Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Progresso genético para produtividade do feijoeiro no programa de
melhoramento do Instituto Agronômico (IAC) entre 1989 e 2007

Alisson Fernando Chiorato

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia, Área de Concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2008

Alisson Fernando Chiorato
Engenheiro Agrônomo

Progresso genético para produtividade do feijoeiro no programa de melhoramento do
Instituto Agronômico (IAC) entre 1989 e 2007

Orientador:
Prof. Dr. JOSÉ BALDIN PINHEIRO

Tese apresentada para obtenção do título de Doutor
em Agronomia, Área de Concentração: Genética e
Melhoramento de Plantas

Piracicaba
2008

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - ESALQ/USP**

Chiorato, Alisson Fernando

Progresso genético para produtividade do feijoeiro no programa de melhoramento do Instituto Agrônômico (IAC) entre 1989 e 2007 / Alisson Fernando Chiorato. - Piracicaba, 2008.

85 p. : il.

Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, 2008.
Bibliografia.

1. Feijão - Produtividade 2. Melhoramento genético vegetal 3. Seleção vegetal 4.
Variedades vegetais I. Título

CDD 635.652

C539p

“Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte – O autor”

Aos meus pais Sônia e Fernando e
aos meus sogros Nestor e Maria Luiza

DEDICO

À minha querida família, Silvia Helena e Luiz
Gustavo, cujo apoio, carinho, amor, dedicação e
companheirismo foram indispensáveis,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus, por me fortalecer nos momentos difíceis e permitir a realização deste trabalho;

Ao pesquisador, amigo e orientador Dr. José Baldin Pinheiro, pela confiança e ensinamentos importantes passados durante o curso e principalmente na minha vida profissional;

Ao Pesquisador Dr. Nelson da Silva Fonseca Júnior (IAPAR), pela imensa ajuda nas análises estatísticas, amizade e atenção dispensada durante a realização deste trabalho;

Ao Professor Dr. Roland Vencovsky, pelas sugestões e auxílios nas análises estatísticas;

Ao Pesquisador Dr. Sérgio Augusto Morais Carbonell, pela colaboração valiosa de revisão deste trabalho;

Aos professores do Departamento de Genética e Melhoramento de Plantas da ESALQ/USP, pelos conselhos e ensinamentos constantes transmitidos;

Aos funcionários Amaral e Márcio, do Laboratório de Diversidade Genética e Melhoramento, pelo apoio e amizade;

Aos funcionários da PGLGN, particularmente a Cândida Vanderléia de Oliveira (Léia), pelo auxílio constante e amizade no decorrer do curso;

A todos os colegas da Pós-Graduação da ESALQ/USP, cujos nomes não citarei porque, graças a Deus, são muitos;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo;

Aos meus pais Sônia e Fernando e aos meus sogros Maria Luiza e Nestor, por acreditarem na minha capacidade e por me incentivarem a concluir este trabalho;

À minha esposa Silvia Helena e ao meu filho Luiz Gustavo, pelo companheirismo, amor, incentivo e paciência, compartilhando todos os momentos alegres e difíceis no decorrer do curso;

A todos que, com boa intenção, colaboraram para a realização e finalização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO	6
ABSTRACT	7
1 INTRODUÇÃO	8
2 DESENVOLVIMENTO	11
2.1 Melhoramento genético em feijoeiro no Estado de São Paulo	11
2.2 Progresso genético na cultura do feijoeiro	12
2.3 Métodos de estimativa de progresso genético.....	17
3. MATERIAL E MÉTODOS	20
3.1 Dados utilizados	20
3.2 Delineamentos experimentais	20
3.3 Localidades utilizadas	21
3.4 Número de genótipos avaliados.....	21
3.5 Metodologia de análise	24
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	29
4.1 Análises dos experimentos	29
4.2 Desdobramento das estimativas gerais de progresso genético	40
4.2.1 Progresso genético por período de pesquisa	41
4.2.2 Progresso genético por épocas de semeadura	47
4.2.3 Progresso genético por tipo de tegumento	54
4.3 Avaliação geral dos resultados obtidos pelo método de médias ajustadas	59
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6. CONCLUSÕES	71
REFERÊNCIAS	72
ANEXOS	81

