

FREQUÊNCIAS DE GENES RESTAURADORES  
DA FERTILIDADE EM RAÇAS E VARIEDADES  
DE MILHO (Zea mays L.)

*José Ramón Tineo Gonzalez*  
*Engenheiro Agrônomo*  
INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIAS  
**CARACAS - VENEZUELA**

Orientador: PROF. DR. ERNESTO PATERNIANI

Dissertação apresentada à Escola  
Superior de Agricultura "Luis de Queiroz",  
da Universidade de São Paulo, para ob-  
tenção do título de Mestre.

**PIRACICABA**  
**SÃO PAULO**  
**BRASIL**  
**- 1971 -**

FREQUÊNCIAS DE GENES RESTAURADORES DA FERTILIDADE,  
EM RAÇAS E VARIEDADES DE MILHO. (Zea mays L.)

José R. Tineo González  
Engenheiro Agrônomo  
Instituto de Investigaciones  
Agropecuarias  
CARACAS - VENEZUELA

ORIENTADOR: PROF.DR. ERNESTO PATERNIANI

Dissertação apresentada à Escola Superior  
de Agricultura "Luiz de Queiroz" da Universidade  
de São Paulo, para obtenção do título de Mestre

PIRACICABA - ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

1971

## AGRADECIMENTOS

O autor deseja expressar seus mais sinceros agradecimentos a todos aquêles que direta ou indiretamente contribuíram na elaboração do presente trabalho e em especial a:

Prof.Dr. Ernesto Paterniani, por sua valiosa orientação, pela ajuda inestimável na resolução de nossos problemas, além de contribuir com a sugestão do trabalho;

Aos Professôres R.Vencovsky, João R.Zinsly e Cyro Paulino da Costa, pelas sugestões e críticas construtivas;

Ao Prof.Dr. Félix Taborda, da Faculdade de Agronomia da Universidad del Zulia, Venezuela, pelo apôio e incentivo;

Fondo Nacional de Investigaciones Agropecuárias, pelo apôio financeiro recebido durante todo o transcorrer do curso de pós-graduação;

Faculdade de Agronomia da Universidade del Zulia, Venezuela, pela oportunidade de aperfeiçoamento concedida.

## INDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DA LITERATURA .....	4
2.1. Fontes da esterilidade masculina .....	4
2.2. Restauração da fertilidade .....	6
3. MATERIAL .....	9
4. METODO .....	13
4.1. Condução do experimento .....	13
4.2. Obtenção de dados .....	13
4.3. Análise estatística .....	14
5. RESULTADOS .....	17
5.1. Frequência do gene Rfl nas variedades .....	17
5.1.1. Frequências de famílias segregando 1:1 .....	17
5.1.2. Frequências de famílias segregando 1:0 .....	18
5.1.3. Frequências de famílias segregando 3:1 .....	18
5.1.4. Frequências de famílias segregando 0:1 .....	18
5.2. Teste de heterogeneidade .....	19
5.3. Interação .....	29
6. DISCUSSÃO GERAL .....	30
7. CONCLUSÕES .....	33
8. RESUMO .....	39
9. SUMMARY .....	41
10. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA .....	43

## 1 - INTRODUÇÃO

O aproveitamento do vigor de híbrido no milho obtido do cruzamento entre linhagens endogâmicas foi primeiramente relatado nos trabalhos de East (1908) e Shull (1909). Entretanto a utilização da prática do milho híbrido não pode ser feita de imediato devido à baixa produção de semente das linhagens parentais utilizadas. Levando em conta esta baixa produtividade, Jones (1918) sugeriu o emprêgo do cruzamento entre híbridos simples, o que resulta na formação do híbrido duplo. Isto veio a ser de grande utilidade, pois tornou possível a utilização do milho híbrido em escala comercial (SPRAGUE, 1955).

Para a produção do milho híbrido plantam-se, em campos de despendoamento, os híbridos simples parentais, geralmente em uma proporção de seis fileiras femininas para duas masculinas. Na época da floração as fileiras do híbrido que funciona como fêmea, devem ser despendoadas, sendo o suprimento do pólen feito pelas plantas do outro híbrido simples. Apesar de simples, esta castração acarreta um custo mais elevado da semente devido à necessidade de mão de obra abundante em uma época de terminada, bem como os possíveis danos às plantas podem prejudicar a produção de sementes. (JUGENHEIMER, 1959).

Com o descobrimento da esterilidade masculina em milho (RHOADES, 1931-1933), houve a possibilidade de usar-se plantas castradas em forma natural. Esta esterilidade é condicionada pelo citoplasma e portanto transmitida pelo lado materno. Não obstante, existem genes que restauram a fertilidade nas plantas que possuem citoplasma macho estéril. Os genes restauradores da fertilidade apresentam-se com diferentes frequências nas distintas raças e variedades do milho. (EDWARDSON, 1955) e (BROOKS, 1961).

No caso do citoplasma macho estéril tipo T (Texas), com o qual foi desenvolvido nosso trabalho, os genes restauradores são os ge-

nes complementares dominantes Rf1 e Rf2. Tem sido amplamente verificado que o gene Rf2 ocorre com uma alta frequência em todos os milhos estudados, enquanto que o gene Rf1 se encontra em frequência variável nas diferentes raças e variedades.

É portanto de interêsse determinar ou testar se as possíveis linhagens que entram na formação do híbrido possuem os genes para a restauração da fertilidade e assim produzir híbridos que nos permitam aproveitar o uso da esterilidade masculina citoplasmática.

Existe também a possibilidade de se utilizar genes restauradores da fertilidade na obtenção de híbridos varietais. Assim podemos escolher uma variedade A, com o genótipo Rf1 Rf1. Pode-se assim fazer a transferência do citoplasma T para a outra variedade progenitora B.

Como determinou BLICKENSTAFF et al. (1968) o gene Rf1, necessário para a restauração da fertilidade no citoplasma T, está localizado no cromossomo 3 a 20,8 unidades de permuta genética do locus lg2. Existe então a possibilidade de selecionar o genótipo Rf1 Rf1 através da ligação com lg2; êste procedimento nos daria o seguinte genótipo Rf1 Rf1 lg2 lg2, que além de ter o gene restaurador da fertilidade daria plantas que apresentariam fôlhas eretas. Informações recentes indicam que tais plantas permitem maior densidade de plantio, uma realização mais efetiva da fotossíntese, e por conseguinte um incremento na produção. (PENDLETON et al. 1968).

Podem-se estabelecer certas relações quando se comparam os diferentes tipos de germoplasmas e raças empregadas, com relação ao gene restaurador da fertilidade (Rf1), o que dará um conhecimento maior das variedades testadas. Também pode-se ter uma informação da influência dos genes modificadores e a interação genótipo x ambiente, sobre a ação dos genes restauradores da fertilidade Rf1 e Rf2.

A finalidade do presente trabalho é obter informações sobre as frequências de plantas macho férteis e macho estéreis em cruzamentos

envolvendo algumas raças e variedades de milho, cruzadas com plantas macho estéreis devido ao citoplasma T. Procura-se ainda, obter indicações sobre frequências de genes restauradores nos diferentes germoplasmas e verificar se há algum relacionamento entre os diferentes tipos raciais e as frequências obtidas. Originalmente pensou-se também na possibilidade de se utilizar algumas das variedades em programas de cruzamentos intervarietais com o concurso da esterilidade masculina. Este objetivo ficou entretanto prejudicado pelo aparecimento do patógeno Helminthosporium maydis raça T, altamente virulento para as plantas com citoplasma T.

## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 - Fontes da Esterilidade Masculina

O primeiro a descrever um tipo de esterilidade masculina foi RHOADES (1931-1933) quando relatou a descoberta de um tipo de esterilidade masculina citoplásmática. O material foi coletado em Arequipa (Peru), denominando-se com o nome de Peruana. Concluiu que a transmissão deste tipo de esterilidade masculina é pelo lado materno e que os genes não têm influência do caráter em questão.

