

SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA PARCIAL À Pyricularia grisea EM ARROZ NO BRASIL¹

M. C. Filippi²

A. S. Prabhu³

INTRODUÇÃO

A brusone, causada por Pyricularia grisea (Cooke) Saccardo, assume maior importância econômica principalmente em arroz de sequeiro no Brasil. A deficiência hídrica e a deposição de orvalho por período prolongado provocam alta severidade de brusone na região do cerrado. O manejo integrado da doença é uma das prioridades de pesquisa em arroz de sequeiro.

A resistência da cultivar constitui-se no principal componente do manejo integrado da brusone. A estratégia de melhoramento para obtenção de cultivares com resistência completa é relativamente simples e está sendo adotada pelo Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), da EMBRAPA, desde a sua implantação. Diversas cultivares de sequeiro com diferentes graus de resistência foram lançadas em colaboração com empresas estaduais de pesquisa na década de 80. A resistência destas cultivares, no entanto, não foi adequada. Ainda que nos anos iniciais de lançamento os prejuízos com a brusone tenham sido reduzidos, a severidade da brusone aumentou gradativamente ao longo dos anos. A resistência destas cultivares foi incompleta e possivelmente condicionada por genes maiores. Em geral, as raças combinadas a estes genes aumentam em pouco tempo. Por outro lado, a resistência parcial caracterizada por genes menores e por tipo de infecção suscetível não é alterada com raças fisiológicas prevalentes no campo (Parlevliet & Ommeren, 1988). O melhoramento visando resistência parcial é uma das estratégias mais indicadas para o manejo da brusone com sucesso. Pesquisas desenvolvidas no CNPAF têm demonstrado a existência de cultivares nativas e tradicionais com diferentes graus de resistência parcial (Prabhu & Bedendo, 1991). Contudo, o grau da resistência parcial não é adequado sob condições de alta pressão da doença em arroz de sequeiro.

A complexidade exigida pelo método de melhoramento para resistência é justificada pela alta variabilidade do patógeno (Filippi & Prabhu, 1987). Também a expressão da resistência parcial é alterada por condições climáticas e nutricionais. Todas as cultivares possuem um ou mais genes maiores, porém, é difícil separar os efeitos epistáticos destes genes no processo seletivo de plantas para resistência parcial no campo.

A herança da resistência parcial é de natureza quantitativa. A melhor estratégia a ser adotada para acumular muitos genes com efeitos menores é através da seleção recorrente (Parlevliet, 1983).

No presente trabalho são apresentados os esquemas de seleção recorrente que visam a obtenção de linhagens com resistência parcial em arroz de sequeiro. Discutem-se, também, os detalhes dos critérios

¹ Trabalho apresentado no I Taller Internacional sobre Selección Recorrente em Arroz, 13 a 17 de março de 1995, Goiânia, GO.

² Pesquisador, M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, 74001-970 Goiânia, GO.

³ Pesquisador, Ph.D., EMBRAPA/CNPAF.

utilizados para seleção de plantas com resistência parcial, os resultados obtidos até o momento das pesquisas realizadas no CNPAF e as possíveis dificuldades na seleção de campo.

CONSTITUIÇÃO DA POPULAÇÃO

A população foi constituída pela recombinação de 28 progenitores selecionados a partir de germoplasma nativo e cultivares tradicionais de arroz de sequeiro (Tabela 1). O gene de macho-esterilidade foi incorporado a esta população, denominada CNA-IRAT 5, através do mutante da cultivar indica (IR-36), cuja participação foi alta, correspondendo a 12,5% do total de progenitores selecionados (Taillebois & Guimarães, 1989). Já as cultivares melhoradas e nativas tiveram uma participação equivalente a 45,9% (Veillet, 1993).

IDENTIFICAÇÃO DA RAÇA VIRULENTA

Objetivando identificar uma raça virulenta para a maioria dos progenitores foram testados 17 isolados monospóricos, coletados de cultivares comerciais de arroz de sequeiro de diferentes localidades do Brasil Central. Os resultados dos testes dos três isolados mais virulentos encontram-se na Figura 1. O isolado ECJ5P¹-88, raça IB-9, foi identificado como o mais agressivo, sendo utilizado, portanto, para seleção de plantas com resistência parcial. Este isolado originou-se de panículas infectadas da cultivar Guarani, coletadas em Jaciara, MT, em 1988 (Filippi et al., 1994).

APURAÇÃO DA POPULAÇÃO PARA RESISTÊNCIA PARCIAL

A população CNA-IRAT 5, constituída de 3.000 plantas, foi submetida a três inoculações artificiais com o isolado ECJ5P¹-88, seguida de seleção de plantas com resistência parcial. O método consiste na eliminação das plantas com reação de resistência (R e Rh) e seleção de plantas com resistência parcial (RP), suscetíveis (S) e altamente suscetível (AS). As plantas RP, S e AS foram recombinadas para a constituição de nova população, aproximadamente 300 plantas (Figura 2). Um novo ciclo de seleção foi feito na população utilizando o mesmo isolado e critérios de seleção (Figura 3).

As plantas selecionadas foram recombinadas e apenas as plantas macho-estéreis foram colhidas, cada qual representando uma família. Avaliaram-se 107 famílias (S₁) para reação à brusone nas folhas, com o mesmo isolado, separadamente, em copos, em casa de vegetação (Figura 4). A maioria das famílias apresentou reação altamente suscetível, devido a alta pressão de infecção. As sementes remanescentes destas famílias que apresentaram reações RP, S e AS foram recombinadas para comporem a população CNA-IRAT 9.

