

Melhoramento do feijão

Magno A. P. Ramalho

Pesquisador ESAL/CNPMS/EMBRAPA

João Bosco dos Santos

Professor/ESAL

INTRODUÇÃO

O incremento da produtividade da cultura do feijão pode ser obtido através da melhoria da constituição genética ou das práticas culturais que incluem adequado nível de fertilidade, preparo do solo, populações de plantas, e um controle eficiente das plantas daninhas, doenças e insetos. Este último aspecto, melhoria das práticas culturais, constitui a maioria dos assuntos deste informe. No entanto, nada foi discutido ainda sobre o melhoramento genético do feijoeiro. Neste trabalho, algumas informações sobre o melhoramento genético do feijoeiro, com ênfase ao que vem sendo realizado em Minas Gerais, serão apresentadas.

As pesquisas sobre o melhoramento genético do feijoeiro, em Minas Gerais, foram iniciadas há alguns anos, tendo contribuído ativamente na evolução do cultivo desta leguminosa. O objetivo destas pesquisas não tem sido apenas obter cultivares com maior produtividade, mas também desenvolver aquelas com estabilidade de produção, notadamente através da resistência aos principais patógenos que ocorrem na cultura.

Entre as instituições que contribuíram para o programa de melhoramento no Estado, destaca-se a Universidade Federal de Viçosa (UFV) que tem lançado inúmeras cultivares. Os extintos Instituto Agrônomo de Minas Gerais e o Instituto de Pesquisa do Centro Oeste também tiveram participação ativa. Mais recentemente, a EPAMIG e a Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL) estão incrementando os seus trabalhos sobre melhoramento do feijoeiro.

BIOLOGIA DA REPRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma espécie que possui o número diplóide de cromossomos igual a 22 ($2n = 22$). A maioria das cultivares de feijão é insensível ao fotoperíodismo. A autofecundação é o sistema predominante, sendo portanto planta autó-

gamas.

As flores dos feijoeiros ocorrem normalmente em cachos, com a corola constituída de cinco pétalas brancas, rosadas ou violáceas, dependendo da cultivar. A maior das pétalas é denominada de estandarte, as médias recebem a denominação de asas, e as duas menores são isoladas formando a quilha que é enroscada em espiral. O androceu é formado de dez estames diadelfos, isto é, nove aderentes pelo filete e um livre. A deiscência das anteras ocorre aproximadamente no momento da abertura da flor.

Nem todas as flores vingam em vagens. Em um estudo conduzido em Lavras, envolvendo cinco cultivares de feijão: Rico 23, Jalo, Carioca, Pintado e Esal 1, durante dois anos — 1975 e 1976, Ramalho e Ferreira (1979) verificaram que as cultivares utilizadas apresentaram um comportamento semelhante com relação ao florescimento. Mais de 90% das flores ocorreram por um período de dez dias, sendo que o vingamento floral foi de apenas 28%, em média.

Apesar da sua estrutura floral, ainda há uma certa taxa de fecundação cruzada natural, trazendo consequência para os trabalhos de melhoramento e manutenção da constituição genética das cultivares existentes. Esta taxa de fecundação cruzada varia de região para região, dependendo principalmente da população e atividade dos insetos, tipo de flores das cultivares e a coincidência no período de florescimento. Vieira (1960) encontrou, em Viçosa Minas Gerais, 0,18% e 0,7% de hibridação natural dos períodos “da seca” e “das águas”, respectivamente. Junqueira Netto & Lasmar Filho (1971) encontraram em Lavras, Minas Gerais, no período “das águas”, uma taxa de fecundação cruzada de 1,02%. Infelizmente não existem dados para outras regiões do Estado, o que seria desejável, especialmente para aquelas produtoras de sementes. Para evitar o cruzamento natural, tem sido recomendado pela Comissão Estadual de Sementes e Mudanças um isolamento

mínimo de 5,0 m.

Para o programa de melhoramento por hibridação é necessária a realização de cruzamentos artificiais que muitas vezes são limitantes ao programa de melhoramento, exigindo habilidade e muita prática. Vieira (1967) descreve, com detalhes, este processo de cruzamento. É necessário salientar ainda que no CIAT (1975), foi obtida uma eficiência de até 81,0% nos cruzamentos com aplicação de hormônio ácido p. 4 clorofenoxiacético), realizando-se os cruzamentos até o meio-dia e com o cuidado de eliminar todas as flores que não foram polinizadas.