Mais tarde na Argentina GINI (1939) descreveu que em uma variedade conhecida como "Amargo Blanco", se apresentou um caso de esterilidade masculina na qual uma interação genótipo x citoplasma específico era necessária para o aparecimento da esterilidade. Encontrou que dependendo do parente masculino, algumas progênies segregavam para plantas macho férteis e plantas macho estéreis, enquanto que outras só apresentavam plantas macho estéreis.

Posteriormente, trabalhando na procura da esterilidade citoplasmática JOSEPHSON e JENKINS (1948), relataram que com a linhagem Ind 36-16 nos híbridos, apresentavam-se casos de esterilidade quando a linhagem em particular era usada como fêmea do cruzamento simples. A manifestação do caráter macho esterilidade, além disso, não dependia só da ação do citoplasma, pelo contrário parecia existir uma interação do citoplasma x genótipo na expressão do caráter. A expressão da esterilidade era grandemente influenciada pelo ambiente. Encontraram linhagens, que restauravam a fertilidade e que um número mínimo de 2 genes estavam envolvidos neste processo.

Outro tipo de citoplasma estéril é relatado por GABELMAN (1949) e JONES (1950-1951), quando descrevem uma série de cruzamentos que envolveram o tipo de milho iojap, que induz um tipo de esterilidade masculina citoplasmática. A esterilidade apresenta-se pela falta de um

desenvolvimento normal do pólen. JONES (1950) afirma que trabalhou com o mesmo tipo de esterilidade descrito por RHOADES (1931).

Também RHOADES (1943-1950) apresentou evidências sobre este tipo de esterilidade; relatou que em uma série de cruzamentos envolvendo o gene iojap, havia uma elevada frequência de plantas que mostravam citoplasma macho estéril. Os trabalhos revelaram que este gene afeta os plastídios, que produzem mutação de um fator secundário do citoplasma o qual está relacionado com o desenvolvimento do pólen.

Com uma base genética aparentemente diferente é descrito um tipo de esterilidade por SCHWARTZ (1951). Neste caso a esterilidade depende de um citoplasma específico  $\square^+$  um gene Ms para esterilidade e um gene dominante supressor  $S^{(Ga)}$ , associado a um efeito gametofítico. Então o macho apresentaria o seguinte genótipo  $\square^+ Ms ms s^{ga} s^{ga}$ .

Um citoplasma macho estéril de uma origem diferente é relatado por ROGER e EDWARDSON (1952). Vários tipos estéreis foram encontrados na variedade Mexican June e subsequentemente na variedade Golden June; encontraram uma linhagem macho estéril T x 203, que ao ser cruzada com as outras transmitia a esterilidade. A seguir cruzando esta nova fonte com várias linhagens e examinando todas as progênes, algumas das Fl eram completamente estéreis, outras o foram parcialmente. Esta nova fonte é conhecida como Texas ou simplesmente T.

No Brasil DRUMMOND (1966) relata a descoberta de material macho estéril em vários milhos locais. Encontrou macho-esterilidade citoplasmática numa variedade de milho branco dentado do Paraná, na variedade Armour e no milho Cunha de Goiás. A esterilidade destas fontes apresenta os mesmos requerimentos genéticos que o citoplasma T, para a restauração da fertilidade. Encontrou também esterilidade masculina na variedade Charrua, onde os requerimentos genéticos para a restauração são

---

+  $\square$  Citoplasma estéril específico.

diferentes.

JONES (1957) descreveu um caso diferente de esterilidade masculina citoplasmática, em um material cedido por Jenkins, e que apresentava variações no grau de fertilidade nos cruzamentos, desde completa esterilidade a uma total fertilidade. A fonte descoberta por Jenkins é conhecida com USDA ou semente S.

Com relação aos diferentes tipos de esterilidade em milho, DUVICK (1959) relatou que mais de uma centena de fontes de esterilidade masculina têm sido descobertas, mas que as provas genéticas indicam que todo o material se resume a dois tipos T ou S. Dêsses, o citoplasma T é extensamente empregado na produção do milho híbrido.

Também DUVICK (1965) em uma extensa revisão bibliográfica como conclusão indica duas fontes de esterilidade: Texas (T) e USDA (S). Estas duas fontes podem diferenciar-se por: a) necessitar de diferentes genes restauradores da fertilidade; b) grau de fertilidade das plantas heterozigotas restauradas; c) aparência fenotípica das anteras, pois enquanto que nas plantas totalmente estéreis com citoplasma T as anteras não estão expostas, e nas plantas com citoplasma S apresentam anteras visíveis na flecha.

## 2.2 - Restauração da Fertilidade

A diferença entre estéril e fértil segundo JONES (1950) depende de uma ação conjunta do citoplasma e do núcleo. Os fatores que provocam a esterilidade situados no citoplasma foram denominados de plasmagenes e os que se encontram no núcleo foram chamados de cromogenes, os quais atuavam de uma forma oposta aos plasmagenes e determinam o aparecimento do pólen.

Mais tarde, trabalhando sobre o tema da restauração da fertilidade, SPRAGUE (1955) descreve que em vários ensaios não publicados, a restauração de fertilidade no citoplasma T é devida a um simples gene

dominante. A uma conclusão parecida chega EDWARDSON (1955), indicando que um simples par de genes, Ms ms ou Ms Ms é responsável pela restauração da fertilidade neste tipo de citoplasma. Uma conclusão semelhante foi obtida por THOMAS e JOHNSON (1956).

Procurando determinar o número de genes envolvidos na restauração da fertilidade, DUVICK (1956), realizando uma série de testes de alelismo, indica que no citoplasma tipo T, um número de 2 genes complementares dominantes e modificadores têm influência na restauração da fertilidade. Mais tarde em outro trabalho DUVICK (1959) determina que estes dois genes complementares dominantes eram Rf1 e Rf2, mais os genes modificadores. Descreve que a forma recessiva de Rf2 é muito rara, e por isso na prática considera-se somente o gene Rf1, para os trabalhos de restauração da fertilidade.

Em um trabalho desenvolvido com variedades de milho em Oklahoma, BROOKS (1961) concluiu que a produção de pólen nas plantas machos férteis, era devido à presença de um alelo Rf. Entretanto isto pode ser alterado pelas condições ambientais, sendo que a percentagem de plantas férteis indica diferenças na penetrância do alelo Rf ou efeito de genes modificadores.

Tratando de determinar a posição do gene Rf (possivelmente o gene Rf1) BLICKENSTAFF (1958) relata que em um estudo de 22 linhagens americanas, das quais 18 eram restauradoras completas, 3 o eram parcialmente e uma não o era. Concluíram que o gene era o mesmo em todas as linhagens e por meio de testes de ligação chegaram a determinar que o gene Rf, apresentava relações de ligação com o gene lg2 (liguleless-2) e o gene Al (anthocyanin-1), que o gene Rf estava localizado no cromossomo 3, podendo estabelecer o seguinte mapa genético:

Al	36,2	lg <sub>2</sub>	20,8	Rf
.		.		.

---

Mais tarde DUVICK, SNYDER e ANDERSON (1961), desenvolveram um trabalho empregando translocações entre os cromossomas 3 e 9, e examinando as progênes, determinaram que o valor de recombinação entre o gene Rf1 (Restorer-1) e o ts 4 (tasselseed-4) era de 10,5 unidades. Enquanto que esse valor era para Rf1 - lg2 (liguleless-2) de 34,5 unidades e para Rf1 - d 1 (dwarf-1) o valor de recombinação foi de 26,5 unidades.

Recentemente, desenvolvendo uma pesquisa relacionada com a situação do gene Rf2, que apresenta uma alta frequência nas variedades de milho, SNYDER e DUVICK (1969) descrevem que o gene Rf2, que tem influência na restauração da fertilidade no citoplasma T, localiza-se no cromossoma 9, a 5 unidades do gene ceroso (wx) e perto do centrômero.