Os três testes descritos foram realizados com o objetivo de eliminar os genes maiores combinados com ECJ5P¹-88.

ESQUEMAS DE SELEÇÃO RECORRENTE PARA RESISTÊNCIA PARCIAL

Utilizaram-se dois esquemas de seleção recorrente, um de casa de vegetação e outro de campo.

No esquema de casa de vegetação (Figura 5), visando selecionar as plantas com resistência parcial (lesões de borda marrom-avermelhada, forma elíptica e centro acinzentado), avaliou-se a população inicial (P_0), CNA-IRAT, representada por uma amostra de 3.000 plantas, através de inoculações com o isolado ECJ5P¹-88. As plantas com reação de resistência e alta suscetibilidade foram eliminadas. A primeira população melhorada (P_1) foi constituída pela recombinação de plantas RP selecionadas. Seguiu-se a mesma metodologia para obtenção dos ciclos subseqüentes (P_2 , P_3 , P_4 , P_5).

No esquema de campo (Figura 6), em 1990/91, as famílias S_2 , provenientes de plantas férteis da população CNA-IRAT-9, foram semeadas em linhas de 2,0 m. A bordadura com mistura de cultivar suscetível, inoculada com o isolado ECJ5P¹-88, raça IB-9, foi estabelecida 15 dias antes da semeadura das famílias. Para a avaliação de brusone na folha, utilizou-se uma escala de cinco graus (1, 3, 5, 7 e 9), na qual a nota 3 representa a RP, com poucas lesões esporulativas de tipo 4, na escala de 1 a 9. Selecionaram-se 61 famílias S_2 , cujas sementes remanescentes foram recombinadas para a constituição de uma nova população (ciclo 2). Neste ciclo, somente com base de ideotipo, selecionaram-se, 300 plantas férteis, entre 4.000 plantas, e avançadas em progênies para avaliação da resistência a brusone no campo, como descrito anteriormente. Entre as 300 progênies, apenas 60 foram selecionadas para início do ciclo 3, resultando em 280 famílias, as quais serão avaliadas com a mesma raça virulenta (ECJ5P¹-88) para identificar e selecionar famílias com RP, em condições controladas de casa de vegetação.

EFEITO DE QUATRO CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE QUANTO A RESISTÊNCIA PARCIAL À BRUSONE NAS FOLHAS

Os quatro ciclos de populações recorrentes desenvolvidos utilizando esquema de casa de vegetação (Figura 5) foram comparados quanto a eficiência da seleção em condições controladas de casa de vegetação e em condições naturais de infecção no campo.

Em casa de vegetação, as populações foram inoculadas simultaneamente com o isolado virulento ECJ5P¹-88. No campo, as mesmas populações foram expostas para todas as raças para todas as raças prevalentes.

Para as avaliações de brusone nas folhas, tanto em condições de campo como em casa de vegetação, utilizou-se a seguinte escala: 1 = plantas imunes ou com reação de hipersensibilidade, com pontuações necróticas; 3 = pequenas lesões arredondadas ou de forma elíptica, esparsas, esporulativas e com borda marrom; 5 = várias lesões típicas de forma irregular e esporulativas, coloração esverdeada e sem bordas definidas; 7 = muitas lesões de forma irregular e esporulativas, coalescendo rapidamente, coloração esverdeada e sem bordas definidas; e 9 = muitas lesões coalescentes, de forma irregular, resultando na morte do tecido.

Ressalta-se que, nesta escala, a nota 1 representa a RV, e a nota 3 a RP.

A herdabilidade realizada e o ganho genético foram estimados de acordo com Carson & Carson (1989).

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3 e na Figura 7, verifica-se que, tanto em casa de vegetação como no campo, houve redução na severidade da doença na população avançada comparada à população inicial (P_0). Nos testes realizados em casa de vegetação obteve-se ganho genético considerável (= 0,71) na população do ciclo 4. A herdabilidade realizada

evidenciou que 42% da variação genotípica é consequência da variação genética. A segregação das populações avançadas para RV aumentou junto com RP.

O comportamento das mesmas populações no campo, quanto a resposta da seleção, foi superior nos ciclos mais avançados. Em cada população melhorada houve aumento progressivo do coeficiente de variação genotípica.

CONSIDERAÇÕES GERAIS

Levando em conta os 20 anos de pesquisa desenvolvida com o apoio de uma rede nacional de ensaios, verifica-se que o progresso no aumento do grau de resistência das cultivares e na produtividade da cultura do arroz foi limitado. Isto pode ser atribuído ao número limitado de cruzamentos e às dificuldades para associar todos os fatores favoráveis em um único genoma.

A disponibilidade da macho-esterilidade em arroz facilitou o policruzamento e a adoção do método de seleção recorrente para o melhoramento populacional para uma ou outra característica, como a resistência parcial. A população melhorada pode ser utilizada como fonte de resistência e as famílias provenientes destas populações, como cultivares.

Os resultados obtidos com quatro ciclos de seleção recorrente para resistência parcial assinalam perspectivas promissoras e complementam os métodos tradicionais de melhoramento para resistência à brusone.

Quando se adota um critério de seleção apropriado, o grau da resistência parcial nas populações aumenta ciclo após ciclo. O baixo número de lesões tipo 4 (esporulativas), considerado como critério de seleção para resistência parcial, mostrou resultado satisfatório neste estudo. Na ausência de genes maiores na população e quando a população do patógeno é bem definida, a eficiência da seleção recorrente aumenta ao se utilizar este critério.