VARIABILIDADE GENÉTICA EXISTENTE NAS CULTIVARES UTILIZADAS PELOS AGRICULTORES

Existe um grande número de cultivares de feijão sendo utilizado pelos agricultores, mas eles geralmente não compram sementes e mantêm o seu material genético por longos períodos. Durante este tempo, inúmeras modificações genéticas ocorrem e supõe-se que somente aqueles tipos mais adaptados permaneçam. Isto faz com que os materiais em uso pelos agricultores sejam constituídos por uma mistura de genótipos homozigóticos (linhas puras), adaptadas às diferentes condições de cultivo.

Comentando a respeito desta variabilidade presente entre e dentro das cultivares em uso, Vieira (1979) argumenta que ela condiciona uma gama considerável de resistência horizontal aos patógenos existentes em uma determinada região, sendo, em grande parte, a responsável pela estabilidade na produção.

A existência desta variabilidade genética do material em uso pelos agricultores foi constatada em amostras de feijão Pintado, Paraná e Roxo, (Quadro 1). No Quadro 1 estão apresentadas as estimativas dos parâmetros genéticos obtidas entre as progênes derivadas das diferentes plantas amostradas destas cultivares. Observa-se,

QUADRO 1 – Estimativas das Variâncias Genéticas (σ^2_G), Herdabilidade no Sentido Amplo ao Nível de Média (h^2) e Coeficiente de Variação Genética (CVG%) para a Produção por Planta, Obtidas para as Progenies dos Feijões 'Paraná', 'Pintado' e 'Roxo'.

	Ano	Local	σ^2_G	h^2	CVG%
Progenie Paraná*	1974/75	Lavras	0,4586 ± 0,3986	27,62	6,11
Progenie Pintado*	1975/76	Lavras	2,3584 ± 1,0278	44,66	22,14
Progenie Roxo**	1979	Patos de Minas	0,4942 ± 0,1828	30,57	14,76
	1980	Patos de Minas	0,3476 ± 0,1845	24,10	7,51

Fonte:
*Ramalho et al. (1979)
**Ramalho et al. (1982)

pelas estimativas das herdabilidades e coeficientes de variação genética, que estas cultivares, em uso pelos agricultores, constituem excelente germoplasma para os programas de melhoramento.

MELHORAMENTO

O objetivo dos programas de melhoramento do feijão é a obtenção de cultivares com alta produtividade, resistentes às principais pragas e doenças e com características das sementes aceitáveis no mercado consumidor.

Para atingir este objetivo podem-se utilizar os principais métodos de melhoramento que são comuns às plantas autógamas, ou seja:

- Introdução de cultivares;
- Seleção em população constituída por uma mistura de linhas puras;
- Hibridação com as gerações segregantes, sendo conduzidas por diferentes processos.

A descrição detalhada destes métodos pode ser encontrada em Allard (1971) e Mayo (1980). Aqui serão apresentados apenas alguns comentários sobre cada um deles.

Introdução de Cultivares

É um dos processos mais eficientes no melhoramento de plantas, especialmente quando o programa está-se iniciando. Os materiais introduzidos podem ser utilizados imediatamente quando mostram bom comportamento nos ensaios de adaptação, superando as cultivares locais. Um dos exemplos mais marcantes foi a cultivar Rico 23 (Vieira 1959). Esta cultivar foi introduzida da Costa Rica, em 1954, tendo participado logo em seguida dos ensaios de adaptação conduzidos pela Universidade Federal de Viçosa, onde apresentou um desempenho excelente. Devido à sua grande aceitação pelos agricultores, dentro de pouco tempo ela foi cultivada na maioria das regiões produtoras de feijão-preto não só de

Minas, mas de quase todo o País.

Um outro exemplo marcante foi o da cultivar Carioca, introduzida pelo Instituto Agrônomo de Campinas (Almeida et al 1971). O material original foi coletado no município de Palmital – SP. e enviado ao Instituto Agrônomo, onde, após participar de alguns ensaios, foi entregue para comercialização e é atualmente a cultivar mais utilizada no Brasil.

Na maioria das vezes o germoplasma quando introduzido não é adaptado às condições de cultivo da região, não podendo, assim, ser recomendado para uso imediato. Porém, ele pode ter participação ativa no programa de hibridação, como fonte de genes de resistência a pragas, doenças, seca e outras características.