RESUMO

Progresso genético para produtividade do feijoeiro no programa de melhoramento do Instituto Agrônômico (IAC) entre 1989 e 2007

No programa de melhoramento genético de feijoeiro do Instituto Agrônômico (IAC) foram disponibilizadas até a presente data 38 cultivares de feijoeiro, contribuindo para o aumento da produtividade média no Brasil e, principalmente, no estado de São Paulo. Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o progresso genético obtido para produtividade do feijoeiro com a pesquisa desenvolvida pelo IAC no período de 1989 a 2007. Foram avaliados 211 experimentos e 134 linhagens avançadas, distribuídas em 10 ciclos de seleção e conduzidas em três épocas de semeadura do feijoeiro. O progresso genético foi estimado para os períodos de pesquisa de 1989 a 1996 e de 1997 a 2007 em função das características dos experimentos de avaliação. No segundo período, estimou-se também o ganho por épocas de semeadura e tipos de tegumento. Nas análises, utilizou-se um modelo misto cujos efeitos foram obtidos por meio de quadrados mínimos ponderados, obtendo-se médias ajustadas em relação à produtividade média dos genótipos. Em seguida, a partir das médias ajustadas, realizou-se a análise de regressão linear para obtenção do progresso genético estimado por ciclo de seleção. No período entre 1989 a 1996, obteve-se um ganho relativo significativo de 1,91% por ciclo de seleção. Para o período de 1997 a 2007, o ganho obtido foi negativo (-0,51%), mas não significativo estatisticamente, ou seja, pode ser considerado como uma estabilização no ganho em produtividade. Embora a estimativa do ganho, no segundo período, tenha sido estável este valor foi cerca de 1000 kg/ha superior em relação à média obtida no primeiro período. Considera-se como a principal causa na estabilização do ganho em produtividade a mudança nos objetivos do programa de melhoramento que buscou obter linhagens com melhor qualidade tecnológica (maior tamanho de grãos e menor tempo de cozimento). Os resultados observados por épocas de semeadura revelaram que na época das águas ocorreu a maior produtividade média, enquanto que na época de inverno, o melhor índice de progresso genético. A separação por tipo de tegumento resultou na ocorrência de ganhos negativos como já esperado, mas não significativos estatisticamente, com valores de -0,64% por ciclo de seleção para o tegumento tipo preto e -0,12% por ciclo de seleção para o tegumento tipo carioca. Considerando-se o progresso genético obtido para os dois períodos de pesquisa, no valor de 0,25% por ciclo de seleção, e a área cultivada de 192 mil hectares no Estado de São Paulo, na safra de 2006/2007, tem-se que este ganho representa um aumento de produtividade em torno de 14.000 sacas de 60 kg. Esse resultado revela que as estratégias de melhoramento de feijoeiro praticadas pelo programa do IAC foram eficientes no desenvolvimento de genótipos superiores.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*; Feijão; Cultivares; Seleção; Ganho Genético

ABSTRACT

Genetic gain for yield in the common beans breeding program at Agronomical Institute (IAC) from 1989 to 2007