Se não houver efeitos aditivos para o caráter a ser melhorado, não é necessário desenvolver populações promissoras para linhas puras (Gallais, 1993). A pressão de seleção deve ser uniforme e alta para eliminar plantas resistentes ou altamente suscetíveis ou com reação hipersensitiva. Os controles apropriados, feitos com cultivares que apresentam alto grau de resistência parcial e alta suscetibilidade, devem ser mantidos em condições de inoculação artificial.

A resistência parcial no campo não pode ser avaliada com precisão e está sujeita a interação genótipo-ambiente. Por esta razão, recomenda-se que os testes sejam realizados nos mais diferentes ambientes em que o arroz esteja plantado. No Brasil, o estabelecimento de um isolado como patógeno (raça) dominante é difícil porque populações diversas do patógeno estão presentes em todas as áreas experimentais. Além disso, no campo, a resistência parcial pode ser confundida com os efeitos de genes maiores na população na qual ainda são efetivos contra as raças prevalecentes.

Dos resultados obtidos neste estudo, destacam-se três: (1) encontrou-se a variabilidade necessária para RP nas populações; (2) a pressão de seleção nas condições controladas foi uniforme e alta; e (3) a seleção para resistência parcial nas populações tem mostrado uma tendência para aumento de porcentagem de plantas com resistência vertical.

Faz-se oportuno ressaltar ainda: a importância na escolha dos progenitores da população inicial, baseada em dados previamente coletados, quanto a resistência parcial aos isolados disponíveis; e o tempo necessário

para finalizar um ciclo em cada esquema mostrado anteriormente. Nas populações conduzidas em condições controladas, a seleção foi feita para os dois sexos, aumentando consideravelmente o ganho genético por ciclo de cada população.

Ainda são poucas as informações disponíveis quanto a expressão da RP testada em diversos locais. Se a pressão de brusone for alta, existe a tendência de eliminar as plantas com resistência parcial e, se baixa, a frequência de escapes é maior, principalmente quando são utilizados critérios de seleção com poucas lesões (tipo de infecção 4). Sugere-se que os futuros estudos busquem um sistema alternativo para a avaliação de brusone nas panículas e folhas.

O melhoramento simultâneo de populações com duas ou mais características complexas é difícil. No campo, a seleção simultânea para todas as características, além de levar muito tempo, pode não oferecer resultados para RP. Para minimizar tal problema, deve-se criar uma série de subpopulações dentro da população melhorada para RP e testá-la, em locais diferentes, quanto a outras características agrônômicas, inclusive quanto a brusone nas panículas.

O desenvolvimento de populações com características agrônômicas múltiplas, sem adicionar os componentes de resistência parcial à brusone, impossibilita o aumento do teto da produtividade.

A durabilidade da resistência parcial não pode ser medida no processo de seleção. Assim, o valor de linhas derivadas de populações como fontes de resistência parcial deve ser estudado futuramente.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

BONMAN, J.M. Durable resistance to rice blast disease environmental influences. *Euphytica*, Wageningen, v.63, p.115-123, 1992.

CARSON, D.S.; CARSON, J.M. Breeding for resistance in forest trees: a quantitative genetic approach. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.27, p.373-395, 1989.

FEHR, R.W. *Recurrent selection: principles of cultivar development*. New York:MacMillan Publishing, 1939. v.1, 536p.

FILIPPI, M.C.; NEVES, P.C.F.; NOTTEGHEM, J.L.; PRABHU, A.S. Recurrent selection for partial resistance to leaf blast in upland rice. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE ARROZ PARA A AMÉRICA LATINA E PARA O CARIBE, 9., 1994, Goiânia. *Resumos*. Goiânia:EMBRAPA-CNPAF/CIAT, 1994. Resumo 42.

FILIPPI, M.C.; PRABHU, A.S. Quantificação de resistência parcial a brusone em cultivares de arroz de sequeiro. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 3., 1987, Goiânia. *Resumos*. Brasília:EMBRAPA-DDT, 1987. p.57 (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 19).

FILIPPI, M.C.; PRABHU, A.S.; NEVES, P.C.F.; NOTTEGHEM, J.L. Eficiência da seleção recorrente sobre a resistência parcial a brusone em arroz de sequeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.19, p.279, 1994. Suplemento.

- FILIPPI, M.C.; VEILLET, S.; PRABHU, A.S. Avaliação de populações recorrentes para resistência parcial a brusone, em arroz de sequeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.17, p.200, 1992.
- GALLAIS, A. Efficiency of recurrent selection methods to improve the line value of a population. *Plant Breeding*, Berlin, v.111, p.31-41, 1993.
- JENKINS, M.T.; ROBERT, A.L.; FINDLEY JR., W.R. Recurrent selection as a method for concentrating genes for resistance to *Helminthosporium turcicum* leaf blight in corn. *Agronomy Journal*, Madison, v.46, p.86-94, 1954.
- KERVELLA, J.; GOLDRINGER, I.; BRABANT, P. Sélection récurrente chez les autogames pour l'amélioration des variétés lignées pures: une revue bibliographique. *Agronomie*, Paris, v.11, p.335-352, 1991.
- OU, S.H. Pathogen variability and host resistance in rice blast disease. *Annual Review of Phytopathology*, Palo Alto, v.18, p.167-187, 1980.
- PARLEVLIET, J.E. Durable resistance in self-fertilization annuals. In: LAMBERTI, F.; WALLER, J.M.; GRAAFF, N.A. van der (Eds). *Durable resistance in crops*. New York:Plenum, 1983. p.347-362.
- PARLEVLIET, J.E.; OMMEREN, A. van. Accumulation of partial resistance in barley to barley leaf rust and powdery mildew through recurrent selection against susceptibility. *Euphytica*, Wageningen, v.37, p.261-274, 1988.
- PRABHU, A.S. & BEDENDO, I.P. Avaliação de resistência horizontal à brusone em cultivares de arroz. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v.16, n.1, p.34-39. 1991.
- TAILLEBOIS, J.; GUIMARÃES, E.P. CNA-IRAT 5 upland rice population. *IRRN*, Los Baños, v.14, p.3, 1989.
- VEILLET, S. Organisation of the genetic variability and recurrent selection in rice (*Oryza sativa* L.). Montpellier:Institut National Agronomique, 1993. 132p. Tese Doutorado.