EDWARDSON (1955) conclui de suas investigações que 59,6% das variedades latino americanas, testadas eram portadoras do gene para restauração da fertilidade, enquanto que as variedades norte-americanas apresentavam uma porcentagem de 10,5%. No caso das variedades da América Latina 13,7% eram homozigóticas enquanto que da América do Norte somente 7,71% o eram.

Sobre o mesmo tema DRUMMOND (1966), em trabalhos realizados, verificou que as linhagens cateto têm alta frequência de genes restauradores. Na variedade cateto São Simão de 25 plantas tomadas ao acaso 10 eram homozigóticas para o gene restaurador, 14 eram heterozigotas e 1 não era portadora do gene dominante para restauração.

Além de citoplasma T, utilizado no nosso trabalho, relatamos algo sobre o citoplasma S, por ser também comumente utilizado. Assim BUCHERT (1961) mostrou que a restauração da fertilidade no citoplasma S, é condicionada por um único gene dominante Rf<sup>2</sup> (Rf3, segundo a notação de DUVICK 1965). Em estado heterozigoto 50% das plantas terão pólen viável. Pode-se apresentar diversos graus entre a fertilidade completa e esterilidade total, pela presença de modificadores ou a existência de mais de 2 alelos no locus Rf<sup>2</sup>.

### 3 - MATERIAL

O material utilizado no presente trabalho é proveniente de várias populações existentes no Banco de Germoplasma do Departamento de Genética, da E.S.A. "Luiz de Queiroz", bem como outras populações, nas quais estão incluídos germoplasmas de distintas zonas geográficas.

A tabela 1 apresenta uma relação do material utilizado juntamente com algumas características de cada uma, como: tipo de grão, cor predominante do grão, origem geográfica e raças às quais pertencem.

Informações mais detalhadas sobre o material poderão ser obtidos em HATHEWAY (1957), PATERNIANI (1968) e QUEIROZ (1969).

TABELA I

Descrição do Material Utilizado

MATERIAL	TIPO	COR	ORIGEM	RAÇA A QUE PERTENCE
ENTRELAÇADO	AMILACEO	BRANCO	BRASIL CENTRAL (GOLAS)	ENTRELAÇADO
LENHA	AMILACEO	BRANCO	BRASIL (R.G.SUL)	LENHA
CAINGANG COMPOSTO	AMILACEO	BRANCO	BRASIL (SP, PR)	CAINGANG
CAINGANG PR III	AMILACEO	BRANCO	BRASIL (SP, PR)	CAINGANG
CAINGANG SP III	AMILACEO	BRANCO	BRASIL (SP, PR)	CAINGANG
GUARANI COMPOSTO	AMILACEO	AMARELO	BRA-PAG-BOL	MOROITI
GUARANI BOL II	AMILACEO	AMARELO	BOLIVIA	MOROITI
GUARANI PAG V	AMILACEO	AMARELO	PARAGUAI	MOROITI
CRISTAL COMPOSTO	FLINT	BRANCO	BRASIL-PARAGUAI	CRISTAL
COMP CANARIO DE OCHO	FLINT	BRANCO	ARG-URU	CANARIO DE OCHO
CATETO COMP ARG-URU	FLINT	LARANJA	ARG-URU	CATETO

CARACTERÍSTICAS DOS GRÃOS

MATERIAL	TIPO	COR	ORIGEM	RAÇA A QUE PERTENCE
----------	------	-----	--------	---------------------

CATETO COMPOSTO	FLINT	LARANJA	BRASIL	CATETO
MINAS G II	FLINT	LARANJA	BRASIL	CATETO
CATETO COMP COLOMBIA	FLINT	LARANJA	COL-BRA	CATETO
PEROLA PIRACICABA	FLINT	BRANCO	COL-BRA	CATETO
PIRACAR I	FLINT	LARANJA	CUBA-MEXICO	CRIOLO
ETO BLANCO WP 7	FLINT	BRANCO	COLOMBIA	ETO
ETO AMARILLO WP 35	FLINT	AMARELO	COLOMBIA	ETO
CUBA II J WP 5	FLINT	LARANJA	CUBA	CRIOLO
ANTI GUA GPO 2	SEMI-FLINT	AMARELO	AME-CENT	TUSON
SÃO PAULO II CRAVO PAULISTA	DENT	AMARELO	BRASIL (SP)	CRAVO
TUXPEÑO LA POSTA WP 25	DENT	BRANCO	MEXICO	TUXPEÑO
CENTRALMEX	SEMI-DENT	AMARELO	MEX-AME CENT	TUXPEÑO
AMERICA CENTRAL	DENT	AMARELO	AME CENT	TUXPEÑO
PIRAMEX	DENT	AMARELO	MEXICO	TUXPEÑO
TUXPANTIGUA	SEMI-DENT	AMARELO	MEX-AME CENT	TUXPEÑO

MATERIAL	CARACTERISTICAS DOS GRÃOS	TIPO	COR	ORIGEM	RAÇA A QUE PERTENCE
MINAS G II x PIRAMEX F1		SEMI-DENT	AMARELO	BRASIL-MEXICO	CATETO-TUXPEÑO
MINAS G II x PIRAMEX) x		SEMI-DENT	AMARELO	BRASIL-MEXICO	CATETO-TUXPEÑO
MINAS G II (MINAS G II x PIRAMEX) x PIRAMEX		SEMI-DENT	AMARELO	BRASIL-MEXICO	CATETO-TUXPEÑO
MINAS G II x PIRAMEX F 2		SEMI-DENT	AMARELO	BRASIL-MEXICO	CATETO-TUXPEÑO

ABREVIATURAS

- BRA = BRASIL
- PAG = PARAGUAI
- BOL = BOLLIVIA
- ARG = ARGENTINA
- URU = URUGUAI
- COL = COLOMBIA
- AME CENT = AMERICA CENTRAL
- MEX = MEXICO

#### 4 - METODO

##### 4.1 - Condução do Experimento

Em 1969-1970 as variedades e raças a serem testadas foram plantadas em fileiras em pares, com o híbrido simples macho estéril (M.E.C.) Agroceres. Os cruzamentos foram feitos planta a planta, utilizando-se uma só vez o pólen de cada planta a ser testada.

Na etapa seguinte (1970-1971) com o material coletado dos cruzamentos, foram plantados lotes de observação na forma de espiga por fileira. O plantio foi feito no dia 14 de outubro de 1970 na fazenda Areião, que fica nas proximidades de Piracicaba, perto da estrada que vai até Limeira. Plantou-se um total de 850 famílias, em fileiras de aproximadamente 12 metros de comprimento, com uma distância entre fileira de 1 metro. Foram semeadas 2 sementes por cova e uma separação entre cova de 30 cm. Tinha-se no momento da contagem um número aproximado de 60 plantas por família.

Desta forma na época da tomada de dados contou-se em cada fileira o número total de plantas, e as plantas férteis, com estes dados tratou-se de determinar a frequência de genes restauradores da fertilidade, em cada variedade.

Na tabela 3 mostra-se o número de famílias em cada variedade, sendo este número diferente em cada uma delas. Isto foi devido às diferenças quanto a adaptação apresentadas pelas variedades.

##### 4.2 - Obtenção de dados

A floração iniciou-se em meados do mês de dezembro indo até quase o final do mês de janeiro, quando foram marcadas as últimas plantas, começando-se de imediato a contagem. A distinção visual entre as plantas férteis e estéreis fêz-se na época da floração, marcando-se com um "spray" de tinta vermelha, as espigas das plantas que apresentavam,

na flecha abertura das anteras. Estas plantas foram consideradas macho férteis.

Foi contado em cada fileira o número total de plantas, o número de plantas férteis e de plantas estéreis.

#### 4.3 - Análise Estatística

A restauração da fertilidade no citoplasma macho estéril tipo T, é devida a ação de dois genes complementares dominantes, Rf1 e Rf2, e genes modificadores. A forma rf2 recessiva é tão rara, que para finalidades práticas, pode-se considerar a restauração da fertilidade neste tipo de citoplasma como dependente do efeito do gene dominante Rf1. (DUVICK, 1959). Considerando-se apenas os dois genes restauradores, sem efeitos de modificadores e do ambiente, podem-se apresentar os seguintes casos, expostos na tabela 2, dos cruzamentos com o macho estéril, cujo genótipo é rf1 rf1 Rf2 Rf2.