A introdução é um processo dinâmico, uma vez que, continuamente, são gerados novos genótipos nos programas de melhoramento e ocorre um intercâmbio contínuo de germoplasma.

Seleção

Foi mencionado anteriormente que existe em cultivo um grande número de cultivares que são normalmente constituídas por uma mistura de linhas puras. Estes germoplasmas, em uso pelos agricultores, podem e devem ser utilizados pelos melhoristas, sobretudo porque apresentam grande adaptação às condições de cultivo.

Como etapa inicial do programa de melhoramento da Escola Superior de Agricultura de Lavras, tem sido explorada esta variabilidade existente. Para isto estão sendo coletadas amostras de cultivares e realizada a seleção nestas amostras. Como exemplo, será apresentada a metodologia que foi utilizada recentemente na seleção de linhas puras em amostras de feijão-roxo (Ramalho et al. 1982).

Inicialmente foram coletadas 85 amostras de feijão-roxo em 22 municípios da região do Alto Paranaíba e Paracatu. Estas amostras foram avaliadas na ESAL, Lavras, em 1978, sendo selecionadas fenotipicamente 500 plantas. As progenies destas plantas foram testadas individualmente em Patos de Minas, em 1979. Nesta avaliação, além das progenies foram incluídas as cultivares Carioca, Pintado e Costa Rica 1031, como testemunhas.

Em 1980, foi conduzido o segundo ensaio envolvendo as 100 melhores progenies da etapa anterior, em Patos de Minas e Patrocínio. As vinte melhores progenies identificadas foram novamente avaliadas em 1980/81 em dois locais, sendo as repetições e as parcelas incrementadas, devido à maior disponibilidade de sementes.

Observa-se pelo Quadro 2, onde está apresentado o rendimento das progenies e da cultivar Carioca, que houve ganho com a seleção nos diferentes ensaios. Na primeira avaliação a cultivar Carioca apresentou uma produtividade 51,0% superior à média das amostras. Contudo, na última avaliação esta superioridade foi inferior a 5,0%, sendo esta diferença não significativa.

Como na última etapa não foi identificada diferença significativa na produtividade das progenies, as que apresentaram sementes com características semelhantes foram misturadas e passaram a constituir a cultivar experimental Roxo ESAL 1, que está sendo avaliada em ensaios de adaptação. Dependendo do seu desem-

QUADRO 2 – Produtividade Média de Grãos de Feijão das Progenies e de Cultivar 'Carioca', nos Diferentes Ensaios de Avaliação das Progenies de Feijão-roxo.

	1978 1ª Avaliação (g/planta)	1979 2ª Avaliação (g/planta)	1980 3ª Avaliação (g/planta)	1980/81* 4ª Avaliação (kg/ha)
Progenies	5,73	6,30	5,26	795
Carioca 1030	8,63	7,78	7,30	833

* Resultados médios de ensaios conduzidos em Sete Lagoas com plantio em outubro, e de Patos de Minas com plantio em fevereiro.

Fonte: Ramalho et al. (1982).

penho, nestes ensaios, ela será multiplicada e entregue ao Serviço de Produção de Sementes Básicas.

A cultivar Manteigão Fosco 11, por exemplo, que entre os feijões de cores é uma das mais utilizadas na Zona da Mata de Minas Gerais, originou-se de uma seleção realizada dentro de amostras de feijões do grupo manteiga (Vieira 1960).

Melhoramento por Hibridação

O objetivo da hibridação no melhoramento do feijoeiro é o de combinar, em um único genótipo, genes desejáveis que são encontrados em dois ou mais genótipos diferentes. Na utilização deste método, dois aspectos são de fundamental importância:

- Escolha dos progenitores;
- modo de condução da população segregante.

Escolha dos progenitores

Em um programa de hibridação é imprescindível que os melhoristas façam uma escolha criteriosa das cultivares que irão participar das hibridações. Para isto, é necessário que ele defina bem os objetivos almejados com a hibridação. De modo geral, um dos progenitores é uma cultivar com alta capacidade de produção e adaptação; o outro é usualmente escolhido porque ele complementa determinados atributos que faltam no anterior.