Tabela 1. Variedades componentes da população CNA IRAT 5.

VARIETADE	ORIGEM	PARTICIPAÇÃO NA POPULAÇÃO (%)
IR 36 (ms +)	Mutante de IR 36	12,50
Palawan*	Germoplasma mexicano	12,50
Cuiabana*	IAC 47/SR 2041-50-1	8,10
IRAT 237*	IAC 25/RS 25	6,73
Beira Campo	Germoplasma brasileiro	5,39
CNA 4097	63-83/IAC 25	5,39
CNA 4145	IAC 47/kinandong Patong	5,39
Cabaçu (IRAT 177)	Mutante de 63-83	5,39
IREM 41-1-1-4	Mutante de Makouta	5,39
Palha Murcha	Germoplasma brasileiro	5,39
Tox 1011-4-2	IRAT 13/DP 689//Tox 490-1	5,39
CNA 5171	IAC 47/IRAT 13	2,69
IAC 165*	Dourado Precoces/IAC 1246	2,69
IREM 247	Mutante de IAC 25	2,50
IAPAR 9*	Batatais/IAC F.3-7	1,57
IRAT 112*	Dourado Precoces/IRAT 13	1,47
CNA 4135	IAC 47/63-83	1,36
IREM 238*	PJ 110/IAC 25	1,35
Arroz de Campo*	Germoplasma brasileiro	1,25
CA 435*	Germoplasma africano	0,84
Casca Branca	Germoplasma brasileiro	0,84
CNA 5179	IAC 47/IRAT 13	0,84
CNA 770j87	-	0,84
Comum Crioulo	Germoplasma brasileiro	0,84
Jaguari	Germoplasma brasileiro	0,84
L-13	-	0,84
L-81-24	IAC 2091/Jaguari//IRAT 10	0,84
Santa América	Germoplasma brasileiro	0,84

Tabela 2. Médias de brusone nas folhas, ganho genético e herdabilidades observada nas populações avaliadas em casa de vegetação com a raça IB-9.

Populações	x	h^2	ΔG	VR%	PR%
P ₀	4,98			2,49	23,38
P ₁	4,90	0,04	0,08	4,88	28,66
P ₂	4,44	0,21	0,46	6,07	39,25
P ₄	3,73	0,42	0,71	14,88	50,00

X = média de brusone.

h^2 = herdabilidade observada.

ΔG = ganho genético.

VR% = porcentagem de plantas com resistência vertical.

PR% = porcentagem de plantas exibindo resistência parcial.

Tabela 3. Média de brusone nas folhas, resposta à seleção, herdabilidade observada e coeficiente de variação fenotípica nas populações avançadas, em casa de vegetação e no campo.

POPULAÇÕES	X	CV _p (%)	h ²	RESPOSTA À SELEÇÃO	
				ANO	ACUMULADA
P ₀	7,31 a ¹	21,66	-	-	-
P ₁	6,61 ab	24,94	0,17 ²	9,57	9,57
P ₂	5,69 bc	32,65	0,26	12,58	22,15
P ₄	5,26 c	30,51	0,16	28,04	50,19

¹ As médias seguidas da mesma letra diferem significativamente no nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

² Herdabilidade observada.

SEVERIDADE DE BRUSONE EM 27 PROGENITORES AOS ISOLADOS
DE *P. oryzae* (ECJ2F¹; CG1; ECJ5P¹)