The genetic breeding program of common beans at Instituto Agronômico (IAC) has released 38 cultivars to the present date, thus contributing to increase the average yield of the crop in Brazil and, mainly, in the state of São Paulo. In this context, the goal of the present work was to evaluate the genetic gains obtained in yield for common beans due to the research developed by IAC during the period comprised from 1989 to 2007. A total number of 211 experiments and 134 advanced lines were evaluated, distributed along 10 selection cycles and carried out in three distinct sowing seasons. Genetic progression was estimated for the research periods of 1989 to 1996 and from 1997 to 2007 depending on the characteristics of the evaluation experiments. During the second period, the gain per sowing season and per tegument type has also been estimated. The analyses have employed a mixed model whose effects were obtained by weighted minimum squares, generating weighted averages according to the mean yield of the genotypes. Subsequently, the linear regression analysis was performed based on the weighted averages in order to calculate the estimated genetic gain per selection cycle. In the period from 1989 to 1996, a significant relative gain of 1.91% per selection cycle was obtained. For the subsequent period of 1997 to 2007, a non-significant negative gain (-0.51%) was obtained, it reflects the stabilization of the yield gain in the period. Although the gain estimate for the second period was stable, the value was approximately 1000 kg/ha superior to the average obtained in the first period. The main cause of the observed stability in the yield gain is likely to be due to the shift in the breeding program goals towards the generation of lines with higher technological features (bigger seeds and shorter cooking time). The results obtained for the distinct sowing seasons indicate that the rainy season favored higher average yield, whereas the winter sowing season exhibited better indices of genetic gain. The classification according to the tegument type resulted in negative gain as expected, although not at statistical significance levels, with values of -0.64% per selection cycle for black tegument and -0.12% per selection cycle for carioca tegument type. Considering the genetic gain for the research cycles investigated, the average of 0.25% gain per selection cycle and the cultivated area of 192 thousand hectares in the state of São Paulo, during the harvesting season of 2006/2007, the gain represents an increase of yield of approximately 14,000 bags of 60 kg. The results reveal that the breeding strategies for common beans employed at IAC were effective to develop superior genotypes.

Key words: *Phaseolus vulgaris*; French Beans; Cultivars; Selection; Genetic Gain

1. INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se na produção mundial de feijão, sendo considerado também o maior consumidor desta leguminosa de alta fonte de proteína vegetal. A produção brasileira de feijão na safra de 2006/2007, segundo a CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento), foi de 3.338 milhões de toneladas em uma área de aproximadamente 4.087 milhões de hectares, distribuídos em todos os Estados brasileiros. No entanto, a média nacional de produtividade foi considerada baixa, sendo esta em torno de 817 kg/ha, mas constata-se uma produtividade média de 2.528 kg/ha no Distrito Federal.

Os principais Estados produtores de feijão no Brasil são Paraná, Minas Gerais, Bahia, Santa Catarina e São Paulo, com regiões produtoras onde são obtidas até três colheitas anuais, em sistema quase contínuo de semeadura. Em São Paulo, as épocas de cultivo anuais são organizadas pelo zoneamento ecológico dos municípios, a saber: feijoeiro das águas (1.^a safra) com semeadura em agosto/setembro, da seca (2.^a safra) com semeadura em janeiro/fevereiro e de inverno (3.^a safra) com semeadura em maio/junho (ANJOS, 1981).

No Estado de São Paulo, de acordo com a CONAB (CONAB, 2008), na safra de 2006/2007, para o feijoeiro das águas (1.^a safra) registrou-se a produtividade média de 1.812 kg/ha em uma área total de 89.400 ha; para o feijoeiro da seca (2.^a safra) uma produtividade média de 1.290 kg/ha, em área total de 43.800 ha e para o feijoeiro de inverno (3.^a safra) uma produtividade média de 1.615 kg/ha, em área total de 59.100 ha. Com base nestes dados considera-se que a produtividade é baixa em relação ao potencial de produção da espécie, o qual em condições adequadas é superior a 3.500 kg/ha. Essa diferença entre o potencial da espécie e as médias de produtividade obtidas nas três diferentes épocas de cultivo pode ser atribuída a diversos fatores como: ausência de calagem e rotação de cultivo, adubação e tratamentos fitossanitários inadequados, baixa utilização de sementes sadias, déficits hídricos nos períodos críticos da cultura (florescimento e enchimento de grãos), excesso de chuva durante a colheita e principalmente, pela ocorrência de pragas (insetos, doenças e nematóides) durante todo o ciclo da cultura.