O método de análise estatística consistiu em determinar primeiramente proporções mendelianas esperadas (3:1 e 1:1), calculando-se em seguida os valores do teste  $\chi^2$ .

Segundo o método indicado por SNEDECOR e COCHRAN (1956) empregamos a seguinte fórmula:

$$\chi^2 = (O1 - E1)^2 / E1 + (O2 - E2)^2 / E2$$

Representou-se com O1 o número de plantas férteis, e O2 o número de plantas estéreis, sendo E1 e E2 frequências esperadas de plantas férteis e estéreis, respectivamente.

Cada um dos valores individuais de  $\chi^2$  possui um grau de liberdade, o que corresponde ao limite de significância de 3,84, a 5% de probabilidade.

A significância ou não significância dos valores fornecidos pelo teste de  $\chi^2$  dependem da grandeza dos desvios e do número total de ob

servações. Se o número total de observações em cada família fôsse igual em tôdas, então os valôres de  $X^2$  aumentariam ou diminuiriam em proporção a grandeza dos desvios.

Segundo BRIEGER (1947), é possível determinar o número mínimo de indivíduos necessários para distinguir estatisticamente várias alternativas quando se emprega o teste  $X^2$ . No presente caso, êsse número mínimo de indivíduos foi de 45 plantas por família.

O  $X^2$  foi calculado para as proporções

1:1, Fértil: Estéril

3:1, Fértil: Estéril

Para determinar as famílias totalmente férteis, ou seja, as que se enquadram na proporção 1:0, calculou-se a percentagem de plantas férteis em cada uma delas. Tomando-se como completamente férteis aquelas famílias cujas percentagens de plantas férteis estivesse entre 90 e 100%. Considerando 10% de esterilidade devido à contaminação com pólen que não carregava os genes restauradores da fertilidade, efeito de genes modificadores, bem como a possível interação com o meio ambiente. Para as famílias totalmente estéreis foram tomadas como tais aquelas cuja percentagem de plantas férteis estivesse entre 10 e 0%, esta percentagem inclui a contaminação com pólen fértil mais os efeitos de genes modificadores e o ambiente.

A proporção 3:1, mesmo não estando explicada na tabela 2, foi calculada. Porque segundo EDWARDSON (1955), mais de 2 genes podem fazer aparecer esta proporção além de outras. Neste tipo de trabalho a proporção 3:1, apresenta-se com certa frequência.

Na tabela 4 são apresentados os resultados do teste de heterogeneidade, para os diferentes valôres de  $X^2$ , correspondente as famílias nas variedades. O cálculo foi feito segundo o método de SNEDECOR e COCHRAN (1957).

Tabela 2 - Descendência esperada das plantas testadas, das variedades cruzadas com o tipo macho estéril (rf1 rf1 Rf2 Rf2).

GENÓTIPO DA PLANTA TESTADA	DESCENDÊNCIA PORCENTAGEM DE PLANTAS FERTEIS
Rf1Rf1 Rf2Rf2	100% fértil
Rf1rf1 Rf2Rf2	50% fértil
	50% estéril
rf1rf1 Rf2Rf2	100% estéril
Rf1Rf1 Rf2rf2	100% fértil
Rf1Rf1 rf2rf2	100% fértil
Rf1rf1 Rf2rf2	50% fértil
	50% estéril
Rf1rf1 rf2rf2	50% fértil
	50% estéril
rf1rf1 Rf2rf2	100% estéril
rf1rf1 rf2rf2	100% estéril

## 5 - RESULTADOS

A análise estatística dos resultados nas famílias dos materiais testados, referentes as frequências das famílias com esterilidade masculina, e apresentada na tabela 3, na qual especifica-se para cada uma das variedades o número (N) de famílias e sua percentagem (%) do total correspondente a cada uma das proporções estudadas, que são: a) 0:1 (completamente estéril), b) 1:1 (metade fértil e a outra metade estéril), c) 1:0 (totalmente fértil), d) 3:1 (representando 3 férteis para 1 estéril).

Na tabela 2, estão representados os resultados do teste de heterogeneidade calculado. A tabela está composta por colunas que indicam o número de graus de liberdade (GL) a diferença (D) entre a somatória dos valores de  $X^2$ , em cada variedade e o valor de  $X^2$ , calculado com um grau de liberdade, (S) significância. Foi feito para a proporção 1:1, como também para a proporção 3:1, em cada variedade.

### 5.1 - Frequência do gene Rfl nas variedades

Pela análise dos dados pode-se perceber a presença do gene para restauração da fertilidade, possivelmente Rfl, em tôdas as variedades testadas. Isto significa que 100% das variedades são portadoras do gene para restauração da fertilidade, embora com frequências diferentes, nas diversas variedades. Isto concorda com os dados da literatura, que indicam a presença dêste gene em proporção elevada, nas variedades da América Latina.

#### 5.1.1 - Frequências de Famílias Segregando 1:1

Esta proporção indica a presença do gene Rfl em estado heterozigótico, ou seja, Rfl rfl, o que significa que a metade das plantas nas famílias são férteis e que a outra metade são estéreis. As variedades que apresentam as percentagens mais elevadas de plantas macho férteis

foram: Guaraní Pag V, Centralmex, Caingang Composto, Cristal Composto e Tuxpantigua com 43,7; 42,5; 40,0; 38,0 e 34,0% respectivamente. Assim como a percentagem mais elevada, na proporção 1:1, está na variedade Guaraní Pag V com 43,7% e a menor corresponde ao Composto Canario de Ocho, que apresenta 3,5%. Convém destacar o caso da variedade Lenha, que apresentou uma frequência de 50%, mas deve-se considerar que o número de famílias era pequeno, apenas 4, o que limita consideravelmente qualquer conclusão devido a amostragem ser por demais reduzida.

#### 5.1.2 - Frequências de Famílias Segregando 1:0

Abrange as famílias que apresentam o gene restaurador da fertilidade em estado homocigótico Rfl Rfl. Foram observados resultados somente em 8 variedades, o que representa 26,4% do total das variedades. Estas variedades são: Pérola Piracicaba, Eto Blanco WP-7, Eto Amarillo WP-35, Cuba 11 WP 5, Antigua GPO 2, Tuxpantigua, Cateto Colombia Composto e Caingang PR III. A mais alta frequência de plantas macho férteis apresenta-se em Pérola Piracicaba com 20%, enquanto que as outras variedades variam entre 11,5% para Eto Amarillo WP 35 até 2,7% em Cateto Colombia Composto.

#### 5.1.3 - Frequências de Famílias Segregando 3:1

Nesta proporção incluímos as famílias que apresentam 3 plantas férteis e 1 estéril. As variedades com maiores frequências de plantas macho férteis são: Guaraní Bol II, Pérola Piracicaba, Tuxpeño La Posta, Tuxpantigua e Cristal Composto com 38,0; 37,5; 36,3; 35,0 e 33,0% respectivamente. Em 25 das 30 variedades testadas, foi determinada esta proporção.

#### 5.1.4 - Frequências de Famílias Segregando 0:1

Esta proporção nos indica a presença do gene Rfl em estado homocigótico recessivo, ou seja, rfl rfl. Apresentando as famílias suas

plantas completamente estéreis. As maiores frequências de plantas macho estéreis encontram-se nas variedades seguintes: (Minas G II x Piramex F2), Piramex, Guarani Bol II, (Minas G II x Piramex) x Piramex, Composto Canário de Ocho e Lenha com 40,9; 38,7; 38,0; 33,3; 32,0 e 30,0% respectivamente.