Muitas vezes não é possível obter em um cruzamento biparental as combinações desejadas. Neste caso podem ser envolvidas outras cultivares. Uma opção ampla neste caso é o uso dos cruzamentos múltiplos. A principal limitação destes cruzamentos envolvendo vários progenitores é a pequena probabilidade de obtenção de um genótipo com todos os genes desejáveis. Por esta razão, na maioria dos casos, os melhoristas preferem solucionar o problema por etapa, através de cruzamentos biparentais.

Condução da população segregante

Antes de serem discutidos os modos de condução das populações segregantes, é necessário fornecer algumas informações sobre a composição genética das populações com o decorrer das gerações segregantes, e também sobre a probabilidade de selecionar os indivíduos com a constituição genética desejada.

Com os cruzamentos artificiais são obtidas as sementes F_1 , que são heterozigóticas para todos os locos em que os progenitores diferem. No caso das

plantas autógamas há redução de 50% nos locos em heterozigose em cada geração. Assim sendo, na primeira geração segregante (F_2) têm-se 50% do locos em heterozigose e 50% em homozigose. Na geração F_3 , a proporção de heterozigose cai para 25% e assim sucessivamente. Devido a este fato, a maior atenção à seleção é dada nas gerações mais avançadas, quando é maior a proporção de locos em homozigose e, conseqüentemente, é maior o ganho com a seleção.

A principal dificuldade na condução das gerações segregantes é o número de plantas a ser utilizado na geração F_2 e demais gerações, para se ter uma certa probabilidade de sucesso na seleção. Este número de plantas depende, evidentemente, do número de genes envolvidos no cruzamento.

Para ilustrar, seja por exemplo considerado que estão envolvidos 11 locos, um em cada cromossomo (segregação independente). Nesta situação, o número mínimo de plantas necessárias na geração F_2 , para se obter uma planta homozigota para todos os genes favoráveis, é de 4.194.304, necessitando cultivar uma área superior a 20,0 ha para se obter a planta desejada.

Mesmo para esta situação otimista, com apenas 11 genes envolvidos, isto é impossível na prática, devido à dificuldade de obtenção, através de cruzamentos artificiais, das sementes F_1 em número suficiente para produzir esta quantidade de plantas F_2 , e principalmente pela dificuldade de encontrar a planta almejada entre os 4,2 milhões de plantas cultivadas.

Considerando contudo os homozigotos e os heterozigotos, a probabilidade de sucesso é maior, podendo-se esperar uma em cada 24 plantas F_2 carregando todos os alelos desejáveis. Numa situação como esta, uma população F_2 com 100 plantas terá uma probabilidade acima de 95% de conter o indivíduo com todos os alelos desejáveis.

Como foi dito anteriormente, com o decorrer das gerações aumenta a percentagem de locos em homozigose, havendo necessidade de se ter novamente grande número de indivíduos. Retornando ao exemplo, em que estão envolvidos 11 locos, é fácil estimar que a chance de se ter uma planta com todos os alelos desejáveis em homozigose diminui com o decorrer das autofecundações. Esta probabilidade é de:

Para a geração F_2 : 1 em cada 24 plantas;

Para a geração F_3 : 1 em cada 176 plantas;

Para a geração F_4 : 1 em cada 560 plantas

Para a geração F : 1 em cada 2048 plantas.

Como o número de genes envolvido no controle da maioria dos caracteres de importância econômica é bem superior ao utilizado na obtenção destas estimativas, normalmente a probabilidade de o melhorista selecionar uma planta com todos os alelos desejáveis é muito pequena.

Para a condução da população segregante, alguns métodos são conhecidos, entre eles, o Genealógico (Pedigree), o Massal (buk), e o Retrocruzamento. O procedimento a ser seguido em cada um destes métodos não será comentado aqui. Na realidade, o mais difícil é definir qual será o mais aconselhável em uma determinada situação. Vários fatores, tanto de ordem prática como teórica, devem ser considerados. Assim, por exemplo, se se deseja introduzir o gene *Are*, que condiciona resistência à Antracnose, em uma cultivar com boas características agrônômicas, o método mais eficiente é o Retrocruzamento.

Por outro lado, se a seleção for para um caráter de herança mais complexa, com baixa herdabilidade, a definição entre o método massal e o genealógico irá depender, muitas vezes, das particularidades do caráter sob seleção e, também, das disponibilidades humanas e materiais existentes. Seja, por exemplo, considerado a seleção para a tolerância ao Crestamento Bacteriano Comum, que é um caráter poligênico muito influenciado pelo ambiente, e que as plantas devem ser avaliadas individualmente a cada geração. Neste caso, o uso do método genealógico é o mais aconselhável.