Assim, mesmo com o avanço da tecnologia na cultura do feijoeiro, a produtividade obtida não é satisfatória. Matos (2005) cita que no Brasil, de 1970 a 1983, ocorreu um decréscimo acentuado na produtividade do feijoeiro e, após o período de 1984 a 2004, houve incremento na produtividade da cultura de 15,97 kg/ha/ano, correspondendo a 4% ao ano, em relação à produtividade obtida em 1984. Com relação à área cultivada, ocorreu um crescimento até 1984, inverso do obtido com a produtividade, para atender à demanda crescente de consumo. No entanto,

nos últimos 20 anos, na área de cultivo houve redução expressiva de 1,4% ao ano, quando comparada ao ano de 1984. Esse fato pode ser confirmado pela redução no consumo de feijão pela população brasileira. Assim, a área cultivada vem diminuindo e os ganhos em relação à produtividade praticamente constantes, ou seja, a produtividade brasileira nos últimos anos manteve-se estável.

Em relação aos programas de melhoramento genético de feijoeiro no Brasil, os objetivos de trabalho podem ser considerados comuns para a obtenção de novas cultivares, ou seja, que possuam alta capacidade produtiva e resistência a pelo menos dois patógenos de importância como a antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*) e a mancha-angular (*Phaeosariopsis griseola*), procurando-se aumentar o rendimento e a estabilização da produção, aliado ainda ao porte adequado para colheita mecânica. Outras características assumiram grande importância, ao longo dos anos, principalmente às relacionadas à qualidade tecnológica dos grãos, como por exemplo, o tempo de cocção e a coloração do caldo de feijão, sendo essa última característica muito importante para o feijão tipo preto. Essas características estão intimamente ligadas ao consumidor e à indústria empacotadora, que é responsável por um produto de qualidade quanto ao tempo de prateleira no supermercado. Atualmente, essas características são requisitos exigidos pelo Serviço Nacional de Proteção de Cultivares para registro de uma nova cultivar seguindo a Portaria SDR/MAA 294/98 de 14/10/98 que determina o Valor de Cultivo e Uso de novas cultivares.

Visando ao progresso genético obtido com a cultura do feijoeiro no Brasil, com a pesquisa desenvolvida pelos principais institutos de pesquisa, em média, o progresso relativo gira em torno de 1,21% a 1,90% ao ano, representando ganhos absolutos em torno de 14 a 30 kg/ha/ano (POMPEU, 1993; ABREU et al., 1994; FONSECA JUNIOR, 1997; ELIAS et al., 1999). Em outros trabalhos, o ganho foi menor como constatado por Matos (2005) que avaliou o progresso genético do programa de melhoramento da UFLA, no período de 1974 a 2004. Nesse trabalho, o autor constatou ganho de 0,6% ao ano, comparando as linhagens desenvolvidas pelo programa com a cultivar Carioca Comum desenvolvida na década de 70. O resultado observado por este autor é inferior aos demais trabalhos realizados, cuja média de progresso genético foi superior a 1,20% ao ano.

Para estimar o progresso genético em um determinado programa de melhoramento, é importante considerar o método que será utilizado para estimar o ganho, pois métodos diferentes podem resultar resultados diferentes. Para isso, existem os métodos diretos que comparam cultivares antigas com as cultivares novas (POMPEU, 1993; SALADO NAVARRO et al., 1993; BULMAN et al., 1993) e os métodos indiretos que analisam os experimentos já realizados pelo programa de

melhoramento em função do período de pesquisa em que se deseja determinar o progresso genético (VENCOVSKY et al., 1988; FERNANDES, 1988; ABREU et al., 1994; FONSECA JUNIOR, 1997, CARVALHO et al., 1997; MATOS, 2005). O método indireto é embasado em ensaios multilocais de competição de cultivares e linhagens e pode usar como referência uma cultivar testemunha comum a todos os locais e período considerado. Fonseca Junior (1997) comparou diversos métodos utilizados para avaliar o progresso genético do programa de melhoramento genético do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), e identificou que o melhor método foi o de médias ajustadas. Nesse método, parte do erro experimental foi atenuado, pois o método de médias ajustadas diminui os efeitos ambientais, da interação genótipos por ambiente e do erro experimental nas estimativas de progresso genético.

