rustica* (HILL, 1965; PERKINS et alii, 1971) e *Coffea arabica* L. (PAYNE & FAIRBROTHERS, 1976).

5.4. Efeito da radiação gama em alguns caracteres agronômicos das plantas M_3 do cultivar BR 1-Poty

5.4.1. Efeito na média dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty

A análise de variância conjunta dos experimentos da geração M_3 mostrou que todos os caracteres, com exceção do PCS, apresentaram diferenças estatisticamente significativas para todas as fontes de varia

ção testadas. Apesar disto, somente o NSV e o NVP diferiram estatisticamente pelo teste de Tukey. Segundo GOMES (1985), isto ocorre quando o modelo utilizado não é adequado aos dados e estas significâncias não têm nenhum valor prático. Apesar das médias dos demais caracteres não terem apresentado significância pelo teste de Tukey, observou-se na geração M_3 uma menor diferença entre a média da população não irradiada e a população irradiada nos caracteres CMV e NSV, enquanto que nos demais caracteres houve um incremento das médias das populações irradiadas, sugerindo um efeito positivo da irradiação nestes caracteres, efeito também observado na geração M_2 . No caso da não alteração da média do CMV, associado a uma maior variabilidade na população irradiada, evidencia a ocorrência de mutações simétricas nas direções positiva e negativa, como revela a amplitude de variação do caráter (Tabela 27). Situação semelhante foi descrita em arroz (OKA et alii, 1958) e aveia (KRULL & FREY, 1961).

Dos caracteres avaliados somente o FI apresentou uma redução significativa de média na geração M_3 em relação a média obtida na geração M_2 . Ou seja, na geração M_3 o período juvenil foi grandemente reduzido, atingindo o intervalo normal do cultivar, pelas condições ambientais favoráveis (temperatura e precipitações). Estas melhores condições favoreceram também o incremento das médias observadas nos demais caracteres, justificando inclusive o aparecimento de segregações transgressivas para o NVP, PSP e PSPE na população irradiada. Portanto, o efeito da recuperação da média observado em alguns caracteres, ocorreram simultaneamente na população testemunha e na população irradiada, de uma geração para a outra. No entanto, o efeito realmente importante é o medido na mesma geração nas duas populações submetidas ao mesmo ambiente, o que expressa a vantagem comparativa de uma população em relação à outra. Por este enfoque, os caracteres NVP, PSP e PSPE das populações irradiadas foram superiores aos medidos na população não irradiada.

O aumento da média do NVP e PSP no cultivar BR 1-Poty irradiado, nas gerações M_2 e M_3 , indica uma mudança na média na direção da

seleção prévia realizada neste cultivar, que foi o aumento de produtividade, associado à resistência ao CpAMV. Este resultado não concorda com a teoria proposta por BROCK (1965) que preconiza que as mutações aleatórias, ocorridas em espécies autógamas, que foram previamente selecionadas, resultam no aumento da variância e alteração da média na direção oposta à seleção anterior. A mesma conclusão não se aplica ao PCS que foi reduzido com a seleção para aumento da produtividade. Neste caso a irradiação reduziu um pouco mais a média do caráter. Gaul & Aastveit¹, citados por BROCK (1967), também apresentaram dados, em resposta à mutação aleatória, no qual a média não foi alterada na direção da seleção prévia. Estes resultados indicam que a resposta depende, entre outros fatores, do genótipo e do caráter considerado.

Independente da direção da alteração das médias dos caracteres é importante ressaltar que o conhecimento da estrutura das duas populações irradiadas é de fundamental importância para o sucesso do melhoramento do cultivar BR 1-Poty, o que pode ser igualmente quantificado por terem sido utilizadas populações de mesmo tamanho nos dois tratamentos.

5.4.2. Efeito na variância genotípica dos caracteres avaliados na geração M_3 do cultivar BR 1-Poty

O efeito da irradiação na indução de variação genotípica só foi significativo, entre as progênies M_3 , em três dos caracteres avaliados. Enquanto a variação genotípica induzida dentro das progênies M_3 ou seja, entre as plantas de uma mesma progênie, só foi significativa para um dos caracteres avaliados. Os caracteres NVP, CMV e NSV foram os mais influenciados pela irradiação. O primeiro no sentido positivo, ou

¹ GAUL, H. & AASTVEIT, K. Induced variability of culm length in different genotypes of hexaploid wheat following X-radiation and E.M.S. - treatment. Proc. Yugoslavian Symp. Wheat Research v, (in press).

seja o tratamento mutagênico induziu o aparecimento de tipos superiores, provavelmente por rearranjo dos poligenes. Já os outros dois caracteres foram influenciados negativamente, prevalecendo a redução das médias destes caracteres. O CMV e o NSV são positivamente correlacionados entre si, sendo o número de sementes de uma vagem condicionante do seu tamanho. Um dos efeitos observados na geração M_2 foi a ocorrência de esterilidade em algumas plantas e sendo estes caracteres ligados à reprodução da planta era de se esperar que estes fossem os mais influenciados. Este efeito foi na redução da viabilidade do óvulo, que teve como consequência uma redução do número de embriões formados, reduzindo o número de sementes por vagem e consequentemente o seu tamanho.

5.5. Efeito da radiação gama na associação entre os caracteres do cultivar BR 1-Poty nas gerações M_2 e M_3

A estimativa dos coeficientes de correlação fenotípica determinados nas duas populações, num mesmo ambiente, e nas duas gerações, foi realizado com o objetivo de se verificar o efeito da irradiação na associação entre os caracteres, pela comparação dos coeficientes de correlação na população não irradiada com a população irradiada. Ou seja, assume-se antecipadamente que qualquer desvio na associação entre os caracteres na população tratada seja atribuído ao tratamento mutagênico.

O principal efeito verificado nas associações de caracteres das populações irradiadas, na geração M_2 , foi a redução de magnitude do valor dos coeficientes de correlação e em alguns casos a inversão no sentido da associação, evidencia que a irradiação poderá alterar a associação entre os caracteres. Este fato é particularmente importante para o melhoramento, quando dois caracteres importantes para seleção estão envolvidos. Por exemplo, a associação entre PCS e NSV foi negativa na população não irradiada ($r = -0,20$) e positiva ($r = 0,01$) na população irradiada, indicando que na primeira população a seleção de sementes gran-

des implicará na redução do número de sementes por vagem, enquanto que na segunda população há uma independência maior entre os caracteres. Desse modo, a seleção para sementes grandes não necessariamente reduzirá o número de sementes por vagem, o que indiretamente poderá se refletir positivamente no aumento da produção, como pode ser constatado pela baixa correlação negativa entre o número de vagens por planta e o peso de cem sementes na população irradiada ($r = -0,07$), em contraste à mais alta correlação na população não irradiada ($r = -0,28$).

No entanto, o efeito da irradiação na associação entre os caracteres não foi só de enfraquecer o grau de associação entre os caracteres, pois o contrário também foi observado; assim, um aumento do grau de associação entre os caracteres com o aumento da dose de irradiação, como verificado nas associações do CMV x PCS e CMV x NSV.

Da mesma forma, na geração M_3 constatou-se os efeitos de: redução da magnitude dos coeficientes de correlação, em 13 das associações estudadas; aumento da magnitude dos coeficientes de correlação, em cinco das associações estudadas; e, inversão do sinal do coeficiente de correlação, em três das associações estudadas. Alguns destes efeitos foram mais drásticos que outros, como o caso das associações entre NVP e NSV, que foi altamente significativa e positiva na população não irradiada e passou para negativa e não significativa na população irradiada; já a associação entre NVP e CMV, deixou de ser positiva e significativa na população irradiada.

A alteração mais significativa observada entre os coeficientes de correlação estimados nas duas gerações foi os que envolveram o PCS. Na geração M_2 das três populações, as associações foram não significativas, com exceção do PCS x NVP, na população não irradiada, ou seja nesta geração o PCS mostrou-se independente dos demais caracteres. Na geração M_3 o PCS só não se correlacionou positiva e significativamente, nas duas populações, com o FI e NSV. Estes resultados indicam a forte influência do ambiente na manifestação do caráter PCS, uma vez que as alte

rações ocorreram nas duas populações.

5.6. Coeficiente de correlação e regressão linear entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cutlivar BR 1-Poty

A relação parental/descente avaliado pelo coeficiente de correlação foi significativa nas duas populações, com exceção do tempo para florescimento. No entanto, estes coeficientes não foram muito elevados, sobressaindo-se apenas o PCS ($r_{T_1 \bar{T}_2} = 0,504$) na população não irradiada e o NSV ($r_{M_2 \bar{M}_3} = 0,589$) e PCS ($r_{M_2 \bar{M}_3} = 0,539$) na população irradiada. Este resultado obtido para o PCS, de certa forma contradiz a análise dos coeficientes de correlação das duas gerações individuais realizadas anteriormente.

O efeito da irradiação na relação parental/descendente não foi evidente, uma vez que somente pequenas alterações na magnitude do valor do coeficiente de correlação foi observado, sem contudo alterar a essência da associação, com exceção apenas do tempo para florescimento.

Os baixos coeficientes de correlação obtidos entre as plantas M_2 , selecionadas ao acaso, e as médias de suas progênes M_3 , podem ser atribuídas a uma maior componente ambiental da correlação fenotípica, que pode ter sido influenciado pela interação genótipo x ambiente, ou a unidade de avaliação utilizada na geração M_2 , com base no fenótipo individual da planta, ou, em último caso à uma ação conjunta dos dois fatores.

Falconer¹, citado por FALCONER (1960), foi o primeiro a

¹ FALCONER, D.S. The problem of environment and selection. Amer. Nat., 86: 293-298. 1952.

reconhecer que a manifestação de um caráter em dois ambientes diferentes deve ser considerado como dois caracteres que são geneticamente correlacionados, e não como um só caráter. Os mecanismos fisiológicos que atuam na planta quando cultivada em dois ambientes diferentes são também de alguma forma diferentes e, conseqüentemente, os genes correspondentes diferirão na mesma extensão. Segundo este mesmo autor, o grau com que dois caracteres tem a mesma base genética, seja devido aos efeitos pleiotrópicos dos genes ou ao desequilíbrio de ligação entre alelos de locos diferentes, seria expresso pela correlação genética aditiva. No caso presente, além do mesmo caráter ter sido avaliado em dois ambientes diferentes (épocas de plantio diferentes), também foi avaliado, na população irradiada, em gerações diferentes, o que pode ter contribuído para a baixa magnitude dos coeficientes de correlação obtidos. No entanto, como estes coeficientes foram baixos em ambas populações pressupõe-se que a resposta seja atribuída a um efeito comum às duas populações.

Baixo coeficiente de correlação entre as gerações M_2 e M_3 de caupi ($r = 0,01$), em relação ao coeficiente de correlação entre as gerações M_3 e M_4 ($r = 0,445$), foi reportado por ONIM (1983) ao avaliar os caracteres produção e resistência às doenças. Este incremento no coeeficiente de correlação entre as gerações mais avançadas foi atribuído a que as seleção foram baseadas na performance média de muitas plantas e na maior homozigotidade existente nestas gerações. Por fim, concluiu que a seleção de planta individual para os dois caracteres em questão não foi efetiva. Esta mesma conclusão também foi reportada para o caráter produção em guandu (*Cajanus cajan*), após o tratamento com azida sódica (RAVI, 1983). Apesar das evidências apresentadas para justificar a ineficiência de se avaliar plantas M_2 como base para previsão do comportamento de suas progênes M_3 , deve-se lembrar que no experimento aqui discutido, as diferenças entre os coeficientes de correlação avaliados na população irradiada ("heterozigota") não diferiram muito dos avaliados na população não irradiada (homozigota), indicando que a provável heterozigotidade da população irradiada não tenha sido responsável pelo resultado obtido. Por outro lado, YONEZAWA (1975) demonstrou que o tamanho das

progênes M_2 "per se" tem pouca influência na eficiência de seleção de mutantes para caracteres quantitativos, sobressaindo-se o método de seleção baseado numa semente por planta M_1 , ou uma planta uma descendência. Como neste experimento as plantas M_1 foram colhidas em massa ("bulk") e a geração M_2 foi constituída por uma amostra aleatória desta população, a colheita de planta individual M_2 e análise de sua progênie M_3 tende a aumentar a eficiência da avaliação, uma vez que nesta geração YONEZAWA (1975) estimou que 47% das progênes tem todos os genes fixados, 35% das progênes tem um gene segregando e 13% das progênes tem três genes segregando. Assim, parece mais provável que o ambiente tenha sido o fator que mais influenciou a manifestação do fenótipo das progênes M_3 , descendentes de plantas M_2 .

Também foram baixos os valores dos coeficientes de regressão obtidos entre as duas gerações e, os coeficientes de determinação calculados, confirmam o forte efeito do ambiente na manifestação dos caracteres das duas populações. No entanto, de modo geral a irradiação melhorou o relacionamento entre as duas gerações para alguns caracteres como o NSV, PCS, NVP e FI.

5.7. Coeficientes de covariâncias fenotípicas entre as plantas da geração M_2 e a média de suas progênes M_3 do cultivar BR 1-Poty

Os coeficientes de covariâncias fenotípicas estimados entre as duas gerações em anos agrícolas diferentes tem como vantagem o fato de se considerar os ambientes como independentes, ou seja a covariância fenotípica estimada contém apenas os componentes genéticos aditivos e dominantes ($\text{Cov}_{M_2, \bar{M}_3} = \frac{1}{2} \sigma_A^2 + \frac{1}{4} \sigma_D^2$). Assim, pode-se verificar pelos resultados obtidos que o incremento das covariâncias observados na população irradiada para os caracteres CMV, NSV, NVP e PSPE pode ser atribuído a uma variação genética induzida, embora o maior efeito tenha sido observado no caráter NSV, que também apresentou o maior índice de

variação induzida estimado pelas variâncias entre e dentro de progênes M_3 , bem como os maiores coeficientes de correlação, regressão e de determinação estimados com base nas plantas individuais e as médias de suas progênes. Estes resultados indicam que a irradiação ampliou a variabilidade existente na população original, não irradiada, do cultivar BR 1-Poty.