#### 5.2 - Teste de heterogeneidade

Segundo SNEDECOR e COCHRAN (1957) foi calculado o teste de heterogeneidade para os diferentes valores de  $\chi^2$ , correspondentes às famílias das variedades. Foi feito para as proporções 1:1 e 3:1. Pode-se ver que os valores testados são significativos para 5%, exceto para a variedade Guarani Pag V, na proporção 3:1. Isto nos indica que as diferentes famílias em cada uma das variedades se desviam da proporção esperada e que a única que está dentro desta proporção esperada é a variedade Guarani Pag V. Podem-se prever êstes resultados como esperados pois na literatura estabelece-se a grande interação genótipo x ambiente, efeito de genes modificadores na restauração da fertilidade, que afastariam os resultados das proporções esperadas. É preciso mencionar também, como efeitos que influenciam, a forma como foi feita a distinção entre as plantas férteis e as plantas estéreis, além do tamanho pequeno das amostras.

Tabela 3 - Frequências das famílias segregando plantas macho férteis e plantas macho estéreis, nas proporções assinaladas.

VARIETADE	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	OUTROS	TOTAL
x						
M.E.C	0:1	1:1	1:0	3:1		
ENTRELAÇADO						
N	0	2	0	0	2	4
%	-	50	-	-	50	100
LENHA						
N	12	5	0	0	22	39
%	30,7	12,8	-	-	56,4	100
CAINGANG COMPOSTO						
N	4	16	0	7	13	40
%	10,0	40,0	-	17,5	32,5	100
CAINGANG PR III						
N	0	11	1	10	12	34
%	-	32,3	2,9	29,4	35,2	100
CAINGANG SP III						
N	4	16	0	6	21	47
%	8,5	34,0	-	12,7	44,6	100

VARIETADE	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	OUTROS	TOTAL
x						
M.E.C	0:1	1:1	1:0	3:1		
GUARAMI COMPOSTO	N 3	6	0	2	10	21
%	14,2	28,5	-	9,5	47,6	100
GUARAMI BOL II	N 8	2	0	8	3	21
%	38,0	9,5	-	38,0	14,2	100
GUARAMI PAG V	N 0	7	0	2	7	16
%	-	43,7	-	12,5	43,7	100
CRISTAL COMPOSTO	N 0	7	0	6	5	18
%	-	38,8	-	33,3	27,7	100
COMPOSTO CANARIO DE OCHO	N 9	1	0	0	18	28
%	32,0	3,5	-	-	64,2	100

VARIETADE	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	OUTROS	TOTAL
x							
M.E.C	0:1	1:1	1:0	3:1			
<hr/>							
CATETO	N 2	5	0	2	14	23	
COMPOSTO	% 8,6	21,7	-	8,6	60,8	100	
<hr/>							
CATETO	N 6	11	0	4	21	42	
COMPOSTO	% 14,2	26,1	-	9,6	50,0	100	
<hr/>							
MINAS G II							
CATETO	N 7	13	0	8	16	44	
COMPOSTO	% 15,9	29,5	-	18,1	36,3	100	
<hr/>							
CATETO	N 10	11	1	2	12	36	
COMPOSTO	% 27,7	30,5	2,7	5,5	33,3	100	
<hr/>							
PEROLA	N 5	4	8	15	8	40	
PIRACIGABA	% 12,5	10,0	20,0	31,5	20,0	100	

VARIETADE	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	OUTROS	TOTAL
x							
M.E.C	0:1	1:1	1:0	3:1			
<hr/>							
PIRACAR I	N 5	5	0	5	4	19	
	% 26,3	26,3	-	26,3	21,0	100	
<hr/>							
ETO BLANCO	N 0	7	3	8	9	27	
	WP 7	-	11,1	29,6	33,3	100	
<hr/>							
ETO AMARILLO	N 4	4	3	5	10	26	
	WP 35	15,3	11,5	19,2	38,4	100	
<hr/>							
CUBA 11 J	N 3	9	2	2	15	31	
	WP 5	9,6	6,4	6,4	48,3	100	
<hr/>							
ANTIGUA GPO	N 6	9	3	9	15	42	
	WP 17	14,2	7,1	21,4	37,5	100	

VARIEDADE	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	OUTROS	TOTAL
x							
M.E.C	0:1	1:1	1:0	3:1			
SÃO PAULO II	N 5	12	0	7	15	39	
CRAVO							
PAULISTA	% 12,8	30,7	-	17,9	38,4	100	
TUXPEÑO LA	N 2	3	0	4	2	11	
POSTA WP 25	% 18,1	27,2	-	36,3	18,1	100	
CENTRALMEX	N 11	20	0	1	15	47	
	% 23,4	42,5	-	2,1	31,9	100	
AMERICA CENTRAL	N 5	6	0	2	6	19	
	% 26,3	31,5	-	10,5	31,5	100	
PIRAMEX	N 12	4	0	1	14	31	
	% 38,7	12,9	-	3,2	45,1	100	

VARIETADE	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	FER:EST	OUTROS	TOTAL
x							
M.E.C	0:1	1:1	1:0	3:1			
TUXPANUIGUA							
N	0	7	1	7	5	20	
%	-	35,0	5,0	35,0	25,0	100	
MINAS G II							
x							
PIRAMEX F1	13,6	13,6	-	18,1	54,5	100	
(MINAS GII							
x PIRAMEX)							
x MINAS GII	20,0	30,0	-	5,0	45,0	100	
(MINAS GII							
x PIRAMEX)							
x PIRAMEX	33,3	4,7	-	-	61,9	100	
MINAS G II							
x PIRAMEX F2	40,9	18,1	-	-	40,9	100	

Tabela 4 - Teste de heterogeneidade para os valores de  $\chi^2$  calculados nas variedades.

VARIETADE x M.E.C	PROPORÇÃO 1:1			PROPORÇÃO 3:1	
	GL	D	S	D	S
ENTRELAÇADO	3	30,12	+	53,02	+
LENHA	38	164,11	+	251,79	+
CAINGANG COMPOSTO	39	418,49	+	572,70	+
CAINGANG PR III	33	325,85	+	440,18	+
CAINGANG SP III	46	243,65	+	611,03	+
GUARANI COMPOSTO	20	243,65	+	324,12	+
GUARANI BOL II	20	439,18	+	555,60	+
GUARANI PAG V	15	133,56	+	154,30	+
CRISTAL COMPOSTO	17	195,36	+	247,50	+
COMP CANARIO DE OCHO	27	72,67	+	75,13	+
CATETO COMP ARG-URU	22	210,48	+	277,94	+
CATETO COMPOSTO	41	467,76	+	622,60	+
MINAS G II	43	802,28	+	936,16	+

VARIETADE x M.E.C	PROPORÇÃO 1:1			PROPORÇÃO 3:1	
	GL	D	S	D	S
CATETO COMP COLOMBIA	35	521,17	+	759,47	+
PEROLA PIRACICABA	39	889,79	+	1227,22	+
PIRACAR I	18	349,96	+	330,70	+
ETO BLANCO WP 7	26	480,95	+	476,02	+
ETO AMARILLO WP 35	25	762,62	+	886,16	+
CUBA 11 J WP 5	30	502,48	+	555,06	+
ANTIGUA GPO 2	41	864,96	+	1097,45	+
SÃO PAULO II CRAVO PAULISTA	38	561,17	+	749,58	+
TUXPEÑO LA POSTA WP 25	10	176,42	+	234,98	+
CENTRALMEX	46	633,22	+	512,96	+
AMERICA CENTRAL	18	447,62	+	595,12	+
PIRAMEX	30	485,94	+	574,25	+
TUXPANTIGUA	19	301,50	+	286,09	+
MINAS G II x PIRAMEX F1	21	284,31	+	300,99	+

VARIEDADE x M.E.C	PROPORÇÃO 1:1			PROPORÇÃO 3:1	
	GL	D	S	D	S
MINAS G II x PIRAMEX) x MINAS G II	19	155,48	+	242,46	+
MINAS G II x PIRAMEX) x PIRAMEX	20	59,45	+	19,52	ns
MINAS G II x PIRAMEX P2	21	131,69	+	175,24	+

+ Significativo ao 5%

ns Não significativo ao 5%

### 5.3 - Interação

Na tabela 5 é apresentado o total das famílias, com as quais se trabalhou, classificadas em cada uma das proporções.