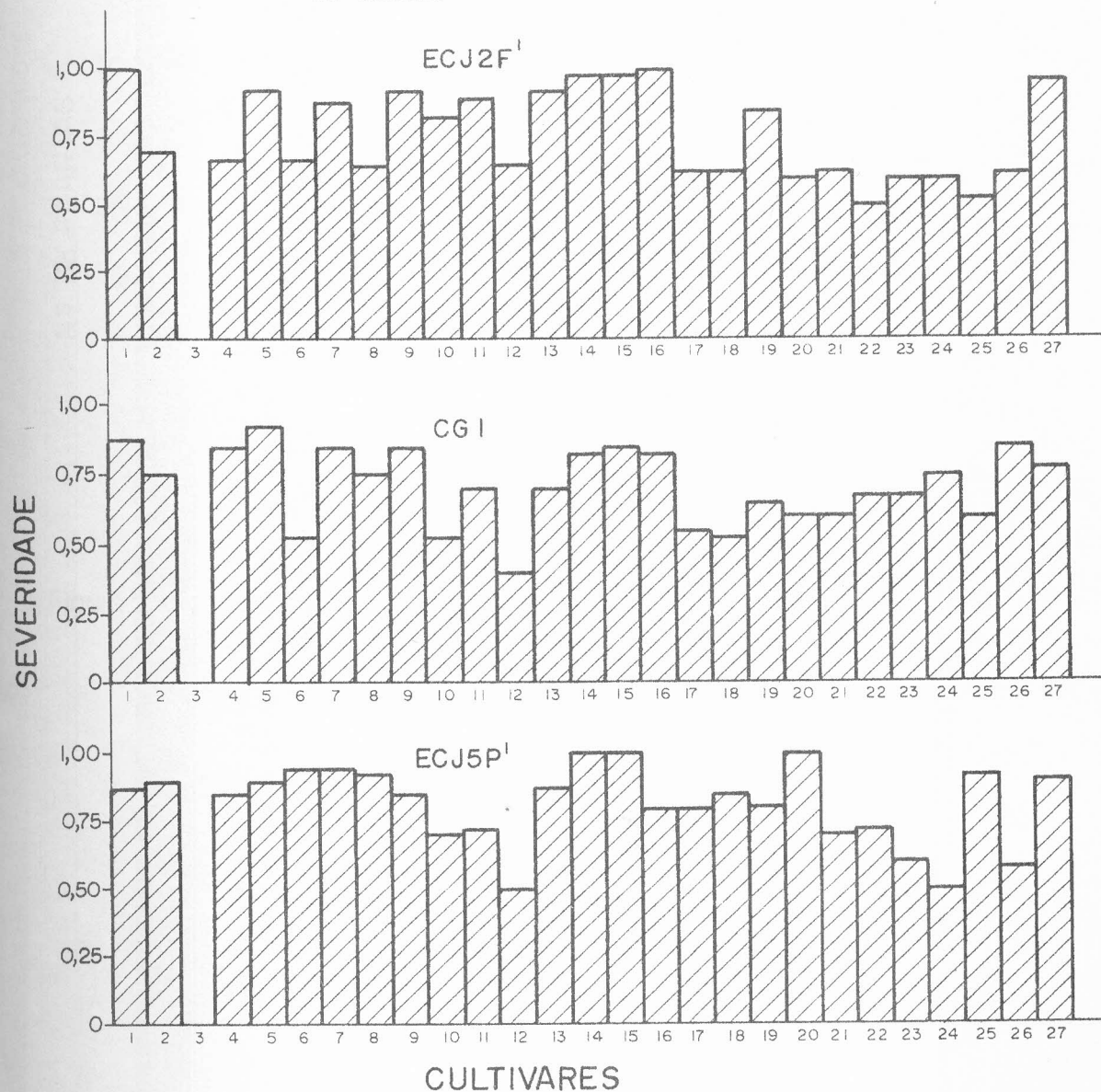


Figura 1 - Severidade da brusone em 27 progenitores aos isolados de *P. grisea* (ECJ2F¹ CG1, ECJ5P¹)

FREQÜÊNCIA DE REAÇÃO AO ISOLADO ECJ5P^I-IBI
COM PLANTAS DA POPULAÇÃO RECORRENTE

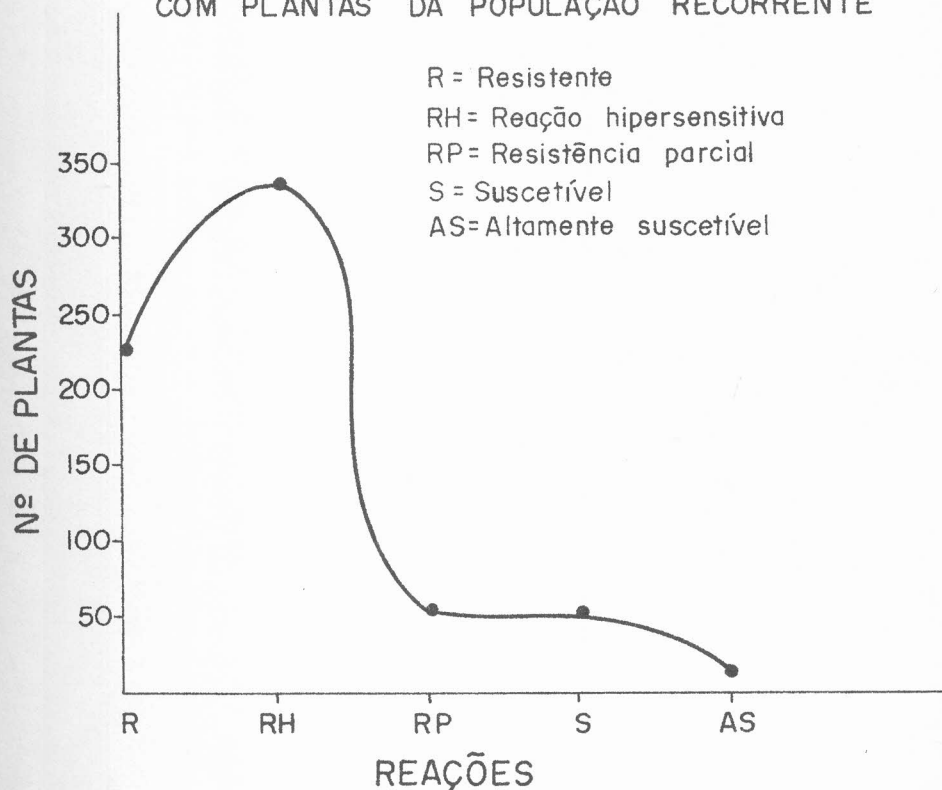


Figura 2 - Frequência de reação ao isolado ECJ5P^I-IB9 em plantas da população recorrente