5.8. Partição da variação genética

A partição da variação genética nos seus componentes -- variância aditiva (σ_A^2), variância dominante (σ_D^2) e variâncias ambientais ($\sigma_{E_1}^2$ e $\sigma_{E_2}^2$) foi possível, aplicando-se o método dos quadrados mínimos balanceados aos dados gerados nas duas gerações.

Somente os caracteres NSV, CMV e NVP, que apresentaram variância induzida entre progênes, estimada através dos componentes de variância genética da análise de variância, é que permitiram a partição da variação genética em seus componentes. Este resultado indica que: (a) em primeiro lugar, o método hierárquico seguido na geração M_2 (com avaliação de plantas individuais) e plantio das progênes M_3 , também avaliadas individualmente, tanto na população não irradiada quanto na população irradiada, permitiu gerar as equações necessárias à fixação de um modelo para a partição da variação genética; (b) em segundo lugar, demonstra que certa quantidade de variância genética aditiva foi induzida pela irradiação das sementes dormentes do cultivar BR 1-Poty.

O fato de somente alguns dos caracteres terem apresentado variação induzida pela irradiação alerta o melhorista para a necessidade de uma avaliação criteriosa dos caracteres das populações a serem melhoradas por indução de mutação, uma vez que o seu efeito é aleatório.

A demonstração da existência de variância genética aditiva para os caracteres NSV, CMV e NVP indica que pode ser esperado obter

progresso genético pela seleção.

Nos caracteres CMV e NVP, as estimativas das variâncias de dominância foram negativas. No primeiro caráter o valor de $\hat{\sigma}_D^2$ é quase quatro vezes superior ao seu erro padrão, o que pode justificar um ajuste menos perfeito dos dados, porém tolerável para o tipo de material utilizado para ser irradiado (cultivar heterogêneo); no segundo caso, o valor de $\hat{\sigma}_D^2$ é somente três vezes superior ao seu respectivo erro padrão e, portanto, pode ser considerado próximo a zero, significando que a variância de dominância apresente pouca ou nenhuma contribuição para a variação total observada. MATZINGER (1963) afirma que a quantidade de variância de dominância presente em muitos dos experimentos com plantas autógamas é questionável devido à tendenciosidade na estimação em praticamente todos os delineamentos. Onde a variância de dominância (σ_D^2) e a variância epistática aditiva por aditiva (σ_{AA}^2) tem sido estimadas, há apenas evidência de suas existências em alguns casos. Frequentemente, no entanto, muitas das estimativas significativas de σ_D^2 e σ_{AA}^2 são negativas, predominando nestes estudos a variância aditiva (σ_A^2). Segundo o mesmo autor, ainda não se sabe se este é um fenômeno geral decorrente da história evolucionária natural das plantas autógamas. MATHER & JINKS (1984) recomendam que se o objetivo principal do experimento for pesquisar as propriedades da dominância dos genes, seria aconselhável incluir alguns tipos de progênies para cuja variação a dominância contribua mais, como por exemplo as progênies resultantes de retrocruzamentos. Estas evidências também foram verificadas na avaliação da variação induzida por irradiação em caracteres quantitativos em trigo, realizada por VIRK & GUPTA (1980). Estes autores constataram que o modelo composto pela variância genética aditiva e a variância ambiental contribuiu para 97% da variância observada. Isto corrobora a observação de que a variância de dominância tem pouca influência na variação induzida pela irradiação.

5.9. Herdabilidade

O coeficiente de herdabilidade é o parâmetro que quantifica o quanto da variação fenotípica observada é herdável, sendo portanto um parâmetro de fundamental importância para se decidir o critério e a intensidade de seleção.

No presente estudo, procurou-se estimar este parâmetro por diversas metodologias, entre outras as propostas por AASTVEIT & GAUL (1967), SMITH & KINMAN (1965), ANDO & VENCovsky (1967) e MELLADO Z. et alii (1972), com a finalidade de compará-los entre si e identificar a metodologia mais adequada às populações avaliadas.

AASTVEIT & GAUL (1967) preconizaram que desde que as progênies M_3 sejam transferidas para a próxima geração sem seleção, a herdabilidade no sentido restrito poderá ser estimada pela quadrado do coeficiente de correlação (r^2). Esta estatística refletiria portanto, a porção da variação em uma geração que pode ser atribuída aos parentais. A metodologia proposta por SMITH & KINMAN (1965) aplica-se mais às populações resultantes de hibridações; para o presente estudo, esta metodologia foi ajustada à situação do experimento. As outras metodologias utilizam basicamente as variâncias geradas nas duas gerações (M_2 e M_3) avaliadas. O princípio envolvido é de que a variação observada na população original (não irradiada) pode ser atribuída ao ambiente e o excesso de variação observado na população irradiada, em relação a população original, seria atribuído ao tratamento mutagênico.

As metodologias diferiram principalmente quanto à variância fenotípica total, tendo sido consideradas três situações: (a) variância fenotípica da análise de variância (quadrado médio calculado para a respectiva população), representado por $\hat{\sigma}^2 + r\hat{\sigma}_{T_2}^2$ para a população original, e por $\hat{\sigma}^2 + r\hat{\sigma}_{M_3}^2$ para a população irradiada; (b) considerando a variância ambiental como a variância de população original ($\hat{\sigma}_{T_2}^2$) que somada a

variância genética da população irradiada ($\hat{\sigma}_{M_3}^2$) fornece a variância fenotípica total; e (c) considerando a variância dentro de progênes da população original ($\hat{\sigma}_{dT_2}^2$) como a variância ambiental, que somada a $\hat{\sigma}_{M_3}^2$ fornece a variância fenotípica. E por fim, considerou-se a metodologia proposta por ANDO & VENCovsky (1967) que utiliza as variâncias diretamente da análise de variância.

Segundo AASTVEIT & GAUL (1967), a herdabilidade estimada com base na correlação parental - descendente fornece uma estimativa mais realista que a baseada no componente de variação baseada em uma só geração. Comparando-se as duas estimativas obtidas com base nessas duas metodologias verifica-se que: (a) as metodologias que utilizam os denominadores $\hat{\sigma}^2 + r\hat{\sigma}_{M_3}^2$, $\hat{\sigma}_{T_2}^2 + \hat{\sigma}_{M_3}^2$ e $\hat{\sigma}_{dT_2}^2 + \hat{\sigma}_{M_3}^2$ como variâncias fenotípicas apresentam, em termos de valores absolutos, uma superestimativa para os caracteres NVP, PSP e PSPE; (b) a metodologia que utiliza o denominador $\hat{\sigma}^2 + r\hat{\sigma}_{M_3}^2$ como variância fenotípica apresenta uma subestimativa para os caracteres NSV e PCS, enquanto os outros apresentam uma superestimativa para o caráter NSV. Portanto, as metodologias apresentam estimativas discrepantes. No entanto, a validade de aplicação de uma ou de outra metodologia dependerá do tipo de informação que esteja disponível ao melhorista. Por exemplo, nos experimentos em que não se tenha a informação da geração parental, para estimar a correlação parental-descendente, qualquer uma das outras fórmulas poderiam ser utilizadas, tendo-se em mente que os valores obtidos poderão estar inflacionados ou deflacionados em relação ao valor real. Para evitar interpretações errôneas, o melhorista deverá dar preferência àquelas fórmulas em que a herdabilidade para população não irradiada e população irradiada possam ser estimadas, pois apesar dos valores obtidos diferirem para as diferentes fórmulas, a relação entre a herdabilidade das duas populações permanecem e dão a idéia da disponibilidade da variação genética nas duas populações avaliadas. Contudo, nenhuma delas fornecem informação sobre o tipo de ação gênica prevalente.

A decomposição ou partição da variação fenotípica nos seus componentes genéticos e ambientais, revelou que prevalece nos caracteres NSV, NVP e CMV a ação gênica aditiva, observando-se pequena contribuição da variação genética devido à dominância para a variação total. Nos demais caracteres a variabilidade genética da população irradiada não foi significativamente aumentada, o que impediu a decomposição da variação genética.

A herdabilidade no sentido restrito, entre e dentro das progênes M_3 , estimadas com os componentes da variação fenotípica obtida pelo método dos quadrados mínimos balanceados, foram maiores que a herdabilidade estimada pelos métodos de AASTVEIT & GAUL (1967) e SMITH & KINMAN (1965). Esta diferença pode ser atribuída ao fato de que a primeira metodologia refere-se a uma estimativa, enquanto que as outras duas são herdabilidades realizadas e, portanto, mais realistas.

Em geral, a herdabilidade no sentido restrito entre progênes M_3 foi superior à herdabilidade no sentido restrito dentro de progênes M_3 , com exceção apenas do caráter CMV. Este resultado não é esperado e pode ser atribuído à baixa eficiência do modelo para explicar os resultados (χ^2 significativo a 5% de probabilidade).

5.10. Seleção de progênes com base em critérios individuais e combinados e alterações nos demais caracteres

Em geral, a seleção individual de um caráter influenciou os demais caracteres no sentido positivo ou negativo, dependendo do critério de seleção adotado. Isto é consequência do efeito compensatório existente entre os caracteres, principalmente os que constituem os componentes de produtividade, como preconizado por GRAFIUS (1956) na sua interpretação geométrica dos componentes de produtividade. Segundo este autor, a produtividade é resultante de três componentes (x, y e z) que podem ser representados num plano tridimensional, sendo a produtividade

representada pelo volume de um paralelepípedo retangular definido pelo produto dos três componentes (w). Qualquer alteração em qualquer um dos três componentes resultará na alteração nos demais no sentido de compensar este distúrbio, mantendo o volume mais ou menos fixo. Portanto, no presente caso, o incremento de um determinado caráter pela seleção, implicará na redução dos caracteres a ele ligado geneticamente.

Em face dos aspectos levantados anteriormente, é importante que o melhorista eleja o caráter principal a ser melhorado e atue sobre o mesmo, observando as respostas nos demais caracteres.

Foi observado que a maior frequência das progênies selecionadas, para vários caracteres, pertenciam à população irradiada.

A seleção do CMV, em caupi, tem pouca importância se o objetivo do agricultor for a produção de grãos secos; porém se torna muito importante se o objetivo for a produção de vagens verdes, visando o consumo de grãos verdes, produto altamente comercial em todo o litoral nordestino. Neste caso, o melhorista deverá dar atenção aos caracteres CMV e NVP, visando a seleção de vagens grandes e elevada produção de vagens.

Quando o objetivo da seleção foi a maior produção de sementes visando a comercialização dos grãos secos, para o consumo humano, não houve nenhuma melhoria nas progênies selecionadas, nas duas populações, pois as progênies mais produtivas apresentam PCS semelhante à média da população. No entanto, o aumento da produtividade no cultivar BR 1-Poty, após a irradiação é importante, não só para a elevação do potencial de rendimento, visando os Estados do Ceará e Piauí onde já é cultivado comercialmente, como também para os outros Estados do Nordeste, se o objetivo for a produção de grãos para ser utilizado como componente na formulação de rações para animais; neste caso, o tamanho dos grãos não tem nenhuma importância.

5.11. Estimativas do progresso genético esperado com a seleção

a. Efeito da seleção do NSV nos demais caracteres

Dos caracteres pesquisados na população irradiada, o NSV foi o que apresentou as estimativas dos coeficientes de herdabilidade consistentemente mais elevados, independente da metodologia utilizada. Isto indica que mutações neste caráter foram induzidas pela aplicação da irradiação. Estas altas estimativas do coeficiente de herdabilidade associaram-se aos elevados progressos genéticos esperados, estimados para esta população, em comparação à população não irradiada. Apesar disto, não se observou nenhum progresso genético nas progênies selecionadas, em relação à população não irradiada. No entanto, dentro da população irradiada houve progresso apenas suficiente para recuperação da média desta população, que foi muito baixa. O efeito positivo observado nos caracteres PSP e PSPE, na população irradiada, foi devido não só às maiores médias observadas, como também aos elevados progressos genéticos obtidos nesta população. Apesar de não constatar-se progresso na média esperada dos caracteres PCS e CMV, verifica-se que houve um pequeno progresso quando se seleciona na população irradiada, que foi suficiente apenas para uma leve recuperação da média em relação à população original.

b. Efeito da seleção do CMV nos demais caracteres

Como verificado no caráter anterior, o maior progresso genético observado na população irradiada só foi suficiente para recuperar a menor média desta população, aproximando-a à média da população não irradiada. Ao contrário do observado no caráter anterior, o efeito positivo da seleção do CMV nos caracteres PSP e PSPE foi devido exclusivamente à maior média observada na população irradiada, pois os progressos genéticos foram inferiores nesta população. O progresso genético esperado do NSV foi suficiente apenas para a recuperação da média. Quanto ao PCS, as alterações não foram significativas nas duas populações.

c. Efeito da seleção do NVP nos demais caracteres

O elevado incremento do NVP na população irradiada indica que este caráter responde melhor à seleção nesta população, devido ao maior progresso genético esperado e à sua maior média. O aumento observado na PSP e PSPE foi devido basicamente à maior média obtida na população irradiada. O decréscimo no NSV e CMV foi devido principalmente ao efeito depressivo da irradiação sobre a média destes caracteres e, também, ao progresso genético esperado negativo, indicando que a seleção poderá ser efetiva para reduzir a expressão dos dois caracteres.

d. Efeito da seleção do PCS nos demais caracteres

A média esperada na descendência da população não irradiada foi ligeiramente superior, apesar do maior progresso genético esperado observado nesta população. Os acréscimos observados nas médias do NVP e PSPE são devidos às maiores médias e progressos genéticos esperados. O decréscimo no NSV resulta de sua menor média na população irradiada e ao progresso genético negativo. Como as médias e os progressos genéticos das duas populações foram semelhantes, não se observou nenhum progresso genético neste caráter.

e. Efeito da seleção da PSP nos demais caracteres

A superioridade da média da PSP na população irradiada M_3 só foi suficiente para compensar o menor progresso genético observado nesta população. No entanto, o aumento do NVP foi superior devido à sua maior média e maior progresso genético esperado. Portanto, o pequeno acréscimo da PSP nesta população pode ser atribuído ao menor NSV e PCS. OJOMO & CHHEDA (1972) também constataram que a população irradiada, do cultivar Local Brown foi a que apresentou um maior progresso genético dos caracteres PSP e NVP em relação à população não irradiada. Porém, o contrário foi observado no cultivar Westbred, no qual a seleção é mais vantajosa na população não irradiada.

f. Efeito da seleção no PCS e PSP nos demais caracteres

Apesar de se utilizar o PCS como um dos critérios de seleção, o progresso esperado obtido na população irradiada ainda foi semelhante ao observado na população original. Isto se confirma com o baixo incremento da média do caráter esperado na descendência da população irradiada. No entanto, como as médias das duas populações são semelhantes é mais vantajosa a seleção na população irradiada, pelos incrementos que podem ser obtidos no NVP, PSP e PSPE. O decréscimo relativo no NSV poderá favorecer o aumento do PCS, uma vez que são caracteres correlacionados negativamente.