Deve ser salientado, também, que resultados de ensaios de adaptação, conduzidos no Estado de Minas Gerais, têm mostrado que ocorre acentuada interação entre cultivares x ambientes (Monteiro et al 1982 e Santos 1980), mostrando que há necessidade das populações segregantes serem avaliadas em vários ambientes (locais e anos), visando identificar linhagens mais estáveis, que poderão ser recomendadas para uma amplitude maior de condições ambientais.

Síntese de Cultivares Compostas

Um grande número de patógenos,

normalmente com várias raças, pode ocorrer durante o cultivo do feijão, com graves reflexos na sua produtividade. A obtenção de uma cultivar constituída por uma única linha pura, resistente a todos os patógenos, é praticamente impossível. Principalmente por essa razão, tem sido incentivada a criação de cultivares compostas (mistura de linhas puras).

Guazzelli (1975) comenta que as misturas têm menores interações com o ambiente, e em consequência, contribuem para maior estabilidade na produção de grãos. Argumenta, ainda, que elas demonstram possuir maior resistência às doenças e às pragas por oferecerem um substrato descontínuo a esses organismos.

Na sintetização de uma cultivar composta, o fato mais importante é a identificação das linhas puras que reagem positivamente à competição. A este respeito alguns trabalhos foram e estão sendo conduzidos em Minas Gerais. Cardoso & Vieira (1971, 1972 e 1976) fizeram misturas de cultivares de tipos diferentes, a fim de permitir a determinação da proporção relativa de cada componente. Nestes trabalhos eles observaram que, de um modo geral, o componente mais produtivo dominava os outros tão rapidamente que em três ou quatro plantios sucessivos, o material era constituído apenas pela cultivar dominante. Como exem-

plo, será apresentado o resultado obtido por Cardoso & Vieira (1972) com o composto VI, após seis anos de sucessivos cultivos (Fig 2). Este composto envolvia a mistura das seguintes cultivares : Manteigão Fosco 11, Manteigão Brilhante 13, Rico 23, 37 - R, Manteigão 977, VI 983. Observa-se na Figura 2 que a partir do 2º ou 3º plantio as cultivares 37 - R e Rico 23 eram as predominantes.

Comentando a respeito do uso de cultivares compostas, Vieira (1979) diz que elas devem ser renovadas frequentemente, a fim de manter uma proporção mais ou menos constante dos genótipos integrantes, ou então tentar obter um composto em que os genótipos componentes mantivessem um certo equilíbrio nas sucessivas gerações de cultivo.

REFERÊNCIAS

ALLARD, R.W. *Princípios do melhoramento genético das plantas*. Trad. por Almiro Blumenschein e outros. Rio de Janeiro, USAID. 1971. 379 p.

ALMEIDA, L. D'A. de.; LEITÃO FILHO, H.F. & MIYASAKA, S. Características do feijão carioca, um novo cultivar. *Bragantia*, Campinas, 30: XXXIII - XXXVIII, abril 1971.

CARDOSO, A.A. & VIEIRA, C. Progressos nos estudos sobre misturas varietais de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 18 (100): 465-477, 1971.

CARDOSO, A.A. & VIEIRA, C. Comportamento de misturas de variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Fitotecnia Latinoamericana*, São José, Costa Rica, 8 (1): 77-84, 1972.

CARDOSO, A.A. & VIEIRA, C. Comportamento de duas misturas de seis variedades de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Revista Ceres*, 23 (126): 142-9, 1976. In: INFORME ANUAL FRIJOL. Bogotá, Colombia, CIAT, 1975.

GUAZZELLI, R.J. *Competição intergenótipica em feijão*, (*Phaseolus vulgaris* L.): estimativa da capacidade competitiva, Piracicaba, ESALQ, 1975, 59 p. (Tese MS).

JUNQUEIRA NETO, A. & LASMAR FILHO, J. Taxa de alopatia do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em Lavras, Minas Gerais. *Agros*, Lavras, 1 (1): 19-21, 1971.

MAYO, O. *The theory of plant breeding*. Oxford, Clarendon Press, 1980. 293 p.