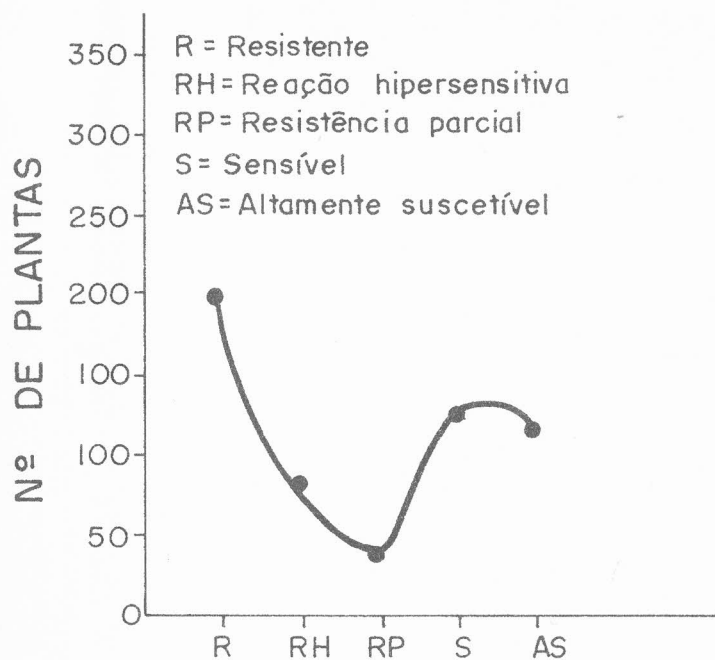


Figura 3 - Número de plantas com diferentes reações à infecção pelo isolado ECJ5P¹-IB9, observados na população de arroz CNA-IRAT 5/0/2.

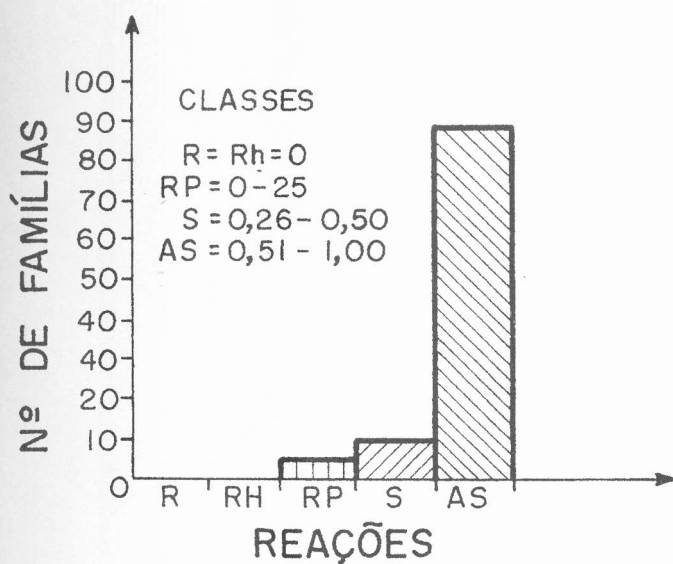


Figura 4 - Frequência das reações das 107 famílias S₁, ao isolado ECJ5P¹-8.

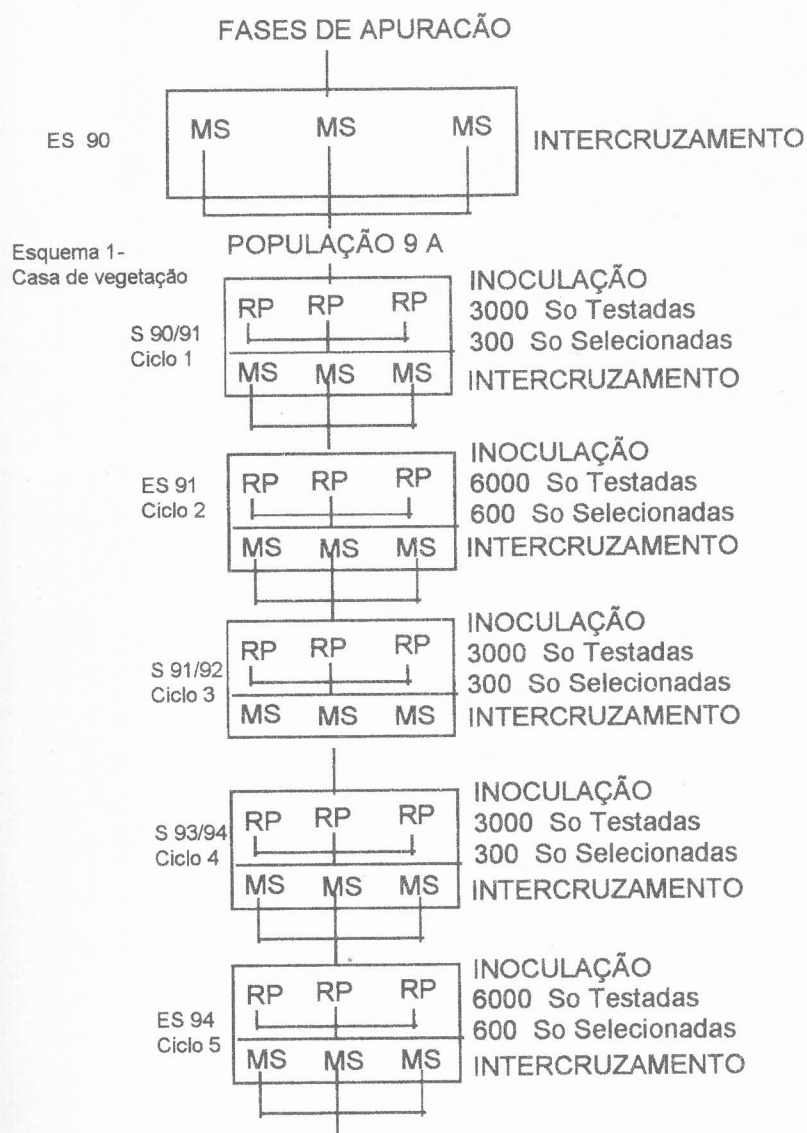


FIGURA 5. Esquema de seleção recorrente em condições controladas de casa de vegetação