De um modo geral, os resultados dos progressos genéticos estimados foram muito baixos nas duas populações. A principal razão para explicar este fato é a forte influência do ambiente na manifestação do fenótipo das plantas na geração M_2 , que foram submetidas a períodos de baixas temperaturas no estágio inicial de desenvolvimento, e elevadas precipitações no final do estágio de desenvolvimento (Apêndice 3), o que ensejou a expressão de uma ampla plasticidade fenotípica nos caracteres avaliados, principalmente a floração inicial. Com isto, obtiveram-se baixas estimativas dos coeficientes de herdabilidade baseados na regressão parental-descendente. Em futuros estudos recomenda-se que os plantios das duas gerações sejam feitos, preferencialmente, nas épocas normais de plantio o que, certamente reduzirá o componente ambiental da estimativa dos coeficientes de herdabilidade e, conseqüentemente, favorecerá mais a seleção para o ambiente que se deseja cultivar os genótipos a serem selecionados.

A constatação de que há uma quantidade de variabilidade genética significativa para alguns caracteres, na população do cultivar BR 1-Poty, não irradiado, indica que o melhorista interessado em utilizá-lo em futuros programas de hibridação deverá utilizar uma amostra representativa desta variabilidade, se o objetivo for transferir as suas características gerais aos descendentes. Por outro lado, quando se dese

jar, por exemplo, melhorar o PCS a melhor estratégia seria utilizar nas hibridações plantas com PCS superiores à média da população.

Esta constatação poderá ser valiosa para o programa de melhoramento de caupi do CNPAF, em que os melhores cultivares, obtidos por processos semelhantes ao que originou o cultivar BR 1-Poty, já estão sendo utilizados no programa de hibridação. O risco que se corre em utilizar amostras pequenas (poucas plantas para realização de hibridações) destas populações é a utilização de plantas com os valores dos caracteres desejados situados abaixo da média da população, fato que poderá conduzir o processo de melhoramento no sentido contrário ao que se deseja.

Portanto, é de fundamental importância o conhecimento da estrutura genética das populações dos cultivares obtidos nos programas com baixa intensidade de seleção dentro de progênies, pois a variabilidade que provavelmente estará disponível, além de ser benéfica para o agricultor, pela maior homeostase que terá a população, também beneficiará o melhorista na escolha dos parentais adequados ao seu programa de hibridação e/ou seleção.

6. CONCLUSÕES

Dos resultados obtidos com a presente pesquisa, nas condições em que foi realizada, pode-se apontar as seguintes conclusões:

- a. A metodologia de associar uma planta com a sua respectiva progênie da geração T_1 para T_2 (populações não irradiadas), da geração M_2 para M_3 (populações irradiadas) mostrou-se adequada à obtenção dos parâmetros genéticos pelo método dos quadrados mínimos balanceados, apesar do cultivar BR 1-Poty não ser uma linhagem pura.
- b. A análise da influência da radiação gama na resistência existente no cultivar BR 1-Poty ao vírus do mosaico transmitido por afídeos (CpAMV) indicou que as duas doses de irradiação (15 e 25 kR) não alteraram o sistema genético que controla a resistência neste cultivar. Portanto, existem grandes possibilidades de se selecionar mutantes para outros caracteres, mantendo-se o padrão de resistência do cultivar.
- c. A indução de mutação (dose 25 kR) demonstrou ser um eficiente meio de aumentar a variabilidade genética do cultivar BR 1-Poty, que pode ser explorada pela seleção, nos caracteres quantitativos número de sementes por vagem, número de vagens por planta e comprimento médio da va-

gem.

- d. O efeito da radiação gama no caráter peso de cem sementes foi negativo, causando redução da média e da variância nas gerações M_2 e M_3 .
- e. O conhecimento da estrutura genética da população do cultivar BR 1-Poty (não irradiado) forneceu importantes informações para a orientação dos futuros programas de hibridação em que este cultivar for utilizado como parental. Além disto mostrou a possibilidade de se obter progênie deste cultivar com peso de cem sementes superior à sua média, por seleção genealógica.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AASTVEIT, K. & GAUL, H. Variation and selection of micro-mutants.
Radiation Botany, Oxford, 7: 353-61, 1967.

ABDALL, M.M.F. & HUSSEIN, H.A.S. Effects of single and combined
treatments of gamma-rays and EMS on M_2 - quantitative variation in
Vicia faba L. Journal of Plant Breeding, Berlin, 78(1): 57-64, 1977.

ABDEL-HAK, T.M. Mutation breeding for disease resistance in wheat and
field beans in Egypt. In: Induced mutations for Disease Resistance
in Crop Plants II. (Proc. Res. Co-ord. Meet Denmark, 1981). Vien-
na, International Atomic Energy Agency, 1983. p. 23-9.

ANDO, A. & VENCOSKY, R. The effect of γ -irradiation on a poligenically
inherited character in *Nicotiana tabacum* L. in relation to selection
after treatment of aged seeds. Mutation Research, Amsterdam, 4: 605-
-14, 1967.

- ARAÚJO, J.P.P. de. Variabilidade genética e interrelações de caracteres agronômicos em feijão-de-corda *Vigna sinensis* (L.) Savt. Fortaleza , 1978. 113 p. (Mestrado - Universidade Federal do Ceará).
- ARAÚJO, J.P.P. de; WATT, E.E.; RIOS, G.P.; NEVES, B.P. das; KLUTHCOVSKI, J.; GUIMARÃES, C.M. Situação do caupi no Brasil; produção, problemas e pesquisa. Goiânia, Go. EMBRAPA/CNPAP. 1980. 50 p.
- ARAÚJO, J.P.P. de; RIOS, G.P.; WATT, E.E.; NEVES, B.P. das; FAGÉRIA, N. K.; OLIVEIRA, I.P. de; GUIMARÃES, C.M.; SILVEIRA Filho, A. Cultura do caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., Descrição e Recomendações Técnicas de Cultivo. Goiânia, GO, EMBRAPA-CNPAP, 1984. 82 p. (EMBRAPA -CNPAP. Circular Técnica, 18).
- ARNASON, T.J.; MOHAMMED, L.; KOEHLER, D.; RENNEBERG, F.M. Mutation frequencies in barley after treatment with γ -radiation, ethylene imine, ethyl methanesulfonate and maleic hydrazide. Canadian Journal of Genetics and Cytology, Quebec, 4(2): 172-78, 1962,
- ARYEETAY, A.N. & LAING, E. Inheritance of the yield components and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Euphytica, Holanda, 22(2): 386-92, 1973.
- BOROJEVIĆ, K. Studies on radiation induced mutations in quantitative characters of wheat (*Triticum vulgare*). Mutation in Plant Breeding. Vienna, International Atomic Energy Agency, p. 15-38, 1966.
- BOROJEVIĆ, K. Genetic changes in quantitative characters of irradiated population. The Japanese Journal of Genetics, Japan, Suppl. 44(1): 404-16, 1969.

- BOROJEVIĆ, K. & BOROJEVIĆ, S. Response of different genotypes of *Triticum aestivum* spp. *vulgare* to mutagenic treatments. Mutations in Plant Breeding II. Vienna, International Atomic Energy Agency, p.15-47, 1968.
- BLACKHURST, H.T. & MILLER Jr., J.C. Cowpea. In: FEHR, W.R. & HADLEY, H.H. (eds.). Hybridization of Crop Plants. American Society of Agronomy, Madison, 1980. p.327-37.
- BLIXT, S. Quantitative studies of induced mutations in peas. V. Chlorophyll mutations. Agri-Hortique Genetica, Alemanha, 19: 402-47, 1961.
- BLIXT, S. Mutation induction in Phleum. Agri-Hortique Genetica, Alemanha, 34: 59-82, 1976.
- BROCK, R.D. Induced mutations affecting quantitative characters. In: The use of induced mutations in plant breeding. Radiation Botany, Oxford, (Suppl.), 5: 451-64, 1965.
- BROCK, R.D. Quantitative variation in *Arabidopsis thaliana*. Radiation Botany, Oxford, 7(3): 193-203, 1967.
- BROCK, R.D. The role of induced mutations in plant improvement. Radiation Botany, Oxford, 11: 181-96, 1971.
- CARDOSO, M.J.; SANTOS, A.A. dos; FREIRE Filho, F.R.. "BR 10-PIAUÍ": nova cultivar de feijão macassar para o Piauí. Teresina, EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1987. 3 p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Comunicado Técnico, 20).
- CERNY, J.; HANIS; M.; HANISOVA, A.; KNYTL, V.; SASER, A. Induced mutations for disease resistance in wheat. In: Induced Mutation of Disease Resistance in Crop Plants II. (Proc. Res. Co-ord. Meet. Denmark, 1981). Vienna, International Atomic Energy Agency. 1983. p. 41-51.

- DONINI, B.; KAWAI, T.; MICKE, A. Spectrum of mutant characters utilized in developing improved cultivars. In: Selection in Mutation Breeding. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1984. p. 7-31.
- DURRANT, A. The environmental induction of a heritable change in Linum. Heredity, London, 17: 27-61, 1962.
- DURRANT, A. The induction and growth of flax genotrophs. Heredity, London, 27: 277-98, 1971.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Síntese das Pesquisas Geradas no Sistema EMBRAPA. Brasília, DF, 1983. p. 82-4.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO, Goiânia, GO. Cultivares de arroz, feijão e caupi lançadas em cooperação com o Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão. Brasília, EMBRAPA-DDT, 1986. 73 p. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 15).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO, Goiânia, GO. BR 1-POTY: nova cultivar de caupi para o Nordeste. Goiânia, s.d. (folder).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO TRÓPICO ÚMIDO, Belém, PA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO, Goiânia, GO. Novas cultivares de Caupi - BR 2 - Bragança e BR 3 - Tracuateua. Belém, s.d. (folder).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMPRESA MARANHENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. UEPAT de Macapá. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO, Goiânia, GO. CNC 0434: Uma nova cultivar de caupi para o Maranhão e Amapá. s.d. (folder).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. UNIDADE DE EXECUÇÃO DE PESQUISA DE ÂMBITO ESTADUAL DE RIO BRANCO. AC. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO, Goiânia, GO. Feijão caupi - Primeiras cultivares melhoradas para o Acre. s.d. (folder)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. UNIDADE DE EXECUÇÃO DE PESQUISA DE ÂMBITO ESTADUAL DE TERESINA, PI. Feijão macassar: cultivares para o Estado do Piauí. Teresina, PI, EMBRAPA-AIRP, s.d.a. (folder).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. UNIDADE DE EXECUÇÃO DE PESQUISA DE ÂMBITO ESTADUAL DE TERESINA, PI. BR-9 Longá - nova indicação de feijão-macassar para o Piauí. Teresina, s.d.b.(folder).

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. UNIDADE DE EXECUÇÃO DE PESQUISA DE ÂMBITO ESTADUAL DE TERESINA, PI. Cultivar de Feijão - Macassar com resistência múltipla a vírus. Teresina. s.d. (folder)

EMPRESA MARANHENSE DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ E FEIJÃO. Goiânia, GO. Feijão caupi - novas cultivares para o Maranhão. Goiânia, EMBRAPA/CNPAP - Setor de Publicações. s.d. (folder)

FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. Edinburgh, Oliver & Boyd, 1960, 365 p.

FADL, F.A.M. Induced mutants in beans and peas resistant to rust. In: Induced Mutations for Improvement of grain Legume Production III. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983. IAEA - TECDOC - 299, p. 33-46.