No método de médias ajustadas quanto mais o genótipo é testado, mais próxima ficam a média original e a média ajustada, ou seja, quanto maior a frequência do genótipo ao longo dos anos, mais confiável será a estimativa de seu efeito. Com esse trabalho, Fonseca Junior (1997) identificou um progresso genético relativo com cultura do feijoeiro no Estado do Paraná entre 1977 e 1995, em torno de 1,4% ao ano, resultados que revelam a contribuição da pesquisa do IAPAR no melhoramento do feijoeiro no estado.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos: Estimar o progresso genético em relação a dois períodos de pesquisa do programa de melhoramento genético do feijoeiro no Instituto Agrônomo (IAC) em Campinas (SP), de 1989 a 1996 e 1997 a 2007, considerando as principais mudanças na metodologia de avaliação das linhagens de feijoeiro que compuseram os ensaios de competição. Além disso, o progresso genético por época de semeadura (águas, seca e inverno) e tipo de grão (preto e carioca) referentes ao período de 1997 a 2007 também foi estimado. Buscou-se também avaliar o retorno econômico a partir dos ganhos obtidos no programa de melhoramento de feijoeiro do IAC em todo período de avaliação.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 Melhoramento genético em feijoeiro no Estado de São Paulo

Os programas de melhoramento de feijoeiro no Brasil geradores de linhagens envolvem empresas e universidades públicas, sendo a FT-Pesquisa e Sementes, localizada em Ponta Grossa-PR, a única empresa privada do setor. As instituições públicas estão distribuídas em alguns Estados brasileiros, sendo estas:

- IAC: Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, em Campinas (SP).
- EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, principalmente em sua unidade EMBRAPA-Arroz e Feijão, em Goiânia (GO).
- IAPAR: Instituto Agrônômico do Paraná, em Londrina (PR).
- IPA: Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária, em Recife (PE).
- UFV: Universidade Federal de Viçosa, em Viçosa (MG).
- UFLA: Universidade Federal de Lavras, em Lavras (MG).
- CEFET: Centro Federal de Educação Tecnológica do Paraná, em Pato Branco (PR).
- EPAGRI: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina, em Chapecó (SC).
- EMCAPA/EMCAPER: Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária, em Vitória (ES).

O CIAT – Centro Internacional de Agricultura Tropical, localizado em Cali na Colômbia, também contribui com material genético (linhagens e populações segregantes) para os programas de melhoramento no Brasil para serem testados e recomendados. Como exemplos de linhagens desenvolvidas pelo CIAT e envolvidas na obtenção de cultivares brasileiras citam-se A285 (cultivar Rudá), DOR238 ou LM30630 (cultivar Ônix) e A295 (cultivar EMGOPA 201). Outras cultivares oriundas de populações segregantes do CIAT são: Aporé (LR720982), Diamante Negro (CB720160 ou CNF5488) e Xamego (FE732007). O CIAT possui um importante banco de germoplasma com mais de 40.000 acessos de feijoeiro, e representa também um importante doador de fontes de resistência a insetos e doenças para os programas brasileiros.