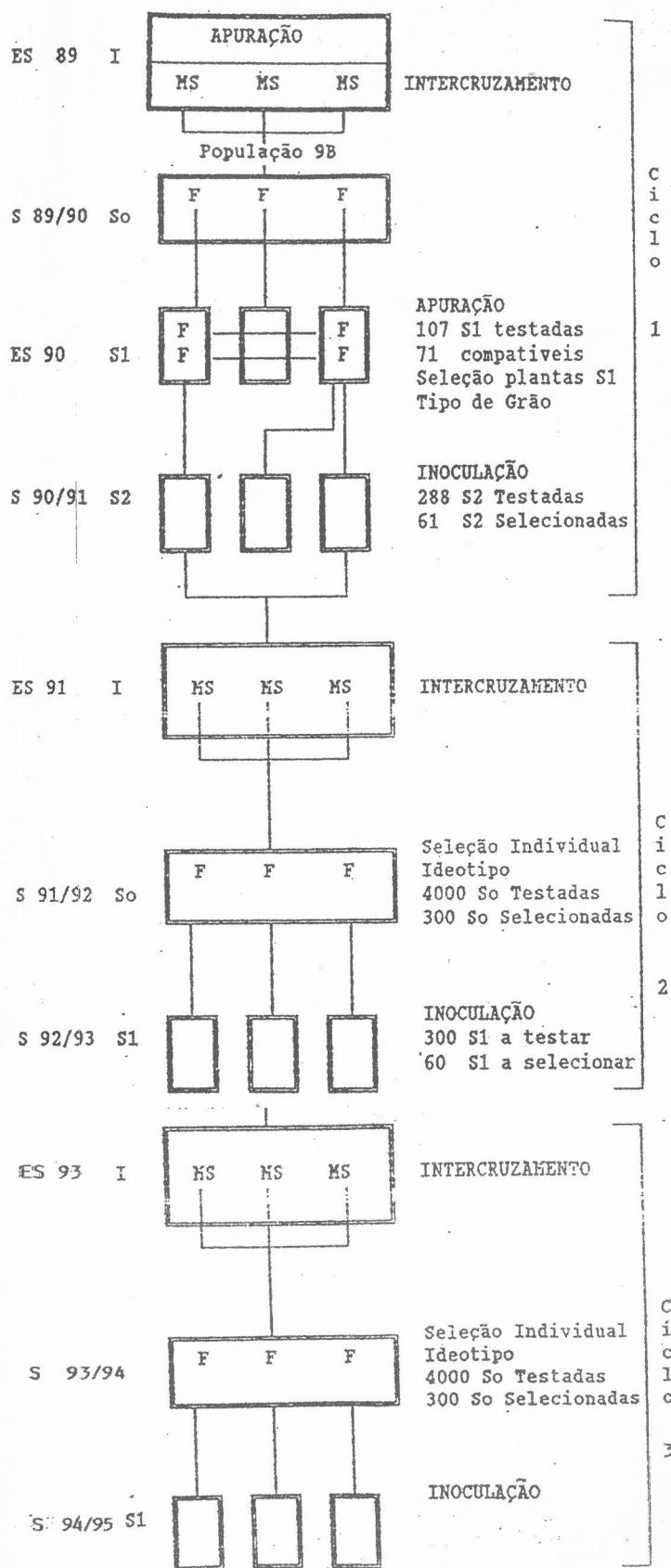


FIGURA 6. Esquema de seleção recorrente conduzido em famílias, em condições de campo.