FARIS, D.G. The chromosome number of *Vigna sinensis* (L.) Savi. Canadian Journal of Genetics and Cytology, Quebec, 6 : 255-8, 1964:

- FARIS, D.G. The origin and evolution of the cultivated forms of **Vigna sinensis**. Canadian Journal of Genetics and Cytology, Quebec, 7: 433-52, 1965.
- FERY, R.L. Genetics of **Vigna**. In: JANICK, J. (ed.). Horticultural Reviews, Westport, CT, USA, AVI Publishing, 311-94, 1980.
- FERY, R.L. The genetics of cowpeas: A review of the world literature. In: SINGH, S.R. & RACHIE, K.O. (ed.). Cowpea Research, Production and Utilization, Chichester, John Wiley & Sons, 1985. p. 25-62.
- FREIRE Filho, F.R.; ARAÚJO, A.G. de; CARDOSO, M.J.; SANTOS, A.A. dos; RIBEIRO, V.Q.; SILVA, P.H.S. da. Cultivares de feijão macassar (Vigna unguiculata (L.) Walp.) para o Piauí. Teresina, EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1981. 6 p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Comunicado Técnico, 17).
- FREIRE Filho, F.R.; SANTOS, A.A. dos; ARAÚJO, A.G. de; RIBEIRO, V.Q.; GOMES, S.M.F.; SANTOS, M. de L.B. dos. Caupi - BR 1-Poty, nova cultivar de feijão macassar (Vigna unguiculata (L.) Walp.) para o Piauí. Teresina, EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1985. 4 p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina, 1985, 4 p. (EMBRAPA-UEPAE de Teresina. Comunicado Técnico, 28).
- FREY, K.J. Mutation breeding for quantitative attributes. In: The use of induced mutations in plant breeding. Radiation Botany, Oxford, (Suppl.), 5: 465-75, 1965.
- GANGULI, P.K. & BHADURI, P.N. Effect of X-rays and thermal neutrons on dry seeds of green gram (**Phaseolus aureus** Roxb.). Genetica Agraria, Roma, 34: 257-76, 1980.
- GOMES, F.P. Curso de Estatística Experimental. 11ª Edição. Piracicaba. Livraria Nobel S.A. 1985. 466 p.

- GOUD, J.V. Induced poligenic mutations in hexaploid wheats. Radiation Botany, Oxford, 7(3): 321-31, 1967.
- GOUD, J.V.; NAYR, K.M.; RAO, M.G. Radio-sensitivity in ragi (*Eleusine coracane*). Canadian Journal of Genetics and Cytology, Quebec, 11(2): 254-65, 1969.
- GRAFIUS, J.E. Components of yield in oats: A geometrical interpretation. Agronomy Journal, Madison, 48: 419-23. 1956.
- GROVER, I.S. & VIRK, G.S. Induced mutations in mung bean (*Vigna radiata* (L.) Wilczek). Genetica Agraria, Roma, 38: 237-48, 1984.
- HILL, J. Enviromental induction of heritable changes in *Nicotiana rustica*. Nature, London, 207: 732-34, 1965.
- HUSSEIN, H.A.S. & DISOUKI, I.A.M. Mutation breeding experiments in *Phaseolus vulgaris* (L.). I. EMS and gamma-ray-induced seed coat colour mutants. Journal of Plant Breeding, Berlin, 76: 190-9, 1976.
- HUSSEIN, H.A.S. & DISOUKI, I.A.M. Mutation breeding experiments in *Phaseolus vulgaris* (L.) II. EMS and gamma-ray-induced mutants for yield and protein quantity and quality traits. Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Egito, 8(2): 181-97, 1979.
- JANA, M.K. & ROY, K. Induced quantitative mutation in rice. Radiation Botany, Oxford, 13: 245-57, 1973.
- JONES, S.T. Radiation-induced mutations in Southern peas. The Journal of Heredity, Washington, 56: 272-6, 1965.
- JOSHI, S.N. & FREY, K.J. Genetic variability in oats from recurrent and alternate treatment with physical and chemical mutagens. Radiation Botany, Oxford, 7(3): 513-20, 1967.

- KHADR, F.H. & FREY, K.J. Effectiveness of recurrent selection in oat breeding (*Avena sativa* L.). Crop Science, Madison, 5: 349-54, 1965.
- KHAN, I.A. Quantitative variation induced by gamma rays, ethyl methane sulphonate, and hydrazine hydrate in mung bean (*Phaseolus aureus* Roxb.). Canadian Journal of Genetics and Cytology, Quebec, 26: 492-96, 1984.
- KHADR, F.H. & SHUKRY, M.W. Quantitative variability in wheat following irradiation, EMS, and hybridization. Theoretical and Applied Genetics, Berlin, 42: 174-80, 1972.
- KHERADNAM, M. & NIKNEJAD, M. Heritability estimates and correlations of agronomic characters in cowpea (*Vigna sinensis*). Journal of Agricultural Science, Cambridge, 82: 207-8, 1974
- KIRÁLY, Z. & BARABÁS, Z. Attempts to induced mutations for resistance of wheat to mildew, stem rust and leaf rust. In: Induced mutations for disease resistance in Crop Plants II. (Proc. Res. Co-ord. Meet. Denmark, 1981). Vienna. International Atomic Energy Agency. 1983. p. 89-93.
- KRULL, C.F. & FREY, K.J. Genetic variability in oats following hybridization and radiation. Crop Science, Madison, 1: 141-46, 1961.
- KRUTMAN; S.; LOPES; M. D.; MOURA, R.J. de M.; BASTOS, E.G. Indicação para o feijoeiro de macáassar "*Vigna sinensis* L." na zona da mata do Nordeste. Pesquisa Agropecuária do Nordeste, Recife, 3(2): 63-74, 1971.
- KUMAR, D. Studies on ⁶⁰Co gamma-ray induced variability in common wheat cultivar K 68. Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Egito, 6 (2): 229-43, 1977.

- LARIK, A.S. Induced mutations in quantitative characters of *Triticum aestivum* L. Genetica Agraria, Roma, 29: 241-50, 1975.
- LAWRENCE, C.W. Radiation-induced poligenic mutation in *Arabidopsis thaliana*. I. Selection for flowering time. Heredity, London, 23: 321-37, 1968.
- LIMA, J.A.A.; PURCIFULL, D.E.; HIEBERT, H. Purification, partial characterization and serology of blackeye cowpea mosaic virus. Phytopathology, Lancaster, 69: 1252-58, 1979.
- LOUIS, I.H. & SUNDARAM, M.K. Induction of white eye mutant in Cowpea (*Vigna sinensis* L. Savi). Madras Agricultural Journal, Madras, 62 (2): 95-7, 1975.
- MARTENS, J.W.; BROWN, P.D.; MCKENZIE, R.J.H.; HARDER, D.E. Development of resistance to *Puccinia graminis avenae* in *Avena sativa* by mutagen treatment. In: Induced Mutations for Disease Resistance in Crop Plant II. (Proc. Res. Co-ord. Meet. Denmark, 1981). Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983. p. 105-10.
- MATHER, K. & JINKS, J.L. Introdução a genética biométrica. Tradução F. A.M. Duarte (coord.). Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética. 1984. 242 p.
- MATHER, K. & JINKS, J.L. Biometrical genetics-The study of continuous variation. 3ª edição, London, Chapman and Hall, 1982. 396 p.
- MATZINGER, D.F. Experimental estimates of genetic parameters and their applications in self-fertilizing plants. In: HANSON, W.D. & ROBINSON, H.F., ed. Statistical Genetics and Plant Breeding. Washington, National Academy of Science - National Research Council, 1963. Publication 982, p. 253-79.

- MELLADO Z., M.A.; TRUJILLO, F.R. & IGNÁCIO MÉNDEZ, R. Efecto de diferentes dosis de rayos gamma (Co-60) sobre cuatro caracteres cuantitativos, en trigo (*Triticum aestivum*). Agrociencia, Mexico, 8: 41-65, 1972.
- MICKE, A. Utilization of induced mutants as hybrids. Genética Agrária, Roma, 23: 262-68, 1969.
- MICKE, A.; MALUSZYNSKI, M.; DONINI, B. Plant cultivars derived from mutation induction or the use of induced mutants in cross breeding. Mutation Breeding Review, Vienna, (3) 92 p, 1985.
- MIRANDA, P. Melhoramento do caupi pela Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária - IPA. In: Curso de Treinamento para Pesquisadores de Caupi, 1., Goiânia, GO, 1979. Assuntos abordados no I Curso de Treinamento para Pesquisadores de Caupi. Goiânia, EMBRAPA, CNPAF, 1979, 24 p.
- MIRANDA, P.; CORREIRA, E. de B.; CALDAS, G.B.; REIS, O.V. dos; FARIAS, I.; PEREIRA, J.T. Capacidade produtiva das cultivares de caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; I - Produção de grãos secos e vagem verde. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, Recife, 3(1): 51-9, 1979a.
- MIRANDA, P.; CORREIA, E. de B.; BRITO, P.R.F. Capacidade produtiva das cultivares de caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp.; II - Produção de grãos e estabilidade das cultivares da coleção. Pesquisa Agropecuária Pernambucana, Recife, 3(1): 61-70. 1979b.
- MORSI, L.R.; ABO-ELENEIN, R.A., MAHMOUD, I.M. Studies on the induction of new genetic variability for quantitative traits by gamma-rays and N-nitroso-N-Methyl-urethane in barley. Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Egito, 6(2): 244-58, 1977.

- NARSINGHANI, V.G. & KUMAR, S. Mutation studies in cowpea. Indian Journal of Agricultural Science, India, 46(2): 61-4, 1976.
- NOGUEIRA, O.L. "Manaus" - nova cultivar de feijão caupi para o Amazonas. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1981. 3 p. (EMBRAPA-UEPAE de Manaus. Comunicado Técnico, 26).
- NOGUEIRA, O.L. & MARTINS, C. da S. "IPEAN V-69" - Cultivar de feijão caupi recomendada para o Estado do Amazonas. Manaus, EMBRAPA-UEPAE de Manaus, 1980. 3 p. (EMBRAPA - UEPAE de Manaus, Comunicado Técnico, 13)
- OH, J.H. Induced mutation for soybean mosaic virus disease resistance in soybean. In: Induced Mutations for Improvement of grain Legume Production III. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983. IAEA-TECDOC-299, p. 133-48.
- OJOMO, O.A. & CHHEDA, H.R. The variation for some characters in cowpeas, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. following ionizing radiation. Radiation Botany, Oxford, 12: 373-80, 1972.
- OJOMO, O.A. & RAJI, J.A. Some effects of ionizing radiation on M₁ population of Cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). Tropical Grain Legume Bulletin, Ibadan, (13/14): 11-3, 1978.
- OKA, H.I., HAYASHI, J.; SHIOJIRI, I. Induced mutation of polygenes for quantitative caracteres in rice. The Journal of Heredity, Washington, 49: 11-4, 1958.
- ONIM, J.F.M. Mutation breeding for disease resistance in food bean and cowpea in Kenya. In: Induced Mutations for Improvement of Grain Legume Production III. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983, IAEA-TECDOC-299, p. 105-18.

- PATEL, O.P. Correlations studies in cowpea (*Vigna sinensis* L.). JNKVV Reserach Journal, India, 7(1): 60-1, 1973.
- PATEL, P.N.; MLIGO, J.K.; LEYNA, H.K.; KUWITE, C. & MmBAGA, E.T. Source of resistance and breeding of cowpeas for resistance to a strain of cowpea aphid-borne mosaic virus from Tanzania. Indian Journal of Genetics, India, 42: 221-29, 1982.
- PAYNE, R.C. & FAIRBROTHERS, D.E. Disco electrophoretic evidence for heterozigosity and phenotypic plasticity in selected lines of *Coffea arabica* L. Botanical Gazette, Chicago, 137(1): 1-6, 1976.
- PERKINS, J.M.; EGLINGTON, E.; JINKS, J.L. The nature of the inheritance of permanently induced changes in *Nicotiana rustica*. Heredity, London, 27: 441-57, 1971.
- PONTE, N.T. Feijão caupi. Relatório das atividades técnicas desenvolvidas pelo IPEAN no ano agrícola 1968/1969 e apresentado na Reunião Anual da Comissão Nacional do Feijão. INSTITUTO DE PESQUISA E EXPERIMENTAÇÃO AGROPECUÁRIAS DO NORTE. mimeografado. 1969.
- POVILAITIS, B. Mutagenic effects of diethyl sulphate on certain morphological characters of *Nicotiana tabacum*. Canadian Jorunal of Genetics and Cytology, Quebec, 11: 660-67, 1979.
- RAMULU, K.S. Induced poligenic variability in *Sorghum*. Genetica Agrária, Roma, 28: 278-91, 1974.
- RAO, G.M. & SIDDIQ, E.A. Studies on induced variability of amylose content with reference to yield componentes and protein characteristics in rice. Environmetal and Experimental Botany, Oxford, 16: 117-88, 1976.
- RAO, S.A. & REDY, B.M. Crumpled petal mutants in black gram and cowpea. The Indian Journal of Genetics & Plant Breeding, New Delhi, 35(3): 391-94, 1975.