Tabela 5 - Total das famílias nas diferentes proporções

	Fer:Est 0:1	Fer:Est 1:1	Fer:Est 1:0	Fer:Est 3:1	Outros
N	146	217	22	128	337
%	17,1	23,5	2,5	15,0	39,6

Vê-se assim que o maior número de famílias foi classificado na classe "outros", com um total de 337 famílias, o que equivale a 39,6%.

Como a interação genótipo x ambiente e o efeito dos genes modificadores manifestam-se no genótipo parcialmente restaurador, deve-se pensar que este elevado número de famílias na classe "outros" é consequência do sistema de avaliação, da interação genótipo x ambiente e efeito de genes modificadores. A interação com o ambiente é alta pôsto que o plantio foi feito em um só ano e um só local, os resultados obtidos são válidos somente nestas condições. Tendo também grande influência o sistema de avaliação e o efeito dos genes modificadores.

## 6 - DISCUSSÃO GERAL

O presente trabalho representa um estudo preliminar na determinação da frequência do gene Rfl, restaurador da fertilidade no citoplasma macho estéril tipo T em raças e variedades cultivadas no Brasil. Poderá servir de base para estudos mais completos e detalhados, para assim chegar às metas expostas nas justificativas apresentadas.

Deve-se salientar que o critério de avaliação das plantas, foi feito de forma visual, tomando como plantas macho férteis aquelas que apresentavam na flecha, abertura das anteras, foi assim que se determinaram os fenótipos fértil e estéril, levando-se em conta só a presença do pólen ou não na flecha. Nos trabalhos consultados de ROGER e EDWARDSON (1952), EDWARDSON (1955) e DUVICK (1965), os autores definem 3 tipos de fenótipos, os quais são: estéril, parcialmente estéril e fértil. No presente trabalho não foi possível realizar esta divisão, tomando-se uma amostra da flecha de cada planta, preparando as lâminas correspondentes e examinando ao microscópio, pelo grande tamanho do experimento, o qual contava com 850 famílias cada uma com uma média de 60 plantas.

Também como a distinção foi feita desta maneira visual, pode-se apresentar o caso das plantas que são chamadas por EDWARDSON (1951) de "trace", que apresentam umas poucas anteras, com algum pólen viável, o que pode levar a classificar plantas estéreis como férteis.

A classificação do genótipo quanto a restauração da fertilidade, de acordo com DUVICK (1965) é: a) genótipo não restaurador, que não produz pólen viável em qualquer condição; b) genótipo restaurador, que produz pólen viável em qualquer ambiente, em forma abundante; c) genótipo parcialmente restaurador, aquele que sob algumas condições produz um pouco menos de pólen que a contraparte normal. No presente caso, foi feita a determinação do genótipo a partir dos dados fenotípicos, o que nos leva a incluir parte deste genótipo parcialmente restaurador, no ge

nótipo restaurador da fertilidade, e outra parte no genótipo não restaurador da fertilidade.

Existe interação genótipo x ambiente e efeito de genes aditivos na restauração da fertilidade, no genótipo parcialmente restaurador, como foi estudado por BLIEKENSTAFF et al. (1958) e DUVICK (1959) em trabalhos realizados na Flórida e Jamaica.

Assim, a seleção do genótipo Rfl Rfl deverá ser feita em ambientes secos e quentes, condições as quais não favorecem a formação do pólen. As plantas macho férteis nestas condições serão sempre férteis em qualquer outra condição. Para a seleção do citoplasma macho estéril, as condições ideais são de alta umidade e ar fresco, que favorece o aparecimento do pólen, mostrando-se nestas condições em forma clara a macho esterilidade. Desta forma um genótipo parcialmente restaurador, com um nível baixo de restauração, pode ser completamente estéril em condições frias e úmidas. Enquanto que um genótipo deste tipo com um maior nível de restauração pode ser completamente fértil em condições secas e quentes. DUVICK (1965).

Com referência aos genes modificadores, BLIEKENSTAFF et al. (1958) chega a conclusão que vários genes aparecem responsáveis, pela ação do genótipo parcialmente restaurador. STEAD (1960) apresenta dados, os quais interpreta como evidências de 2 genes complementares diferentes de Rfl, responsáveis pela parcial restauração em linhagens endogâmicas.

No presente trabalho, a determinação da presença do gene Rfl, em todas as variedades testadas, concorda com os trabalhos de EDWARDSON (1955) e DRUMMOND (1966) os quais detectaram o gene Rfl, em um elevado número de variedades da América Latina.

Nos resultados referentes a proporção 1:1, é preciso destacar o caso correspondente ao cruzamento (Minas GII x Piramex) x Piramex, que tem uma frequência do gene em estado heterozigoto de 4,5%. Posto que Minas GII apresenta uma frequência de 29,9 e Piramex de 12,9%, poder-se-

-ia pensar que é devido: a) que a maior quantidade de germoplasma Piramex provocou esta baixa na frequência do gene Rfl; b) que existiu uma interação de genótipo x ambiente e efeito de genes modificadores da fertilidade; c) que não era uma amostra representativa da população.

Segundo EDWARDSON (1955), quando se estudam populações F1 segregando, pode-se encontrar a proporção 1 fértil para 1 estéril se o caráter macho esterilidade fôsse controlado por 1 gene em interação com o citoplasma. Mas 2 genes podem produzir esta mesma proporção de 1:1, em população F1 segregando, além de outras proporções tais como: 1:3; 3:1; 5:3; 3:5 férteis e estéreis. Pelo que pode-se supor que o caráter macho esterilidade é controlado por um ou mais pares de alelos. Além disso a possível contaminação por pólen fértil ou pólen sem genes restauradores da fertilidade, também tem influência no aparecimento destas proporções.

## 7 - CONCLUSÕES

1 - A anotação das plantas considerando-as como férteis, as que apresentavam formação de anteras férteis, revelou a existência de uma expressividade variável do caráter, como é indicado pelas altas frequências de segregações 3:1 e da classe "outros". Influências de genes modificadores e do ambiente devem ter contribuído para êsses resultados.

2 - A forma de avaliação dos fenótipos fértil e estéril para depois determinar os genótipos  $rfl\ rfl$ ;  $Rfl\ rfl$ ;  $Rfl\ Rfl$ , a amostragem relativamente pequena de plantas para cada população a par das influências mencionadas no item anterior, não permitiu determinar com precisão as frequências gênicas dos genes restauradores. Entretanto, considerando a amplitude dos germoplasmas utilizados algumas generalizações e indicações podem ser feitas.

3 - Foi determinada a presença do gene  $Rfl$ , em tôdas as variedades testadas.

4 - 26,4% das variedades apresentaram plantas com o gene  $Rfl$  em estado homozigoto ( $RflRfl$ ). 100% das variedades apresentaram o referido gene em estado heterozigoto ( $Rflrfl$ ), enquanto que 75% das variedades estavam incluídas na proporção 3 férteis para 1 estéril.

5 - As variedades que apresentaram as maiores frequências no estado homozigoto dominante do gene  $Rfl$  foram: Pérola Piracicaba 20%, Eto Amarillo WP 35 com 11,5% e Eto Blanco WP 7 com 11,1%.

6 - As variedades que apresentaram as maiores frequências no estado heterozigoto do gene  $Rfl$  foram: Guarani Pag V, Centralmex, Caingan Composto, Cristal Composto e Tuxpantigua com 43,7; 42,5; 40,0; 38,0 e 34,0% respectivamente.

7 - As variedades que apresentaram as maiores frequências na proporção 3 férteis para 1 estéril foram: Guarani Bol II, Pérola Piracicaba, Tuxpeño La Posta, Tuxpantigua e Cristal Composto com 38,0;

37,5; 36,3; 35,0 e 33,0% respectivamente.