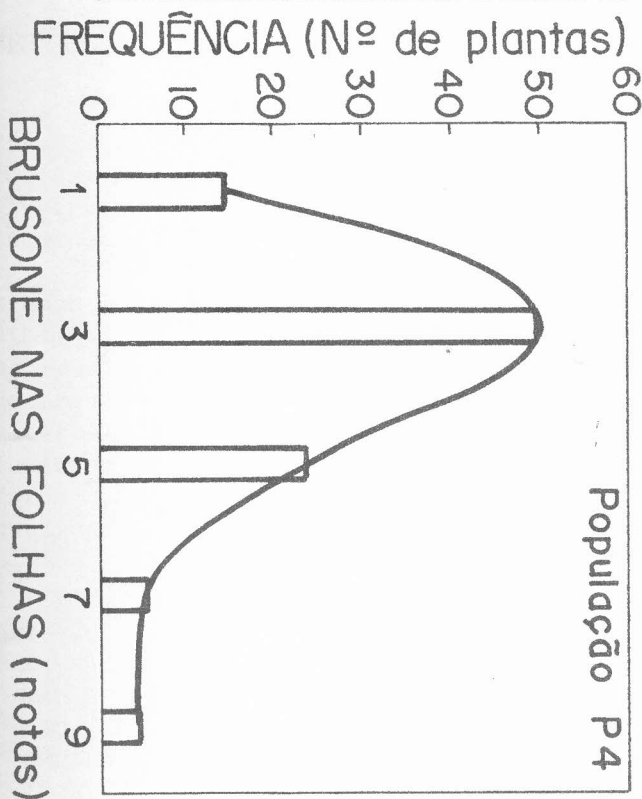
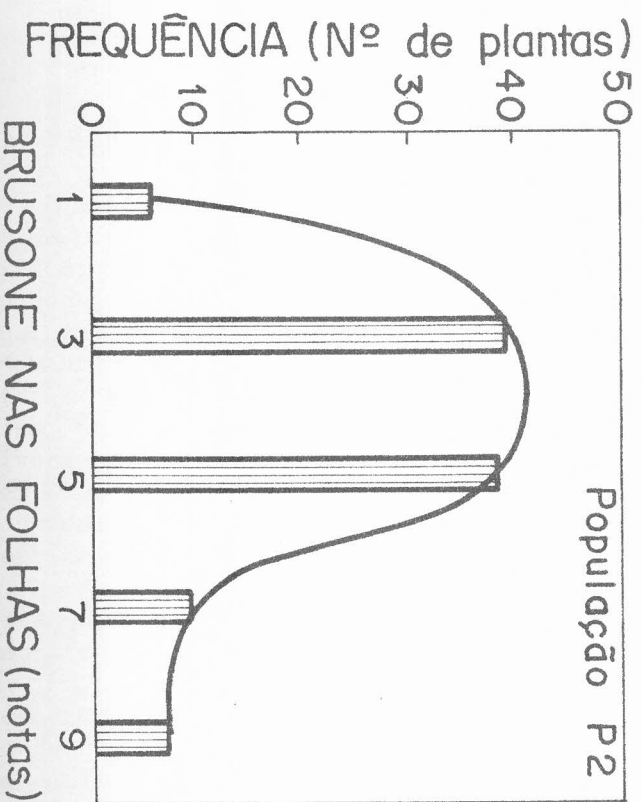
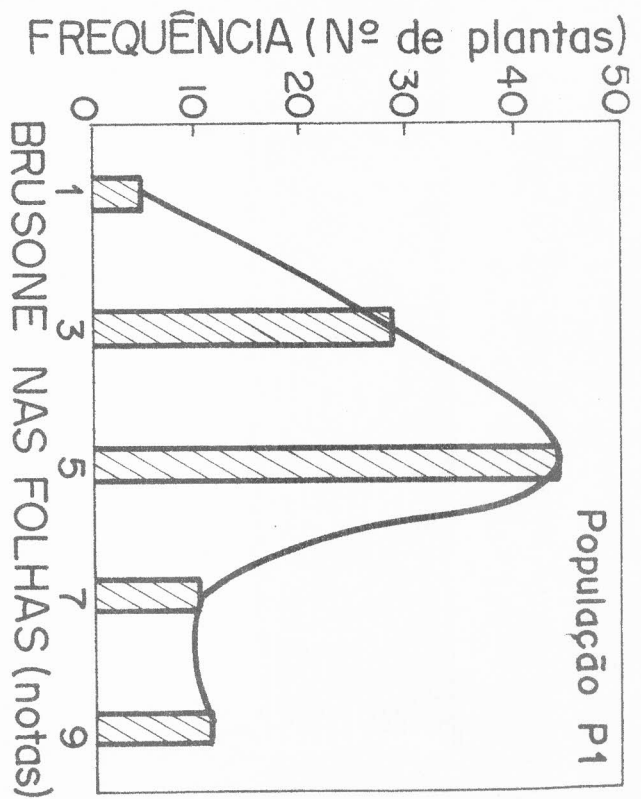
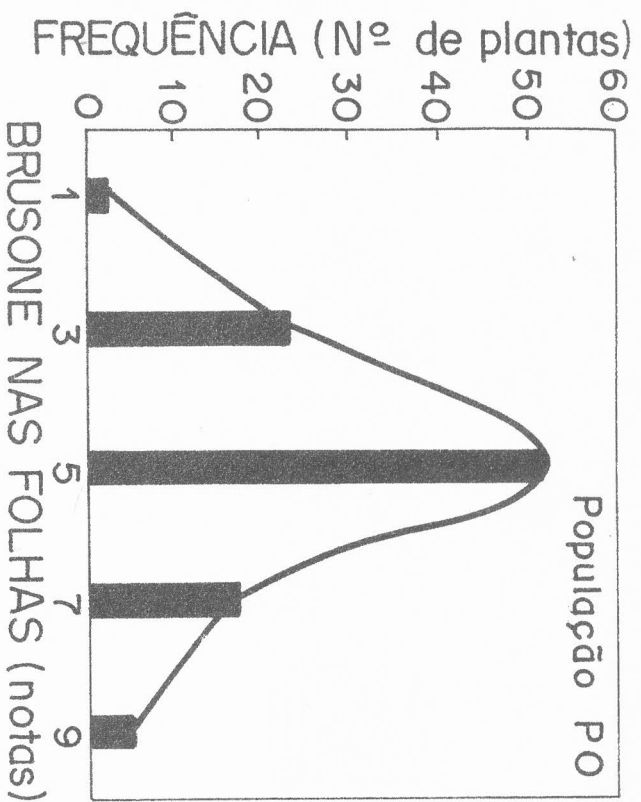


Figura 7. Frequência de plantas com brusone nas folhas, nas populações P₀, P₁, P₂, e P₄, inoculadas com a raça IB-9.

I TALLER INTERNACIONAL SOBRE SELEÇÃO RECORRENTE EM ARROZ

13 a 17 de março de 1995
Goiânia, GO - Brasil

EMBRAPA-CNPAF
CIAT/CIRAD-CA/INGER