- RAVI, B.S. A breeding approach for improvement of pigeon pea plant type and yield. In: Induced mutations for improvement of grain legume production III. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983. IAEA-TECDOC-299, p. 87-104.
- RAWLINGS, J.O.; HANWAY, D.G.; GARDNER, C.O. Variation in quantitative characters of soybeans after seed irradiation. Agronomy Journal, Madison, 50: 524-28, 1958.
- RIOS, G.P.; WATT, E.E.; ARAÚJO, J.P.P. de; NEVES, B.P. das. Cultivar CNC 0434 - Imune ao Mosaico Severo do Caupi. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 1., Goiânia, GO. 1982. Resumos, Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 113-15. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 4).
- RÖBBELEN, G.; ABDEL-HAFEZ, A.G.; REINHOLD, D.M.; KWON, H.J.; NEUHAUS-STEINMETZ, J.P.; HEUN, M. Studies on induced partially resistant mutants of barley against powdery mildew. In: Induced Mutations for Disease Resistance in Crop Plants. II (Proc. Res. Co-ord. Meet. Denmark, 1981). Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983. p. 125-38.
- RUBAIHAYO, P.R. Utilization of γ -rays for soybean improvement. Egyptian Journal of Genetics and Cytology, Egito, 5(1): 136-40, 1976.
- SÃ, M.E.L. de. Análise mutacional do feijão-de-corda (*Vigna unguiculata*) e do amendoim (*Arachis hypogaea*) para algumas características agrônômicas. Fortaleza, 1984. 77 p. (Mestrado - Universidade Federal do Ceará).
- SAWNEY, R.N. & SHARMA, J.R. Induced variability for polygenic traits in wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Plant Breeding, Berlin, 83(1): 57-63, 1979.

- SCOSSIROLI, R.E. Value of induced mutations for quantitative characters in plant breeding. In: The use of induced mutations in plant breeding. Radiation Botany, Oxford, Suppl., 5: 443-50, 1965.
- SCOSSIROLI, R.E. Mutations in characters with continuous variation. In: Manual on Mutation Breeding. 2.nd. ed. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1977. Technical Reports Series, 119, p. 118-23.
- SCOSSIROLI, R.E.; PALENZONA, D.L.; SCOSSIROLI-PELLEGRINI, S.. Studies on the induced of new genetic variability for quantitative traits by seed irradiation and its use for wheat improvement. In: Mutations in Plant Breeding, Vienna, International Atomic Energy Agency/Food Agriculture Organization, 1966, p. 197-229.
- SÈNE, D. & N'DIAYE, S.M. L'Amelioration du niébè (*Vigna unguiculata*) au CNRA de Bambay de 1959 a 1969. Agronomia Tropical, Paris, 26 (1): 1031-65, 1971.
- SHARMA, S.K. & SHARMA, B. Pattern of induced macro- and micro-mutations with gamma-rays and NMU in lentil. Environmental and Experimental Botany, Oxford, 24(4): 343-51, 1984.
- SIGURBJORNSSON, B. Introduction, mutations in plant-breeding programmes. In: Manual on mutation breeding. 2.nd. ed. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1977. Technical Reports Series, 119, p. 1-6.
- SINGH, K.B. & MEHNDIRATTA, P.D. Genetic variability and correlation studies in cowpea. Indian Journal of Genetics and Plant Breeding. New Delhi, 30(2): 471-5, 1970.
- SINGH, S.R. & ALLEN, D.J. Parasitos y enfermedades del caupi. Ibadan, International Institute of Tropical Agriculture. 112 p., 1979.
- SINGH, R.B. & SHARMA, G.R. Induced poligenic variation in relation to gene action for yield and yield components in spring wheat. Canadian Journal of Genetics and Cytology, Quebec, 18(2): 217-23, 1976.

- SINGH, P.D. & PANDYA, B.P. Studies on radiosensitivity in mungbean (*Vigna radiata* L. Wilczek). Tropical Grain Legume Bulletin, Nigéria, (9): 25-7, 1977.
- SMITH, J.D. & KINMAN, M.L. The use of parent-offspring regression as an estimator of heritability. Crop Science, Madison, 5: 595-96, 1965.
- SMUTKUPT, S.; WONGPIYASATID, A.; LAMSEJAN, S. Selection and evaluation of soybean lines derived from gamma irradiation for rust resistance. In: Induced Mutations for Improvement of Grain Legume Production III. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1983. IAEA-TECDOC-299, p. 171-78.
- SOARES, U.M. & GOMES, E.R. EMAPA 821 e EMAPA 822, novas cultivares de feijão caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) indicadas para o Estado do Maranhão. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 1., Goiânia, GO, 1982. Resumos, Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p. 142-45. EMBRAPA, CNPAF. Documentos, 4).
- STEEL, R.G.D. & TORRIE, J.H. Principles and Procedures of Statistics. New York. McGraw-Hill Book Company, 1960. 481 p.
- STEELE, W.M. Cowpeas *Vigna unguiculata* (Leguminosae-Papilionatae). In: SIMONDS, N.W. (ed.). Evolution of crop Plants, London, Longman, 1979. cap. 52, p. 183-85, 1961.
- STEPHENS, S.G. Résumé of the symposium. In: Mutation and Plant Breeding, Washington, National Academy of Sciences. National Research Council. Publicação 891: 495-509.
- TANAKA, S. Induction of mutations in protein content of rice. In: Gamma Field Symposia nº 13. Improvement of Plant Protein by mutation. Japan. 61-8, 1974.

- TULMANN NETO, A.; ANDO, A.; COSTA, A.S. Attempts to induce mutants resistant or tolerant to golden mosaic virus in dry beans (*Phaseolus vulgaris*). In: Induced Mutations Against Plant Diseases. Vienna, International Atomic Energy Agency, p.281-90, 1977.
- TULMANN NETO, A.; MENTEM, L.O.M.; ANDO, A.; ALBERINI, J.L.; BIANCHINI, A.; COSTA, A.S.; SANTOS, P.C. Induced mutations for disease resistance in beans *Phaseolus vulgaris* L. In: Induced Mutations for Crop Improvement in Latin America. Vienna, International Atomic Energy Agency, 1984. p.211-23.
- UKAI, Y. Studies on varietal differences in radiosensitivity in rice. IV. Diallel analysis of radiosensitivity with respect to reduction in root length. The Japanese Journal of Genetics, Japan, 45(1): 1-9, 1970.
- UKAI, Y. & YAMASHITA, A. Theoretical considerations on the problems of screening of mutants. I. Methods for selection of a mutant in the presence of chimera in M_1 -spikes. Bulletin of Institute of Radiation Breeding. Japan, (3): 1-44, 1974.
- VERDECOURT, B. Studies in the *Leguminosae Papilionoidae* for flora of Tropical East Africa: IV. Kew Bulletin, London, 24: 507-69, 1970.
- VIRK, D.S.; JINKS, J.L.; POONI, H.S. The assessment of induced continuous variation in pure-breeding lines following selfing. Heredity, London, 40(2): 255-68, 1978.
- VIRK, D.S. & GUPTA, V.P. Genetical assessment of induced quantitative variation following hierarchical selfing. Environmental and Experimental Botany, Oxford, 20: 445-54, 1980.

- WALKER Jr., C.A. & CHAMBLISS, O.L. Inheritance of resistance to blackeye cowpea mosaic virus in *Vigna unguiculata* (L.) Walp. Journal of The American Society for Horticultural Science, Virginia, 106(4): 410-12, 1981.
- YAMAGUCHI, I. & YAMASHITA, A. Induced mutation on two-rowed barley resistant to powdery mildew, *Erysiphe graminis* f. sp. hordei. In. Comparasion of effects of gamma-rays and ethylene imine in induction of resistant mutation. Japanese Journal of Breeding, Japan, 29(3): 217-27, 1979.
- YARNELL, S.H. Cytogenetics of the vegetable crops. IV Legumes (continued). The Botanical Review. Bronx, 31(3): 247-330, 1965.
- YONEZAWA, K. Method and efficiency of mutation breeding for quantitative characteres. In: Gamma Field Symposia n° 14 - Efficiency of breeding method for screening of mutants. Japan , p. 39-57, 1975.
- YONEZAWA, K.; YASUMURO, Y.; SYAKUDO, K. The efficiency of mutation method in breeding of self-pollinated crops. Japanese Journal of Breeding, Japan, 19(3): 159-170, 1969.
- YONEZAWA, K.; ICHII, M.; YAMAGATA, H. Theoretical bases for determining the number of X_2 -plants required for improvement of quantitative characters of self-pollinating crops. Japanese Journal of Breeding, Japan, 20(6): 351-58, 1970.
- YOSHIDA, Y. Theoretical studies on the methodological procedures of radiation breeding. I. New methods in autogamous plants following seed irradiation. Euphytica, Holanda, 11: 95-111, 1962.

ZOGORCHEVA, L. & PORIAZOV, I. Induction of mutation in green beans by gamma rays. Annual Report of the Bean Improvement Cooperative, New York, 26: 89-90, 1983.

A P P E N D I C E

APÊNDICE 1. Nomenclatura dos símbolos apresentados na Tabela 4.

1. σ_e^2 - erro experimental
 r - repetições
 σ_g^2 - componente devido a diferenças genéticas
 $"F"$ - mede a significância do incremento da variância genética atribuída ao tratamento mutagênico

2. σ_b^2 - erro associadao a plantas dentro de progênies
 σ_1^2 - componente genético devido a diferenças genéticas entre plantas dentro de progênies
 σ_a^2 - erro associado a progênies
 σ_f^2 - componente genético devido a diferenças genéticas entre as progênies

3. σ_e^2 - erro experimental
 r - número de repetições
 p - número de tratamentos
 q - número de variedades
 σ_a^2 - componente genético devido a diferenças entre variedades
 σ_b^2 - componente devido a diferenças entre os tratamentos mutagênicos
 σ_{ab}^2 - componente devido a interação variedades x tratamentos

4. σ_{GSS}^2 - variância genética estimada ao nível de subsubprogênies
 σ_{ESS}^2 - variância ambiental estimada ao nível de subsubprogênies
 σ_{PSS}^2 - variância fenotípica estimada ao nível de subsubprogênies

5. σ_T^2 - variância fenotípica total
 σ_{SL}^2 - variância devido as diferenças entre subprogênies
 σ_L^2 - variância devido as diferenças entre progênies

σ_{SWL}^2 - variância devido as diferenças de subprogênes dentro de progê-
nies

6. SP - soma de produto

SS - soma de quadrado

APÊNDICE 2. Resultados da análise química do solo da área onde foram instalados os experimentos. Fazenda Capivara, Goianira, GO. 1985 (Laboratório de Análise de Solo da EMBRAPA/CNPAP).

Especificação	Geração	Resultado	Interpretação ¹
pH em H ₂ O (1:2,5) (Acidez)	M ₂	5,2	baixa
	M ₃	5,6	muito baixa
Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺ (mE/100 ml)	M ₂	1,1	baixo
	M ₃	3,0	médio
Al ⁺⁺ (mE/100 ml)	M ₂	0,1	baixo
	M ₃	0,5	médio
P (ppm)	M ₂	2,4	baixo
	M ₃	6,6	bom
K ⁺ (ppm)	M ₂	80,0	ótimo
	M ₃	102,0	ótimo
M.O. (%)	M ₂	1,5	-
	M ₃	-	-
Argila (%)	M ₂	49,44	-
	M ₃	-	-
Silte (%)	M ₂	13,28	-
	M ₃	-	-
Areia (%)	M ₂	35,28	-
	M ₃	-	-
Classificação textural	M ₂	Argiloso	-
	M ₃	-	-

¹ Interpretação de acordo com os padrões adotados pelo Laboratório de Análise de Solos da EMBRAPA/CNPAP.

APÉNDICE 3

- Sumário dos dados agrometeorológicos para os meses de execução dos experimentos M_2 : julho a dezembro/85; M_3 : fevereiro a junho/86.

Mês/Ano	Temperatura do ar °C					Precipitação (mm)	Nº de dias de precipitação
	Max.	Mín.	Med.	Extremos			
				Max.	Mín.		
Jul./85	27,4	13,3	19,6	30,4	10,1	0,0	-
Ago./85	30,8	16,1	22,8	34,6	10,0	4,4	2
Set./85	31,6	18,4	24,2	34,6	17,0	97,5	2
Out./85	29,1	18,0	23,0	33,0	16,1	167,4	12
Nov./85	28,4	18,4	23,1	34,8	16,3	169,6	16
Dez./85	28,8	18,7	23,0	33,0	16,0	274,0	18
Fev./86	29,0	18,1	22,6	33,4	16,4	185,9	16
Mar./86	28,6	18,1	22,7	31,2	17,1	173,9	17
Abr./86	29,3	18,1	22,9	31,6	16,0	113,6	7
Mai./86	28,5	17,0	22,1	30,2	12,6	50,6	5
Jun./86	27,3	13,1	19,7	30,2	9,6	0,0	-