Por meio do programa de melhoramento genético de feijoeiro realizado para o Estado de São Paulo, no Centro de Análise e Pesquisa Tecnológica do Agronegócio de Grãos e Fibras do Instituto Agrônômico-IAC, foram disponibilizadas diversas cultivares com alta capacidade produtiva para os agricultores, a partir da década de 70, como: Carioca Comum, Rosinha G₁, Rosinha G₂, Preto G₁, Iuba 1, Iuba 2, Iuba 3, Aeté-1, Aeté-2, Piratã-1, Piratã-2, Moruna e Aroana. Em 1980, foram

lançadas as cultivares Catu, Aeté-3, Aroana 80, Moruna 80, Carioca 80 e Aysó. Essas cultivares são resistentes ao vírus do mosaico-comum e ao fungo da ferrugem (*Uromyces appendiculatus*). As cultivares Aroana 80, Moruna 80, Carioca 80 (Carioca 80SH) e Aysó são resistentes às raças fisiológicas 31 e 65 do fungo *C. lindemuthianum*, por possuírem o gene *Co 2*. Das cinco cultivares, todas possuem arquitetura de planta adequada para a colheita mecânica, com exceção de Aysó (POMPEU, 1982). Em 1993, foram lançadas as cultivares IAC-Una e IAC-Maravilha, com sementes de tegumento preto e resistentes às raças 31, 65, 81 e 89 do fungo *C. lindemuthianum* que ocorrem no Estado de São Paulo e com arquitetura adequada para colheita mecânica. A partir de 1994, foram disponibilizadas novas opções para os agricultores com as cultivares IAC-Carioca Pyatã e em 1995 as cultivares IAC-Carioca Aruã e IAC-Carioca Akytã. Em 1999, foi lançada a cultivar IAC-Carioca Eté, e em 2002, a cultivar IAC – Carioca Tybatã, sendo esta uma linhagem irmã da IAC-Carioca Eté, diferindo apenas no tipo de arquitetura mais ereto. Na Tabela 1, relacionam-se as principais cultivares de feijoeiro recomendadas para o Estado de São Paulo, a partir da década de 90, informando suas principais características como o potencial produtivo e resistência ao patógeno da antracnose (*C. lindemuthianum*).

2.2 Progresso genético na cultura do feijoeiro

Um importante trabalho realizado com a cultura do feijoeiro visando identificar o progresso genético em produtividade foi realizado por Antunes e Silveira (1996) no Rio Grande do Sul. Utilizando informações do IBGE e EMATER-RS, os autores avaliaram a produtividade do Rio Grande do Sul no período de 1970 a 1995. No período de 1970/1973, a produtividade média do Estado era de aproximadamente 850 kg/ha, existia o acompanhamento do Ministério da Agricultura e uma equipe que englobava diversas áreas em relação à economia, solos, entomologia, fitopatologia e, principalmente, melhoramento genético.

Em 1975, com a criação da EMBRAPA, as atividades de pesquisa foram interrompidas no Estado, sendo os pesquisadores deslocados para outros centros ou para outras atividades. Aliado a isto, com o incentivo a cultivos de exportação como a soja, reduziu-se o interesse pelo feijão, resultando em 1983/1986, 1984/1987 e 1985/1988, em uma produtividade abaixo de 500 kg/ha. Em 1987, foi instituída a Comissão Estadual de Pesquisa de Feijão que estabeleceu uma rede experimental nos Estados, e em 1989, foram recomendadas as primeiras cultivares de feijão resultante dos programas de melhoramento da EMBRAPA e da FT-Pesquisa e Sementes. Somente

em 1992/1995, ou seja, vinte anos depois, conseguiu-se recuperar o nível de produtividade existente no Rio Grande do Sul no período de 1970/1973. Esses resultados demonstram os prejuízos ocasionados pela descontinuidade da pesquisa científica e sugerem que a taxa de crescimento da produtividade seria mantida, ou seja, de 1970/1973 até 1995/1996, poder-se-ia estar hoje com produtividade média de 1600 kg/ha (ANTUNES; SILVEIRA,1996).