MONTEIRO, A.A.T.; VIEIRA, C. & SILVA, C.C. da. Comportamento de cultivares de Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) na Zona da Mata de Minas Gerais. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. *Anais*. Brasília, EMBRAPA, 1982, p. 17-20.

RAMALHO, M.A.P. & FERREIRA, M.M. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em relação ao florescimento e vingamento das vagens. *Ciência e Prática*, Lavras, 3 (1): 80-3, jan./jun. 1979.

RAMALHO, M.A.P.; ANDRADE, L.A.B. & TEIXEIRA, N.C.S. Correlações genéticas e fenotípicas entre caracteres do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). *Ciência e Prática*, 3 (1): 63-70, jan./jun.1979.

RAMALHO, M.A.P.; PINTO, C.A.B.P. & SANTA CECÍLIA, F.C. Avaliação de amostras de cultivares de feijão roxo e seleção de progênies. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., Goiânia, 1982. *Anais*. Brasília, EMBRAPA, 1982. p. 20-1.

SANTOS, J.B. dos. *Estabilidade fenotípica de Cultivares de feijão* (*Phaseolus vulgaris* L.) nas condições do sul de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ, 1980. 110 p. (Tese MS).

VIEIRA, C. Rico 23, nova variedade de feijão preto para a Zona da Mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 11 (61): 22-6, 1959.

VIEIRA, C. Sobre a hibridação natural em *Phaseolus vulgaris* L. *Revista Ceres*, 11 (63): 103-7, 1960.

VIEIRA, C. Manteigão Fosco 11, variedade de feijão para a Zona da Mata, Minas Gerais. *Revista Ceres*, 11 (62): 92-102, 1960.

VIEIRA, C. *O feijoeiro comum, cultura, doenças e melhoramento*. Viçosa. UFV, 1967. 220 p.

VIEIRA, C. Resistência horizontal às doenças e diversidade genética no melhoramento do feijoeiro no Brasil. *Revista Ceres*, 19 (104): 261-79 1979.

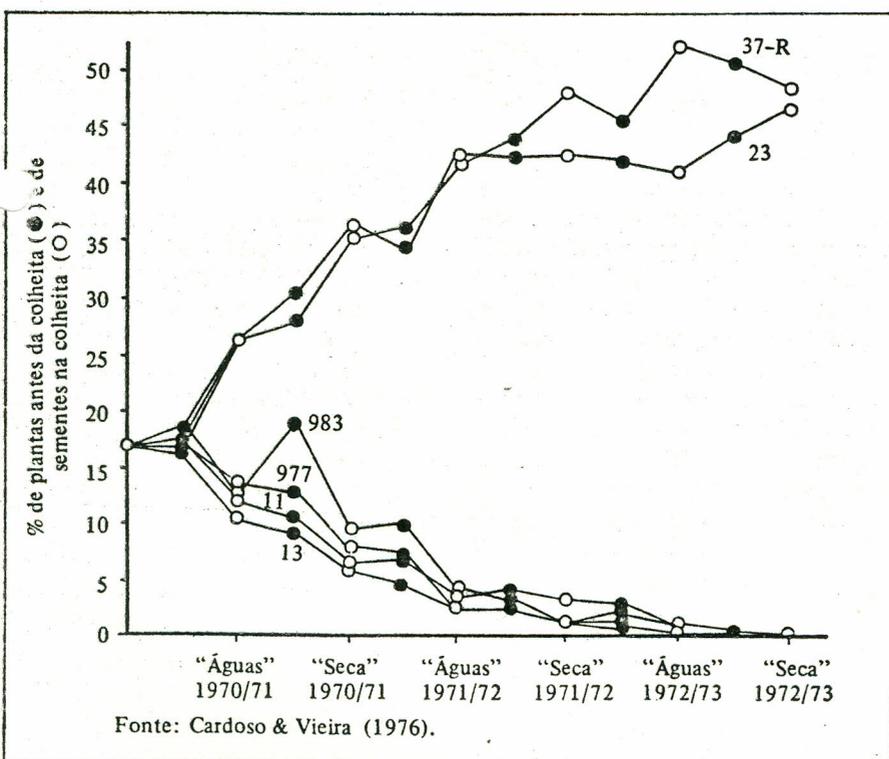


Fig. 1 - Modificação da constituição varietal do composto VI, em seis plantios sucessivos. Fonte: Cardoso & Vieira (1976).