8 - As variedades que apresentaram as maiores frequências do gene em estado homozigoto recessivo (rfl rfl) foram: (Minas G II x Piramex F2), Piramex, Guarani Bol II, (Minas G II e Piramex) x (Piramex), Composto Canário de Ocho e Lenha com 40,9; 38,7; 38,0; 33,3; 32,0 e 30,7% respectivamente.

9 - Os dados relativos às populações Cateto, Minas GII e Piramex e seus cruzamentos, indicam um aumento na frequência de plantas sem restauradores de F1 para F2. Os retrocruzamentos para Piramex e Minas G II aumentam e diminuem respectivamente a frequência de plantas sem restauradores, como seria de esperar. (Tabela 9).

10 - Os únicos milhos que apresentaram certa frequência de plantas homozigóticas para genes restauradores, (dando progênies constituídas só por plantas macho férteis) são do grupo flint, originários de Cuba e da Colômbia. (Tabela 7).

11 - De maneira geral, os milhos com germoplasma Tuxpeño tendem a apresentar maior frequência de plantas sem genes restauradores da fertilidade, (rfl rfl). (Tabela 8).

12 - Os milhos indígenas, especialmente Caingang e Entrelaçado, apresentaram plantas sem genes restauradores, assim também como poucas plantas homozigotas. O mesmo ocorre com o milho Cristal Composto, de maneira bastante acentuada. Parece assim haver uma frequência relativamente alta de heterozigotos. Isto pode ser devido a uma vantagem dos heterozigotos e/ou maior efeito do ambiente e modificadores alterando a expressão do caráter macho esterilidade. (Tabela 6).

13 - Os dados indicam de maneira geral que diferentes grupos raciais de milho apresentam também diferenças nas frequências de genes restauradores. Há indicações de que raças semelhantes ou aparentadas tendem a mostrar semelhanças quanto às frequências de genes restauradores.

Tabela 6 - Frequência (%) de famílias segregando plantas macho férteis nas proporções indicadas, em raças indígenas.

MATERIAL	rfl rfl	Rfl rfl	Rfl Rfl	OUTROS	N
	0:1	1:1	1:0		
ENTRELAÇADO	0,0	50,0	0,0	0,0	4
LENHA	30,7	12,8	0,0	0,0	39
CAINGANG COMPOSTO	10,0	40,0	0,0	17,5	40
CAINGANG PR III	0,0	32,3	2,9	29,4	34
CAINGANG SP III	8,5	34,0	0,0	12,7	47
CAINGANG TOTAL	6,6	35,5	0,8	19,0	121
GUARANI COMPOSTO	14,2	28,5	0,0	9,5	21
GUARANI BOL II	38,0	9,5	0,0	38,0	21
GUARANI PAG V	0,0	43,7	0,0	12,5	16
GUARANI TOTAL	18,9	25,8	0,0	20,6	58
CRISTAL COMPOSTO	0,0	38,8	0,0	33,3	18

Tabela 7 - Frequência (%) de famílias segregando plantas macho férteis nas proporções indicadas, em raças flint.

MATERIAL	rfl rfl	Rfl rfl	Rfl Rfl	3:1	OUTROS	N
	0:1	1:1	1:0			
COMP CANARIO DE OCHO	32,0	3,5	0,0	0,0	64,2	28
CATETO COMP ARG-URU	8,6	21,7	0,0	8,6	60,8	23
CATETO COMPOSTO	14,2	26,1	0,0	9,6	50,0	42
MINAS G II	15,9	29,5	0,0	18,1	36,3	44
CATETO COMP COLOMBIA	27,7	30,5	2,7	5,5	33,3	36
PEROLA PIRACICABA	12,5	10,0	20,0	37,5	20,0	40
PIRACAR I	26,3	26,3	0,0	26,3	21,0	19
ETO BLANCO WP 7	0,0	25,9	11,1	29,6	33,3	27
ETO AMARILLO WP 35	15,3	15,3	11,5	29,4	38,4	26
CUBA 11 J WP 5	9,6	29,0	6,4	6,4	48,3	31
ANTIGUA GPO 2	14,2	21,4	7,1	21,4	35,7	42

Tabela 8 - Frequência (%) de famílias segregando plantas macho férteis nas proporções indicadas, em raças dent.

MATERIAL	rfl rfl	Rfl rfl	Rfl Rfl	3:1	OUTROS	N
	0:1	1:1	1:0			
SÃO PAULO II CRAVO PAULISTA	12,8	30,7	0,0	17,9	38,4	39
TUXPEÑO LA POSTA WP 25	18,1	27,2	0,0	36,3	18,1	11
CENTRALMEX	23,4	42,5	0,0	2,1	31,9	47
AMERICA CENTRAL	26,3	31,5	0,0	10,5	31,5	19
PIRAMEX	38,7	12,9	0,0	3,2	45,1	31
TUXPANTIGUA	0,0	35,0	5,0	35,0	25,0	20

Tabela 9 - Frequência (%) de famílias segregando plantas macho férteis nas proporções indicadas, em cruzamentos.

MATERIAL	rfl rfl	Rfl rfl	Rfl Rfl	3:1	OUTROS	N
	0:1	1:1	1:0			
MINAS G II x PIRAMEX	13,6	13,6	0,0	18,1	54,5	22
(MINAS G II x PIRAMEX) x MINAS G II	20,0	30,0	0,0	5,0	45,0	20
(MINAS G II x PIRAMEX) x PIRAMEX	33,3	4,7	0,0	0,0	61,9	21
MINAS G II x PIRAMEX F2	40,9	18,1	0,0	0,0	40,9	22

## 8 - RESUMO

O presente trabalho estuda a determinação preliminar da frequência de plantas macho férteis, restauradoras do citoplasma macho estéril tipo T.

No ano agrícola 1969-1970 plantas individuais de 30 variedades e raças foram cruzadas com o macho estéril citoplasmático Agroceres, usando-se o pólen de cada planta somente uma vez. Plantou-se em um sistema de fileiras pares. No seguinte ano agrícola 1970-1971, foi plantado para observação o material proveniente dos cruzamentos, no sistema de espiga por fileira, com um total de 850 famílias.

Na época da floração marcaram-se as plantas que apresentavam anteras e a formação do pólen na flecha, o qual foi determinado de forma visual. Estas plantas foram consideradas macho férteis. Depois de feita toda a marcação contou-se o número total de plantas, as plantas férteis e as plantas estéreis por família.

Foram observadas as proporções 0:1; 1:1 e 3:1, fértil e estéril respectivamente. Calculando-se os valores de  $\chi^2$  das proporções 1:1 e 3:1 para as famílias em cada variedade. Considerando-se as famílias totalmente férteis aquelas nas quais 90% ou mais das plantas fossem férteis. Para as famílias totalmente estéreis, considerou-se as famílias que possuíam até 10% de plantas macho férteis. Estes valores de 10%, foram considerados como efeito de contaminação, interação genótipo x ambiente e o efeito dos genes modificadores. Foi calculado o teste de heterogeneidade para as proporções 1:1 e 3:1.

Para os genes em estado homozigoto (Rf1 Rf1) as maiores frequências foram encontradas nos milhos: Pérola Piracicaba 20,0%, Eto Amarillo WP 35 com 11,5% de plantas macho férteis. Enquanto que as maiores frequências por gene em estado heterozigoto (Rf1 rf1) foram obtidas nos milhos: Guarani Pag V, Centralmex e Caingang Composto, onde os valo

res foram respectivamente de 43,7; 42,5 e 40,0%, de plantas macho férteis.

Os dados indicam de maneira geral que diferentes grupos raciais de milho apresentam também diferenças nas frequências de genes restauradores. Observou-se que os milhos flint de Cuba e Colômbia apresentam certa frequência de plantas para o gene Rfl. Verificou-se também que as plantas de germoplasma Tuxpeño apresentam maior frequência de plantas sem os genes restauradores da fertilidade. Por outro lado, as raças indígenas apresentam plantas sem genes restauradores da fertilidade e poucas plantas homozigotas.