Tabela 1 - Características das principais cultivares de feijoeiro recomendadas para o Estado de São Paulo e registradas/protegidas a partir do ano de 1990 no MAPA/SNPC (Continua)

Cultivar	Responsável/detentor	Protegido/registrado Indicação ¹	Potencial produtivo ² kg/ha	Reação a antracnose ³				Tipo de grão	Massa de 1000 sementes (g)	Outras características relevantes ⁴
				31	65	89	Geral			
Carioca⁶	IAC	R; SP	3200 (2)	S	S	S	S	Carioca	230	Ampla adaptação e qualidade culinária
IAC-Carioca	IAC	R; SP	3700 (1)	S	R	S	MS	Carioca	228	
IAC-Carioca Pyatã	IAC	R; SP	2400 (2)	R	R	R	R	Carioca	255	
IAC-Carioca Akytã	IAC	R; SP	2400 (2)	R	R	R	R	Carioca	216	
IAC-Carioca Eté	IAC	R e P; SP	4200 (1)	R	R	R	R	Carioca	238	Tolerância ao mosaico dourado
IAC-Carioca Tybatã	IAC	R; SP	4200 (1)	R	R	R	R	Carioca	232	Porte de planta ereta
IAC-Una	IAC	R; SP	3400 (1)	R	R	R	R	Preto	235	Qualidade culinária
IAC-Maravilha	IAC	R; SP	3500 (1)	R	R	R	R	Preto	245	Caldo achocolatado
IAC - Alvorada	IAC	R e P; SP	4100	MR	MR	MR	MR	Carioca	275	Qualidade de grãos
IAC - Diplomata	IAC	R e P; SP	4000	R	R	R	R	Preto	225	Porte de planta
IAC - Galante	IAC	R e P; SP	4200	R	R	R	R	Rosinha	250	Qualidade culinária
IAC - Harmonia	IAC	R e P; SP	4300	S	S	S	S	Rajado	450	Diferentes Nichos de mercado
IAC - Boreal	IAC	R e P; SP	3850	R	R	R	R	Rajado	500	Diferentes Nichos de mercado
BRS-Radiante	EMBRAPA	R e P	3500	R	R	R	R	Rajado	400	Diferentes Nichos de mercado
BRS-Pontal	EMBRAPA	R e P	4000	R	R	R	R	Carioca	260	Resistência escurecimento grãos
BRS-Requinte	EMBRAPA	R e P	4000	R	R	R	R	Carioca	240	Resistência escurecimento grãos
BRS-Grafite	EMBRAPA	R e P	3500	R	R	R	R	Preto	250	Qualidade culinária Porte ereto Qualidade culinária
IAPAR-80	IAPAR	R; SP	4500 (1)	R	S	S		Carioca	241	
IAPAR-81	IAPAR	R; SP	3750 (1)	S/R	R	R	MR	Carioca	251	
IPR - Juriti	IAPAR	R e P; SP	4550 (1)	S	S	S	S	Carioca	257	
IPR – Uirapuru	IAPAR	R e P;	3900 (1)	R	R	R	R	Preto	246	

Tabela 1 - Características das principais cultivares de feijoeiro recomendadas para o Estado de São Paulo e registradas/protegidas a partir do ano de 1990 no MAPA/SNPC (Conclusão)