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Faz. Capivara

Mês: Julho

Ano: 1985

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECI. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIAÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	27.2	13.4	20.6	0.0	4.7		6.2	N	6.01	8.3	465.1	51
2	29.0	11.6	19.8	0.0	5.0		8.6	E	5.51	5.8	524.6	60
3	29.2	13.3	21.4	0.0	4.8		9.7	E	6.48	6.0	449	54
4	30.0	15.7	22.2	0.0	6.6		8.4	SE	8.82	9.5	476.0	52
5	26.4	18.0	21.0	0.0	2.7		0.1	E	6.62	4.9	314.3	64
6	21.6	15.6	18.3	0.0	2.0		5.0	SW	6.70	3.0	206.3	81*
7	22.2	12.6	17.2	0.0	2.8		7.3	SE	5.87	2.4	344.6	76
8	28.8	11.4	19.9	0.0	4.1		4.2	SE	5.15	4.6	453.1	63
9	29.6	14.8	21.9	0.0	3.6		8.1	SE	5.40	6.7	449.1	57
10	29.8	15.3	21.7	0.0	6.7		8.7	S	6.26	8.0	492.6	49
10 Período	27.4	14.2	20.4	0.0	43.0	(D) 43.0	66.3	SE	6.28	6.1	424.1	61
11	26.8	13.9	19.2	0.0	4.9		9.7	S	7.13	7.0	526.9	67
12	28.2	12.4	19.7	0.0	7.8		8.7	E	15.55	6.5	526.3	69
13	25.2	15.2	18.6	0.0	6.8		10.1	E	11.88	7.5	549.1	58
14	27.1	12.9	18.8	0.0	6.3		10.3	SE	8.82	6.9	554.9	53
15	26.2	12.1	15.1	0.0	6.7		10.5	E	6.57	7.3	561.1	57
16	26.8	11.4	18.5	0.0	6.4		10.6*	E	10.30	7.0	573.7	56
17	26.0	12.2	18.2	0.0	7.4		10.5	E	9.61	7.5	576.6	55
18	25.0	10.1*	17.4	0.0	6.6		8.7	E	13.13	7.0	544.6	58
19	25.8	11.8	17.4	0.0	6.4		10.5	E	12.20	5.0	570.3	56
20	25.4	10.8	17.7	0.0	6.7		10.3	E	12.13	7.8	584.0	49
20 Período	26.2	12.3	18.5	0.0	66.0	(D) 66.0	99.9	E	10.94	7.0	556.8	58
21	26.2	11.2	18.4	0.0	6.9		9.7	E	9.86	7.3	577.7	50
22	27.8	12.0	20.0	0.0	6.8		10.4	E	8.86	7.5	569.7	46
23	28.2	14.2	20.8	0.0	5.5		9.5	SE	7.34	8.3	524.0	50
24	26.9	13.4	19.7	0.0	9.9*		10.1	E	13.28	10.0*	565.7	41
25*	25.4	14.2	18.5	0.0	8.5		10.1	E	16.09	9.8	581.7	44
26	24.9	13.0	17.8	0.0	7.3		10.4	E	11.70	8.8	593.1	49
27	25.7	10.6	17.4	0.0	6.1		10.3	E	10.87	8.6	594.9*	53
28	27.2	12.8	19.1	0.0	7.5		10.2	E	8.32	9.1	580.0	49
29	29.0	14.1	22.0	0.0	6.0		9.2	E	8.46	9.0	550.9	49
30	29.8	16.0	23.0	0.0	8.4		9.4	E	10.51	9.1	536.0	46
31	30.4*	17.3	22.9	0.0	8.9		9.3	E	15.44	8.9	530.3	44
30 Período	27.4	13.5	20.0	0.0	81.8	(D) 81.8	108.6	E	10.98	9.6	564.0	47
SOMA				0.0	190.8	(D) 190.8	1274.8	E				
MEDIA	27.0	12.3	19.6						9.40	7.6	511.6	55
EXTREMO	30.4*	10.1*			9.9*		10.6*		16.09	10.0*	594.9*	81*

* Data do plantio do experimento (Geração M₂).

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Faz. Capivara

Mês: Agosto

Ano: 1985

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECIP. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIAÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	30.0	19.0	22.9	0.0	9.0		9.1	E	12.49	9.3	564.0	52
2	28.2	16.9	20.4	0.0	8.5		10.3	E	11.81	9.1	603.4	46
3	27.4	12.6	19.4	0.0	9.3		10.4	E	13.72	8.3	604.0	43
4	28.0	15.0	21.3	0.0	9.4		9.6	E	14.08	9.6	564.0	55
5	28.4	17.0	21.1	0.0	8.5		10.4	E	10.08	9.0	613.7	43
6	29.6	12.7	21.2	0.0	7.2		10.4	E	8.57	8.9	604.0	44
7	29.6	14.6	21.8	0.0	6.7		8.1	E	7.74	8.6	524.0	45
8	29.6	15.4	22.0	0.0	8.9		8.1	SE	8.64	10.3	591.4	38
9	29.7	13.4	21.7	0.0	8.9		9.2	E	10.66	8.9	548.0	45
10	31.4	16.3	22.8	0.0	7.2		9.4	E	7.02	9.4	565.7	47
10 Período	29.2	15.3	21.5	0.0	83.6	(D) 83.6	95.0	E	10.48	9.1	578.2	46
11	30.2	15.2	20.7	0.0	5.6		3.1	W	9.18	7.4	520.6	58*
12	26.6	10.0	17.4	0.0	6.1		9.6	SE	7.99	8.1	604.0	51
13	28.0	10.0*	18.7	0.0	5.9		10.4	SE	6.08	9.7	639.4*	48
14	32.4	11.0	21.4	0.0	7.6		10.2	SE	6.84	12.4	624.6	31
15	31.0	15.1	22.1	0.0	9.5		10.0	E	11.27	11.1	602.9	37
16	29.7	15.8	21.6	0.0	6.9		10.3	E	8.64	9.2	620.0	39
17	30.5	13.6	22.8	0.0	9.2		10.7*	E	8.71	10.5	636.6	37
18	31.7	17.4	23.8	0.0	10.9		9.9	E	12.89	12.8	625.1	38
19	32.0	19.6	24.4	0.0	9.5		10.4	E	11.16	13.2	620.0	38
20	32.6	19.6	25.6	0.0	6.3		9.4	E	6.37	9.5	571.4	40
20 Período	30.6	14.7	22.0	0.0	77.5	(D) 77.5	94.0	E	8.91	10.4	606.5	42
21	33.1	18.2	25.5	0.0	9.4		7.3	S	6.01	12.1	501.7	38
22	32.0	19.0	24.3	0.0	8.4		5.2	S	8.21	11.2	504.6	46
23	29.2	15.6	21.7	0.0	7.2		7.6	S	7.96	11.5	552.0	47
24	31.9	14.4	23.3	0.0	7.9		8.0	S	6.34	10.4	564.6	39
25	32.8	18.2	25.0	0.0	7.4		5.0	N	7.49	10.9	524.6	50
26	32.0	20.8	24.7	1.1	4.0		2.5	N	6.77	8.9	283.4	56
27	33.4	19.5	25.6	0.0	6.6		7.7	W	6.34	9.2	538.9	53
28	34.6	19.3	26.2	3.3	6.2		4.9	S	6.34	9.4	525.1	50
29	34.6*	19.8	25.8	0.0	12.6*		7.7	E	12.28	12.2	555.4	43
30	33.6	19.4	25.9	0.0	8.5		6.1	N	7.67	13.8*	580.6	36
31	32.6	19.3	25.0	0.0	6.4		0.4	N	7.24	9.9	427.6	49
30 Período	32.7	18.4	24.8	4.4	84.6	(D) 80.2	62.4	N	7.51	10.9	505.0	46
SOMA				4.4	245.7	(D) 241.3	251.4					
MEDIA	30.8	16.1	22.8					E	8.97	10.1	563.2	45
EXTREMO	34.6*	10.0*		3.3	12.6*		10.7*		14.08*	13.8*	639.4*	53*

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Faz. Capivara				Mês: setembro				Ano: 1985				
	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECIP. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P. + E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIACAO SOLAR Cal/cm ²	IND. REL.
	MAX.	MIN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	31.9	18.8	24.5	9.0	11.1		4.8	SE	9.00	9.6	432.6	53
2	32.2	17.5	24.2	0.0	6.3		6.2	SE	12.56	7.5	504.0	57
3	32.8	18.6	24.5	0.0	10.6		9.5	E	16.38	11.6	614.3	45
4	33.0	19.0	24.6	0.0	10.9		9.3	E	10.01	12.0	613.7	45
5	33.8	19.0	25.8	0.0	8.4		9.1	SE	7.20	10.0	622.3	37
6	33.1	17.0*	24.5	0.0	11.6		7.7	SE	10.33	11.9	563.4	38
7	31.2	17.2	22.9	0.0	8.1		6.6	E	11.30	9.8	525.1	51
8	32.4	18.5	24.0	0.0	8.9		8.8	E	13.68	9.6	634.3	43
9	30.6	19.0	23.3	0.0	9.4		6.0	E	10.15	11.8	719.4	47
10	30.4	17.2	23.2	0.0	11.4		10.5	E	13.68	10.0	881.7*	38
19 Período	32.1	18.2	24.2	9.0	96.7	(D) 87.7	78.5	E	11.43	10.4	547.7	45
11	31.2	17.6	23.3	0.0	8.9		10.1	E	14.90	11.0	661.7	45
12	31.6	19.6	24.7	0.0	7.7		7.4	E	7.31	11.7	561.1	42
13	32.8	19.4	25.3	0.0	7.2		5.4	SE	7.42	11.1	483.4	42
14	33.6	19.2	26.2	0.0	11.5		9.7	E	9.00	13.4	651.4	41
15	34.4	18.8	24.3	0.0	10.8		6.1	E	9.83	11.3	596.0	57
16	32.7	20.0	25.5	0.0	7.3		7.6	E	6.77	14.3	561.1	53
17	34.0	17.6	25.4	0.0	9.4		8.4	SE	7.52	11.0	593.1	51
18	34.5	18.6	25.9	0.0	9.8		9.8	E	8.42	13.3	665.7	46
19*	34.2	18.6	26.3	0.0	11.8*		7.8	E	8.75	13.0	622.9	40
20	34.6*	19.5	26.0	0.0	8.9		3.6	NW	7.67	15.0	558.3	49
29 Período	33.4	18.9	25.3	0.0	93.3	(D) 93.3	75.9	E	8.76	12.5	595.5	47
21	29.4	19.6	23.9	0.0	3.6		0.0	NW	5.11	11.6	260.6	79
22	34.0	18.5	25.9	0.0	8.2		5.4	SE	6.62	9.6	556.0	66
23	30.0	19.8	25.7	41.8	4.8		2.2	N	12.10	13.2	465.7	67
24	30.6	18.3	23.6	0.2	2.4		0.0	N	5.44	6.4	508.6	79
25	27.0	17.4	20.6	2.0	5.0		0.0	N	7.92		550.9	80
26	30.2	17.6	22.2	1.8	6.1		7.2	E	7.49		607.4	72
27	30.0	18.6	22.4	0.0	5.5		6.3	N	8.14		542.9	66
28	29.4	18.8	23.8	42.7*	8.0		4.6	NW	9.50		509.7	81
29	25.4	16.2	20.2	0.0	3.6		3.1	S	5.62		419.4	84
30	27.4	17.4	21.9	0.0	5.6		7.1	W	6.08		553.1	66
39 Período	29.4	18.2	23.0	88.5	53.8	(E) 34.7	35.9	N	7.40		497.8	74
SOMA				97.5	243.8	(D) 146.3	190.3					
MÉDIA	31.6	18.4	24.2						9.20		547.0	55
EXTREMO	34.6*	17.0*		42.7*	11.8*			E	16.38*		881.7*	

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Faz. Capivara

Mês: Outubro

Ano: 1985

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECI. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIACAO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MAX.	MIN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	30.3	16.1	23.0	0.0	9.9*		10.1	W	8.10		698.9	55
2	30.4	19.0	23.7	0.0	5.6		8.3	E	10.01		607.4	63
3	30.8	19.1	23.9	0.0	5.8		7.1	W	7.13		563.4	65
4	30.6	17.0	24.6	0.0	6.4		6.8	NE	6.08		557.1	58
5	30.2	20.8	24.0	22.5	6.7		4.7	NE	8.24		475.0	69
6	28.3	17.5	22.5	0.0	4.6		5.6	NE	6.73		466.9	78
7	31.2	18.4	24.0	77.0*	4.0		4.3	NW	11.52		570.9	70
8	26.8	17.0	21.8	0.0	3.7		2.1	N	7.20		441.1	75
9	29.0	17.3	24.0	1.8	2.7		6.9	SE	7.92		529.7	71
10	24.2	18.2	21.0	0.0	4.5		0.1	SE	8.28		309.1	81
10 Período	29.2	18.0	23.3	101.3	53.9	(E) 47.4	56.0	NE	8.12		522.1	69
11	28.8	18.6	21.9	5.0	4.1		2.0	E	8.32		371.4	82
12	24.0	17.8	21.3	0.0	3.1		0.0	E	6.77		186.3	78
13	33.0*	16.6	24.8	0.0	8.7		11.3*	NW	7.49		781.7*	66
14	31.2	17.7	24.0	0.0	8.4		10.4	E	8.86		745.3	61
15	30.5	17.6	22.8	0.0	5.1		7.8	W	9.23		591.4	65
16	29.8	16.7	22.8	8.2	6.7		9.0	N	7.38		683.4	66
17	29.2	17.0	21.8	2.0	6.5		8.6	SE	8.10		633.1	78
18	31.8	18.4	24.0	0.0	7.5		0.3	E	9.00		617.1	62
19	31.8	17.2	25.0	0.0	8.7		8.1	E	8.89		600.0	50
20	29.2	16.4	22.6	0.0	6.1		11.0	NW	10.51		246.3	75
20 Período	29.9	17.4	23.1	15.2	64.9	(D) 49.7	68.5	E	8.46		545.7	68
21	27.8	17.8	22.5	0.0	4.7		5.8	W	10.37		223.4	74
22	29.0	18.8	23.5	0.0	5.7		5.0	NW	8.60		272.6	75
23	30.2	20.1	24.7	0.0	4.5		8.0	NW	7.02		525.7	72
24	32.0	19.4	25.4	5.8	9.8		5.0	NW	9.40		612.6	61
25	25.0	17.2	20.0	1.5	0.6		0.0	NW	6.26		126.3	92*
26	28.0	18.2	21.8	1.8	5.4		4.8	SE	6.34		450.3	84
27	29.4	18.4	22.2	7.1	5.5		3.3	NE	6.41		488.6	86
28	28.8	18.4	22.5	0.1	4.6		11.0	NE	7.52		382.3	77
29	27.1	19.6	22.8	0.8	5.6		6.0	NE	6.98		452.0	88
30	28.6	18.8	23.1	33.8	7.4		4.7	NE	7.92		464.0	76
31	24.0	17.7	21.1	0.0	7.0		0.2	N	8.68		361.1	85
30 Período	28.2	18.6	22.7	50.9	60.8	(D) 9.9	53.8	NW/NE	7.77		396.3	79
SOMA				167.4	179.6	(D) 12.2	178.3					
MEDIA	29.1	18.0	23.0					NE	8.12		488.0	72
EXTREMO	33.0*	16.1*		77.0*	9.9*		11.3*		11.52*		781.7*	92*