9 - SUMMARY

The present work, deals with the preliminary frequency determination of male-fertile plants, which restore the type T of male-sterile cytoplasm.

During the agricultural year 1969-1970 individual plants of 30 varieties and races were crossed with the *Agrocere*s cytoplasmatic male-sterile, pollen of each plant being used just once. These varieties were planted in a paired-row system. The material resulting from these crossings, was planted for observation the next agricultural year (1970-1971), in an ear-to-row system, given a total of 850 families.

During the flowering season the plants presenting anthers and pollen-formation in the ear were marked.

These plants were considered as being the male-fertile plants. The total number of plants by family was recorded.

Fertile to sterile ratios of 0:1, 1:1 and 3:1 were observed. The  $X^2$  values of the ratios 1:1 and 3:1 for the families in each variety was calculated. The families showing over 90% of male-fertile plants were considered fertile families and those presenting under 10% of male-fertile plants were considered sterile families. The 10% values were considered as a result of contamination, genotype-environment interaction and the action of modifier genes.

The heterogeneity test was carried out for the 1:1 and 3:1 ratios.

The largest frequencies of homozygous genes (Rf1 Rf1) were present in the Pérola Piracicaba with 20% and Eto Amarillo WP 35 with 11,5% of male-fertile plants. The largest frequencies of heterozygous genes (Rf1 rf1) were present in the Guarani Pag V, Centralmex and Cain-gang Composto corns, with 43.7, 42.5 and 42.0% of male-fertile plants respectively.

The data indicate, generally speaking, that different racial groups of corn show also different frequency of restorer genes. Cuban and Colombian flint corns have the gene Rf1 in variable frequencies. It was also observed that Tuxpeño germoplasm plants present large frequency of plants without restorer genes for fertility. On the other hand indigenous races present plants without fertility restorer genes and few homozygous plants.

10 - BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

- BRIEGER, F.G. - 1947 - A determinação dos números de indivíduos mínimos necessários na experimentação genética - Em Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Vol. IV - pag. 217-262.
- BLICKENSTAFF, Joyce et al. - 1958 - Inheritance and linkage of pollen fertility restoration in cytoplasmic male-sterility crosses in corn - Agron.J. 50 (8):pag. 430-434.
- BUCHERT, J.C. - 1961 - The stage of genome-plasmid interaction in the restoration of fertility to cytoplasmically pollen-sterile maize. Proc.Nat.Acad.Sci. U.S. 47 (9): pag. 1436-1440.
- BROOKS, J.S. - 1961 - Cytoplasmic male-sterile fertility-restoring gametes in varieties of corn in the Oklahoma collection. Crop.Sci. 1 (3): pag. 222-226.
- DUVICK, D.N. - 1956 - Allelism and comparative genetics of fertility restoration of cytoplasmically sterile maize. Genetics 41 (4): pag.544-565.
- DUVICK, D.N. - 1959 - Genetic and environmental interaction with cytoplasmic pollen sterility of corn. Proc. 14th Annual Hybrid Corn Industry Research Conference 14: pag. 42-52.
- DUVICK, D.N. - 1965 - Cytoplasmic pollen sterility in corn. Adv. in Genet. 13: pag. 1-56.
- DUVICK, D.N. et al. - 1961 - The chromosomal location of Rf1, a restorer gene for cytoplasmic pollen sterile maize. Genet. 46 (10): pag. 1245-1252.
- DRUMMOND, G.A. - 1965 - Produção de semente de milho híbrido com o uso da esterilidade masculina citoplasmática - Em Genética e Melhoramento de Plantas - Publicação Didática nº 9 do Instituto de Genética - Esc. Sup.Agr. "Luiz de Queiroz".
- EDWARDSON, J.R. - 1965 - The restoration of fertility to cytoplasmic ma-

- le sterile corn. Agron.J. 47 (10): pag. 457-461.
- GINI, Emma - 1939 - Estudios sobre esterilidad en maices regionales de Argentina. Instituto Fitotécnico de Santa Catalina - Anales L: pag. 135-138.
- Original não consultado; citado Duvick, D.N. Advances in Genetics 1965 - 13: pag. 1-56.
- GABELMAN, W.H. - 1949 - Reproduction and distribution of the cytoplasmic factor for male sterility in maize. Proc.Nat.Acad.Sc. U.S. 35: pag. 634-640.
- HATHEWAY, W. - 1957 - Races of Maize in Cuba - Publication 453, National Academy of Sciences - National Research Council. Washington, D.C.
- JOSEPHSON, L.M. e JENKINS, M.T. - 1948 - Male sterility in Corn hybrids. J.Am.Soc.Agron. 40: pag. 267-274.
- JONES, D.F. - 1950 - The interrelation of plasmagenes and chromogenes in pollen production in maize. Genetics 35: pag. 507-512.
- JONES, D.F. - 1951 - The cytoplasmic separation of species. Proc.Nat. Acad.Sci. U.S. 37: pag. 408-410.
- JUGENHEIMER, R.W. - 1959 - Obtención de Maiz Híbrido y Producción de Semilla. Coleccion F.A.O. - Cuadernos Agropecuarios nº 62 - Roma - pag. 247-248.
- PENDLETON, J.W. et al. - 1968 - Field Investigations of the relationships of leaf angle in Corn (Zea mays L.) to grain yield and apparent photosynthesis. Agron.J. 60 (4): pag. 422-424.
- PATERNIANI, E. - 1968 - Formação de composto de milho. Em Relatório Científico da Cadeira de Citologia e Genética - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - pag. 102-108.
- QUEIROZ, Manuel A.de - 1969 - Correlação Genética e Fenotípica em Progenies de Meios Irmãos de Milho (Zea mays L.) e suas Implicações com o Melhoramento. Tese mimeografada, para obtenção do título de Magister Scientiae - Piracicaba - 71 pgs.

- RHOADES, M.M. - 1931 - Cytoplasmic inheritance of male sterility in Zea mays. Science 73: pag. 340-341.
- RHOADES, M.M. - 1933 - The cytoplasmic inheritance of male sterility in Zea mays. J.Genet. 27: pag. 71-93.
- RHOADES, M.M. - 1943 - Genic induction of a heritable cytoplasmic difference. Proc.Nat.Acad.Sci. U.S. 29: pag. 327-329.
- RHOADES, M.M. - 1950 - Gene induced mutation of a heritable cytoplasmatic factor producing male sterility in maize. Proc.Nat.Acad.Sci. U.S. 36: pag. 634-635.
- ROGERS, J.S. e EDWARDSON, J.R. - 1952 - The utilization of cytoplasmic male sterile inbreds in the production of corn hybrids. Agron.J. 44: pag. 8-13.
- SCHWARTZ, D. - 1951 - The interaction of nuclear and cytoplasmic factors in the inheritance of male sterility in maize. Genetics 36: pag. 676-696.
- SPRAGUE, G.F. - 1955 - Corn breeding. In Corn and Corn Improvement. Edit. G.F.Sprague - Academic Press, New York. pag. 233-234.
- SNEDECOR, G. and COCHRAN, W. - 1957 - Statistical Methods - 5th Edition The Iowa State University Press Ames, Iowa, USA - pag. 21-36.
- STED, B. - 1960 - The gene action involved in the fertility restoration of Texas type cytoplasmic male sterile maize and its performance compared with normal cytoplasm. Ph.D. Thesis, Univ. Wisconsin, Madison, Wisconsin.
- Original não consultado, citado Duvick, D.N. Advances in Genetics, 1965 - pag. 1-56.
- SNYDER, R.J. and DUVICK, D.N. - 1969 - Chromosomal locations of Rf2 a restores for cytoplasmic pollen sterile maiz. Crop Sci. 9 (2): pag. 156-157.
- THOMAS, W.I. and JOHNSON, I.J. - 1956 - Inheritance of pollen restoration and transmission of cytoplasmic sterility in popcorn. Agron.J. 48 (10): pag. 472-474.