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Fazenda Capivara

Mês: Novembro

Ano: 1985

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECI. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CÍMOS DE HORA	VENTO - km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	29,6	19,6	23,9	0,0	7,3		5,8	NW	7,13	4,2	655,4	82
2	29,5	20,2	23,3	0,6	5,9		4,9	N	8,53	3,6	534,9	83
3	29,8	20,4	23,2	0,0	7,5		3,8	N	11,52	4,2	604,6	83
4	29,0	20,2	24,0	53,8*	3,0		5,3	NW	7,67	1,7	476,0	86
5	25,8	18,5	20,8	1,0	3,8		1,9	SE	7,13	1,7	199,4	88
6	30,6	19,1	24,0	9,1	6,7		10,3	SE	7,27	4,0	561,7	72
7	24,8	18,3	21,4	1,4	2,7		1,4	E	7,24	1,5	362,9	88
8	25,4	19,2	20,6	35,2	6,0		1,0	E	8,53	0,9	366,9	95*
9	25,4	16,6	20,6	15,4	5,3		2,1	E	12,64	2,0	336,6	88
10	24,2	17,8	20,7	0,0	7,1		2,3	E	9,72	4,2	394,8	79
10 Período	27,4	19,0	22,3	116,5	55,3	(E) 61,2	38,8	E	8,74	2,8	449,3	84
11	25,4	18,4	21,2	0,0	4,0		1,7	E	9,32	4,7	375,4	81
12	28,8	18,0	22,7	0,0	10,4		8,8	E	11,84	9,9	845,1	55
13	29,6	16,3*	22,5	0,0	9,0		12,2	E	12,74	8,9	728,0	67
14 *	30,2	17,6	23,8	0,0	8,9		11,6	E	9,22	8,3	855,4*	57
15 *	30,8	17,9	23,6	0,0	8,5		10,3	SE	8,32	8,6	816,6	49
16 *	32,6	16,4	24,9	0,0	8,3		12,4*	SE	6,30	9,8	677,1	38
17	33,6	17,6	26,3	0,0	9,0		12,2	SE	6,23	10,2*	615,4	41
18	34,8*	20,2	27,5	5,1	10,9*		11,3	NW	8,75	8,4	783,4	43
19	31,2	19,2	24,7	0,0	7,3		7,6	E	8,21	6,4	682,9	65
20 **	29,6	20,4	24,6	0,5	5,5		7,8	NW	7,13	5,7	592,0	62
20 Período	30,7	18,2	24,2	5,6	81,8	(D) 76,2	95,9	E	8,81	8,1	697,1	56
21 **	28,4	19,2	23,2	1,4	2,6		6,3	NW	7,85	3,3	181,1	76
22 **	30,2	18,1	22,5	0,2	6,3		9,0	N	8,39	3,8	695,4	72
23	28,4	18,2	23,2	1,3	5,6		4,0	NW	7,88	3,6	220,0	74
24	26,0	19,8	22,2	11,6	3,8		2,3	N	6,91	1,6	183,4	87
25	24,9	19,2	22,1	14,9	3,7		7,8	NW	8,96	0,8	260,0	85
26	27,3	19,2	22,8	3,6	5,6		7,8	NW	6,88	2,1	634,9	85
27	28,0	19,1	23,3	0,1	4,8		4,3	NW	7,13	3,1	521,7	82
28	24,2	20,6	22,1	10,4	5,5		0,0	NW	9,11	0,7	12 8,6	94
29	25,4	20,1	22,6	4,0	3,0		1,9	NW	7,02	1,7	418,3	88
30	27,4	19,9	22,9	0,0	5,4		2,1	S	6,37	2,8	340,0	79
31												
30 Período	27,0	19,3	22,7	47,5	46,3	(E) 1,2	45,5	NW	7,65	2,4	358,3	82
SOMA				169,6	183,4	(D) 13,8	180,2					
MÉDIA	28,4	18,8	23,1						8,40	4,4	501,6	74
EXTREMO	34,8*	16,3*		53,8*	10,9*		12,4*	E	112,74*	10,2*	855,4*	95*

* Data da 1.^a colheita.** Data da 2.^a colheita.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Fazenda Capivara				Mês: Dezembro				Ano: 1985				
DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECIP. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MIN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	30.2	17.1	23.5	0.0	7.2		11.6			6.7	800.0	62
2	29.8	18.8	24.0	0.0	6.3		7.8			4.8	406.3	73
3	27.4	20.4	21.9	28.6	8.8		2.0			1.3	320.0	84
4	28.4	18.0	22.6	0.0	6.4		7.6			3.3	640.0	78
5	29.4	16.0*	22.8	0.0	8.1		12.0			5.7	722.9	58
6	30.2	16.4	23.7	0.0	7.1		12.2*			6.6	332.0	58
7	31.2	16.4	24.9	0.0	8.3		11.7			7.7*	662.9	49
8	33.0*	18.2	24.6	2.2	10.4*		10.4			6.2	434.3	73
9	32.6	19.1	24.4	2.3	7.9		0.0			6.6	761.7	69
10	31.2	18.8	22.8	11.6	7.5		11.0			5.3	489.1	73
10 Período	30.3	17.9	23.5	44.7	78.0	(D) 33.3	86.3			5.4	556.9	68
11*	29.6	17.4	23.8	0.0	6.2		9.5			4.6	628.6	71
12*	31.0	18.6	24.8	0.0	7.9		11.7			6.9	469.1	67
13	29.4	19.6	23.8	0.0	6.5		6.6			4.8	365.7	82
14	29.4	21.6	23.3	0.0	6.2		4.3			4.8	469.1	80
15	30.0	19.2	24.1	0.0	8.4		9.8			7.0	721.1	71
16	28.8	20.1	23.6	3.0	4.9		2.4			2.6	440.0	81
17	29.8	19.8	23.0	18.2	5.0		3.2			3.2	454.3	80
18	28.8	18.4	23.3	0.0	6.4		4.7			3.7	537.1	79
19	28.6	19.9	23.5	23.2	8.1		7.6			2.3	614.9	84
20	29.0	18.4	23.8	5.6	5.4		5.1			3.8	623.4	73
20 Período	29.4	19.3	23.7	50.0	65.0	(D) 15.0	64.9			4.4	532.3	77
21	25.8	18.4	22.3	67.8*	2.9		1.6			2.9	417.7	83
22	25.5	17.4	20.5	1.2	5.5		4.0			2.7	452.6	90
23	27.0	19.3	21.8	58.5	7.3		10.0			1.3	476.6	93
24	24.8	19.2	21.3	14.8	3.3		0.7			0.3	262.3	94
25	25.0	19.4	21.4	6.2	4.2		0.6			2.3	428.6	91
26	25.9	20.0	22.1	7.8	3.3		8.6			2.0	361.1	95*
27	27.1	20.0	22.5	11.5	5.0		3.2			2.3	412.0	84
28	29.2	18.1	22.7	2.9	5.0		6.7			3.8	615.4	81
29	29.2	18.6	22.0	4.4	6.8		1.0			4.1	718.3	85
30	26.6	17.0	21.7	4.2	7.3		10.8			4.8	859.4*	73
31	26.0	19.2	21.8	0.0	3.7		3.8			2.8	546.	87
30 Período	26.6	18.8	21.8	179.3	54.3	(E) 125.0	51.0			2.7	504.6	87
SOMA				274.0	197.3	(E) 76.7	202.2					
MEDIA	28.8	18.7	23.0							4.2	531.3	77
EXTREMO	33.0*	16.0*		67.8*	10.4*		12.2*			7.7*	859.4*	95*

* Data da colheita da amostra de dez vagens das plantas remanescentes.

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO
BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Fazenda Capivar

Mês: Fevereiro

Ano: 1986

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECIP. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CÍMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR	VEL.			
1	28.6	18.0	23.1	0.0	5.1		11.4		3.50	5.3	590.9	71
2	28.6	18.2	22.7	9.7	6.5		4.0		3.47	2.6	549.7	81
3	27.3	17.8	22.1	0.0	4.6		5.9		2.13	2.4	484.0	85
4	27.8	18.8	21.4	11.6	4.5		2.7		2.77	1.3	388.0	91
5	25.8	17.8	20.7	26.3	2.9		1.1		2.53	0.7	337.1	96
6	24.4	18.0	20.2	40.6*	4.5		0.0		3.19	0.1	228.0	97*
7	31.2	18.0	22.8	0.0	4.9		1.9		3.11	1.3	452.6	79
8	26.5	17.2	22.5	1.8	2.1		2.4		2.95	1.8	360.0	87
9	28.8	18.9	24.0	0.0	4.7		5.2		2.64	2.6	544.0	80
10	33.4*	18.6	24.3	5.7	7.7		11.6		2.41	4.0	138.9	76
19 Período	28.2	18.1	22.4	95.7	47.5	(E) 48.2	46.2		2.87	2.2	407.3	84
11	31.8	19.4	23.8	13.9	7.4		10.5		2.15	3.6	609.1	75
12	32.6	17.6	23.0	0.0	4.2		4.1		3.73	1.7	440.0	87
13	27.6	18.9	21.9	2.6	3.1		1.1		2.32	1.3	355.4	91
14	27.1	18.0	21.7	3.9	3.3		6.2		2.36	2.3	480.0	89
15	28.4	19.4	22.1	19.1	4.0		6.0		3.37	2.1	400.0	88
16	24.7	19.2	21.5	11.9	4.3		2.3		2.20	1.7	241.1	90
17	25.0	18.6	21.6	17.3	3.5		1.3		3.27	0.4	275.4	96
18	23.8	19.2	20.9	6.4	3.2		0.2		5.09	1.3	336.6	92
19	25.0	18.4	21.1	0.5	3.0		2.2		6.18*	1.8	440.6	92
20	28.0	18.2	22.4	0.0	7.6		10.2		4.43	3.0	462.3	82
29 Período	27.4	18.7	22.0	75.6	43.6	(E) 32.0	44.1		3.51	1.9	404.1	88
21	30.0	18.0	22.8	0.0	5.5		4.9		2.43	3.6	545.1	79
22	32.6	16.7	23.0	0.0	6.3		11.9*		1.72	5.9	685.7*	68
23	31.8	18.2	22.8	0.0	8.9*		11.8		3.31	6.5	663.4	71
24	31.6	17.8	24.0	0.0	6.9		11.7		2.24	6.8*	597.1	58
25*	32.0	16.4*	23.7	0.0	8.5		10.7		2.89	2.6	648.0	65
26	31.2	18.6	23.4	3.0	7.6		10.6		2.86	5.1	545.1	67
27	31.0	16.8	23.9	0.0	5.3		9.3		2.12	4.9	589.1	64
28	29.8	17.7	22.4	11.6	5.8		6.5		2.51	4.7	549.1	82
29												
30												
31												
39 Período	31.3	17.5	23.3	14.6	54.8	(D) 40.2	77.4		2.51	5.0	602.8	69
SOMA				185.9	145.9	(E) 40.0	167.7					
MÉDIA	29.0	18.1	22.6						2.96	3.0	471.4	80
EXTREMO	33.4*	16.4*		40.6*	8.9*		11.9*		6.18*	6.8*	685.7*	97*

* Data do plantio dos experimentos (Geração M₃).

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO
BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Fazenda Capivara

Mês: março

Ano: 1986

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECIP. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		VAP. FICHE (mm)	RADIACÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	27,0	17,6	21,4	16,6	4,1		8,0		2,93	0,9	384,6	92
2	28,8	17,4	22,1	5,5	5,5		1,7		3,31	2,7	643,4	81
3	26,8	18,0	21,1	3,1	4,8		3,2		3,17	1,8	405,7	90
4	26,1	18,6	22,1	3,3	2,0		2,2		1,86	1,2	350,3	86
5	23,0	18,6	21,2	0,0	3,7		2,4		2,68	2,1	386,3	87
6	27,9	18,0	22,6	0,0	4,7		4,4		3,12	3,3	545,1	78
7	29,0	19,2	23,1	60,7*	3,2		8,2		2,66	2,6	574,9	79
8	27,0	17,5	21,7	7,0	5,7		1,6		2,48	0,9	406,9	92
9	27,2	18,2	21,9	0,0	4,0		3,6		2,26	1,9	472,6	89
10	30,2	17,3	22,8	0,0	6,0		9,1		2,69	4,1	641,1	75
10 Período	27,3	18,0	22,0	96,2	43,7	(E) 52,5	44,4		2,72	2,2	481,1	85
11	30,4	18,4	24,0	0,0	4,6		6,1		1,43	3,7	518,3	69
12	30,0	17,1*	23,9	0,8	6,4		8,8		2,73	4,8	650,3	68
13	30,8	17,2	24,0	1,4	8,0		11,4*		3,32	5,8*	710,9*	64
14	31,2*	17,4	23,4	0,0	5,0		8,9		2,35	2,7	616,0	65
15	29,6	17,2	23,4	0,0	4,8		5,7		1,76	2,8	488,6	76
16	30,6	18,8	23,7	0,0	6,0		7,5		2,61	3,2	563,4	74
17	27,0	18,1	21,7	13,6	3,5		3,5		1,62	0,9	348,0	92
18	29,4	18,4	23,2	0,4	5,9		8,5		2,23	2,7	642,9	80
19	29,2	19,2	23,2	0,0	4,7		6,3		2,62	2,6	536,0	81
20	29,6	18,9	23,0	22,5	9,6*		6,0		3,02	3,0	374,3	82
20 Período	29,8	18,1	23,4	38,7	58,5	(D) 19,8	72,7		2,37	3,2	544,9	75
21	30,2	18,1	22,9	0,3	4,0		7,2		3,29	2,6	400,0	79
22	2,60	17,8	21,0	1,7	1,8		0,6		2,37	1,2	270,9	92*
23	27,8	18,0	21,6	0,0	2,5		3,0		2,39	3,2	418,9	87
24	28,6	18,0	22,5	1	5,5		5,5		2,32	1,5	470,3	83
25	30,0	18,7	22,3	21,3	7,6		6,0		3,36	2,9	540,6	84
26	29,4	18,0	22,7	13,5	4,1		6,7		2,53	1,6	513,1	81
27	24,6	18,4	21,0	0,1	2,9		0,0		1,83	0,7	270,3	91
28	29,2	17,8	22,8	0,0	4,7		6,2		2,28	2,9	453,7	86
29	30,6	18,6	24,7	0,0	5,6		9,5		2,43	4,7	574,9	68
30	29,8	17,7	23,9	0,0	5,8		8,2		3,24	3,7	633,7	70
31	30,8	18,8	24,6	0,0	6,5		11,1		2,46	4,4	692,0	63
30 Período	28,8	18,2	22,7	39,0	51,0	(D) 12,0	64,0		2,59	2,7	476,2	80
SOMA				121,9	151,2	(E) 20,7	1181,1					
MÉDIA	23,6	18,1	22,7						2,56	2,7	500,7	80
EXTREMO	31,2	17,1*		60,7*	9,6*		11,4*		3,36*	5,8*	710,9*	92*

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: Fazenda Capivara

Mês: Abril

Ano: 1986

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECIP. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MAX.	MIN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	31,2	18,8	24,4	0,0	5,6		9,9		1,54	3,6	626,9	70
2	29,4	18,0	22,7	14,7	5,7		5,1		1,85	2,1	402,9	87
3	30,8	17,8	24,3	0,0	5,3		10,4		0,78	4,6	732,0*	63
4	30,8	17,5	24,2	0,0	5,3		10,2		0,77	4,2	660,0	64
5	30,5	18,0	24,3	0,0	5,5		10,4		0,72	4,4	709,1	59
6	31,2	16,2	24,0	0,0	7,6		10,5		0,93	5,0	645,1	56
7	30,4	17,4	23,4	0,0	6,7		10,7*		1,46	6,1*	642,3	58
8	31,6*	17,6	24,6	0,0	6,5		10,5		1,05	5,6	657,7	55
9	30,8	18,5	24,0	0,0	5,9		6,1		1,32	3,3	505,1	71
10	31,0	17,9	24,4	0,0	4,5		9,7		1,69	5,4	572,6	60
10 Período	30,8	17,8	24,0	14,7	58,6	(D) 43,9	93,5		1,21	4,4	615,4	64
11	29,8	23,0	23,8	7,2	7,4		7,7		2,32	2,3	421,7	82
12	29,6	18,8	23,1	34,6	6,0		5,9		2,65	1,6	259,4	84
13	29,2	22,8	23,6	0,0	5,8		7,1		2,16	0,7	259,4	80
14	28,0	19,6	22,9	1,0	0,7		2,6		1,86	3,4	509,1	88*
15	28,0	19,0	21,7	0,0	4,2		4,9		3,98	1,8	510,3	86
16	26,2	16,3	21,4	0,0	3,3		1,2		2,73	1,8	572,6	83
17	28,8	17,8	22,2	0,0	6,0		7,9		2,89	2,8	564,0	78
18	29,3	18,1	23,1	0,0	4,8		6,7		2,55	3,4	510,3	71
19	28,7	17,8	22,5	0,6	4,3		4,2		2,68	2,8	458,3	78
20	28,5	18,6	23,0	0,0	5,3		4,5		3,12	3,9	565,1	69
20 Período	28,6	19,4	22,7	43,4	47,8	(D) 4,4	52,7		2,69	2,5	463,0	80
21	28,0	18,4	22,9	0,0	4,0		5,2		1,91	2,8	450,3	72
22	29,8	18,6	22,2	14,4	7,4		4,0		2,25	2,3	500,0	80
23	29,0	16,6	22,7	0,0	4,9		9,1		1,76	3,2	578,3	70
24	29,4	16,0*	22,6	0,0	5,5		8,7		2,57	4,0	578,9	63
25	28,8	16,9	21,4	0,0	4,5		3,3		2,99	2,7	488,6	77
26	28,6	16,8	21,4	41,4*	10,9*		2,3		4,19*	3,1	590,9	78
27	27,6	17,2	22,4	0,0	4,4		4,0		0,71	2,4	589,1	77
28	28,5	16,6	22,1	0,0	6,2		4,3		2,68	3,1	587,4	74
29	28,4	16,2	21,9	0,0	5,6		8,3		3,07	3,2	439,4	71
30	27,2	17,8	21,4	0,0	3,6		2,3		1,89	3,0	288,6	76
31												
30 Período	28,5	17,1	22,1	55,5	57,0	(D) 1,5	51,5		2,40	3,0	509,2	74
SOMA				113,6	163,4	(D) 49,8	197,7					
MÉDIA	29,3	18,1	22,9						2,10	3,3	529,2	73
EXTREMO	31,6*	16,0*		41,4*	10,9*		10,7*		4,19*	6,1*	732,0*	88

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: FAZENDA CAPIVARA

Mês: Maio

Ano: 1966

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECI. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CIMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIAÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	27,5	15,2	21,4	0,0	1,4		8,8		2,22	3,6	530,9	63
2	27,2	13,4	20,2	0,0	5,0		8,9		2,08	4,5	581,7	57
3	28,3	12,6*	20,7	0,0	5,7		10,3*		1,70	4,8	605,7*	55
4	29,0	13,2	21,4	0,0	3,2		9,2		1,84	4,2	590,3	56
5	30,0	14,8	22,0	0,0	5,7		9,4		1,91	4,3	542,3	64
6	28,6	18,0	21,9	0,0	6,3		6,5		3,00	4,1	484,6	77
7	28,2	18,0	21,9	32,7*	4,1		3,1		1,75	2,1	494,3	82
8	27,8	17,5	22,1	0,4	3,0		3,8		1,85	2,0	500,6	81
9	28,2	18,4	22,6	14,0	1,0		3,9		2,60	2,0	286,9	86
10	29,2	18,8	23,6	0,0	5,6		5,1		1,99	2,7	487,4	80
10 Período	28,4	16,0	21,8	47,1	41,0	(E) 6,1	69,0		2,09	3,4	510,5	70
11	29,6	19,6	24,2	0,0	5,1		6,7		1,34	3,1	416,0	71
12	30,2	19,4	24,1	0,0	6,0		9,7		2,25	3,7	464,6	68
13	29,2	18,3	22,0	0,0	6,0		8,1		3,82	3,7	462,3	80
14	24,2	17,2	20,8	0,0	1,2		0,0		1,38	1,6	231,4	87
15	30,2	17,2	22,2	0,0	4,9		6,2		4,04	2,6	414,9	74
16	29,7	22,0	2,29	3,3	1,6		4,7		3,06	4,0	321,7	79
17	29,0	18,6	23,0	0,0	5,3		5,6		2,73	3,9	413,7	69
18	28,4	18,6	22,7	0,0	3,9		3,4		2,27	3,7	365,1	70
19	29,4	16,8	22,9	0,0	5,0		8,1		2,18	4,5	424,6	66
20	29,8	16,2	22,7	0,0	4,3		9,8		2,31	4,3	483,4	67
20 Período	29,0	18,4	22,8	3,3	43,3	(D) 40,0	62,3		2,54	3,5	399,8	73
21	29,4	16,6	22,3	0,0	4,0		7,2		1,62	3,2	454,9	71
22	29,2	17,6	22,0	0,0	5,0		7,8		2,11	2,7	460,0	74
23	28,2	16,8	21,8	0,0	4,8		9,1		3,95	5,1	596,9	66
24	28,0	15,8	21,5	0,0	6,4		8,9		3,55	5,0	501,7	62
25	29,2	15,7	22,6	0,0	5,7		8,9		2,97	5,2	446,9	58
26	29,4	16,4	22,0	0,0	4,3		7,7		3,52	5,3	258,3	63
27	29,6	17,0	23,0	0,0	7,6*		9,4		4,50	6,7*	396,0	53
28	29,6	17,4	22,8	0,0	5,9		8,3		3,71	6,0	527,4	56
29	30,2*	15,6	22,7	0,0	4,5		9,3		2,85	5,4	529,7	57
30	27,8	17,3	20,9	0,2	5,9		4,1		4,72*	4,5	441,7	76
31	19,2	15,4	17,1	0,0	2,5		0,0		3,96	0,7	112,6	86
30 Período	28,2	16,5	21,7	0,2	56,6	(D) 56,4	80,7		3,41	4,5	429,6	66
SOMA				50,6	140,9	(D) 90,3	212,0					
MEDIA	28,5	17,0	22,1						2,68	3,8	446,6	70
EXTREMO	30,2*	12,6*		32,7*	7,6*		10,3*		4,72*	6,7*	605,7*	91

CENTRO NACIONAL DE PESQUISA - ARROZ, FEIJÃO

BOLETIM AGROMETEOROLÓGICO

Local: FAZ. CAPIVARA

Mês: JUNHO

Ano: 1986

DIAS	TEMPERATURA DO AR (°C)			PRECI. TOTAL (mm)	EVAP. TANQUE CLASSE "A" (mm)	P - E (mm)	INSOL. EM DE CUMOS DE HORA	VENTO km/h		EVAP. PICHE (mm)	RADIAÇÃO SOLAR Cal/cm ²	UMID. REL. (%)
	MÁX.	MÍN.	MED.					DIR.	VEL.			
1	23,2	12,0	16,4	0,0	3,8		7,4		2,96	0,7	470,3	72*
2	26,4	9,6*	18,0	0,0	4,0		10,0		2,26	3,7	606,9	64
3	27,2	12,4	19,4	0,0	4,8		9,2		2,56	4,2	616,0	64
4	27,8	13,9	20,0	0,0	5,1		8,8		2,63	4,1	585,1	58
5*	26,8	12,6	19,6	0,0	5,1		10,0		2,70	5,0	625,7*	52
6	25,4	10,6	17,7	0,0	4,9		10,1		2,59	5,4	578,9	49
7	25,8	10,2	17,3	0,0	6,0		10,2		2,71	4,8	533,7	49
8	27,4	11,2	19,0	0,0	5,2		9,3		3,64	5,0	511,4	53
9	27,4	11,8	19,5	0,0	4,7		9,6		5,67	5,5	522,3	57
10	27,4	15,5	20,4	0,0	5,9		9,8		3,10	5,8	487,4	60
10 Período	26,5	12,0	18,7	0,0	49,5	(D) 49,5	94,4		3,08	4,4	553,8	58
11	27,7	12,5	21,2	0,0	5,0		9,6		2,06	5,0	513,7	49
12	28,2	14,2	20,5	0,0	5,1		9,9		3,78	5,4	516,6	55
13	28,2	14,4	20,6	0,0	5,5		9,7		3,47	6,7	513,3	55
14	29,4	13,4	20,9	0,0	5,8		10,2		2,58	5,5	516,6	52
15	28,4	13,6	20,2	0,0	4,2		9,0		2,65	5,0	476,6	55
16	27,6	13,9	20,3	0,0	6,0		9,9		3,75	5,3	501,7	54
17	26,8	13,1	19,8	0,0	6,1		8,4		3,83	5,8	440,6	56
18	27,4	16,4	20,6	0,0	5,9		8,1		4,26	5,4	470,3	52
19	27,4	13,5	20,4	0,0	4,0		10,0		2,93	5,3	502,9	52
20	26,8	13,6	19,9	0,0	6,9		9,6		5,45	5,9	489,1	59
20 Período	27,4	13,9	20,4	0,0	54,5	(D) 54,5	94,4		3,48	5,6	494,6	54
21	27,2	16,2	21,4	0,0	7,0*		7,9		5,72*	5,9	470,3	51
22	26,8	16,8	20,0	0,0	6,0		5,3		4,65	6,8	401,7	55
23	26,4	13,8	19,2	0,0	4,9		7,9		4,28	3,8	470,3	57
24	26,8	13,5	18,8	0,0	4,8		9,3		3,03	5,2	493,7	68
25	27,0	13,2	19,9	0,0	3,4		8,2		2,20	4,3	484,0	55
26	27,7	12,6	20,0	0,0	4,8		9,2		2,17	4,8	492,0	51
27	28,3	11,8	20,1	0,0	5,7		9,7		1,93	5,7	502,9	49
28	28,9	11,8	20,2	0,0	4,6		9,5		1,78	4,9	493,1	48
29	29,4	12,0	20,4	0,0	5,8		9,9		1,73	5,5	504,0	49
30	30,2*	12,8	20,9	0,0	5,1		9,8		2,10	6,0	496,6	50
31												
31 Período	27,9	13,5	20,1	0,0	52,1	(D) 52,1	86,7		2,96	5,3	480,9	53
SOMA				0,0	156,1		275,5					
MÉDIA	27,3	13,1	19,7						3,17	5,1	509,8	55
EXTREMO	30,2*	9,6*			7,0*		10,2*		5,72*	5,8*	625,7*	72*

* Data da colheita.