Cultivar	Responsável/detentor	Protegido/registrado Indicação ¹	Potencial produtivo ² Kg/ha	Reação a antracnose ³				Tipo de grão	Massa de 1000 sementes (g)	Outras características relevantes ⁴
				31	65	89	Geral			
IPR - Grauna	IAPAR	R e P; SP	3775 (2)	S	S	S	S	Preto	240	Qualidade Culinária
Carioca Precoce	CATI	R; SP	2800 (1)	S	S	S	S	Carioca	290	Cocção excelente
TPS-Bonito	FT-Pesquisa e Sementes	R e P; SP	3875 (1)	R	R	R	MR	Carioca	203	
TPS-Nobre	FT-Pesquisa e Sementes	R; SP	4100 (1)	S	S	S	S	Preto	263	
Carioca MG	UFLA	R; SP	3500 (1)	S	R	S	MS	Carioca	230	
BRSMG -Talismã	UFLA	R; SP, MG	3500 (2)	R	R	R	R	Carioca	250	Qualidade do grão
Aporé	EMBRAPA	R; SP	5300 (1)	R	R	S	R	Carioca com halo alaranjado	210	
Pérola	EMBRAPA	R; SP	4400 (1)	S	S	S	S	Carioca	270	
Safira	EMBRAPA	R; SP	3700 (1)	S	S	S	S	Vermelho	192	
Diamante Negro	EMBRAPA	R; SP	3700 (1)	S	S	S	S	Preto	210	
Jalo Precoce	EMBRAPA	R;	3400 (1)	S	S/R	S	S	Jalo	355	
Rudá	EMBRAPA	R; SP	4400 (1)	R	S	S	MS	Carioca	263	Caldo achocolatado
Princesa	EMBRAPA	R	3550 (1)	R	R	R	R/S	Carioca	230	
Xamego	EMBRAPA	R	3700 (1)	R	S	S	R	Preto	173	
BRS - Valente	EMBRAPA	R e P; SP	4100 (1)	R	R	R	R	Preto	176	
Campeão 2⁵			4100 (1)	S	S	S	S	Carioca	235	Qualidade Culinária
Rubi⁵			3900 (1)	S	S	S	S	Carioca	240	

¹**R:** Registrado; **P:** Protegido; **SP:** indicado para semeadura no Estado de São Paulo.

²Potencial produtivo: **(1)** Com base em ensaios regionais realizados no Estado de São Paulo; **P:** Protegido; **(2)** Com base em informações divulgadas em folderes institucionais;

³Reação a antracnose: Laboratório - **R:** resistente; **S:** suscetível; **S/R:** plantas resistentes e suscetíveis; **MS:** moderadamente suscetível; **MR:** moderadamente resistente; **Geral** - informações nos folderes institucionais;

⁴Com base em informações divulgadas em folderes institucionais;

⁵Variedades crioulas desenvolvidas por agricultores sem o registro no MAPA/SNPC.

⁶Cultivares em negrito representam as que mais se destacaram em relação às áreas de cultivo com feijoeiro no Estado de São Paulo nos últimos anos.

No programa de melhoramento da UFLA, Abreu et al. (1994) realizaram estimativas do progresso genético para o Estado de Minas Gerais envolvendo comparações com uma testemunha comum, a cultivar Carioca. Nesse trabalho, a estimativa de progresso genético relativo obtido para o feijoeiro foi de 1,9% kg/ha/ano, correspondendo a um ganho absoluto na ordem de 14,52 kg/ha/ano. A estimativa obtida por Matos (2005), que utilizou dados de experimentos desenvolvidos em 16 ambientes no Estado de Minas Gerais, no período de 1974 a 2004, também foi positiva (0,6%), mas abaixo do constatado por Abreu et al. (1994).

Em Santa Catarina, Elias et al. (1999) avaliaram o progresso das cultivares de feijoeiro para 64 ensaios regionais desenvolvidos pela EPAGRI, no período de 1979 a 1999. Os autores observaram um ganho anual relativo de 1,21%, o que correspondeu a um ganho absoluto da ordem de 16,21 kg/ha/ano, considerado baixo pelos autores, quando comparado com as estimativas observadas em outras pesquisas. No entanto, salientaram que o valor obtido deve-se à origem dos genótipos avaliados, uma vez que estes são oriundos de programas de melhoramento de outros Estados, ocorrendo interações genótipo x ambiente (GxA) para produtividade.

No Paraná, Fonseca Júnior (1997) avaliou o progresso genético do programa de melhoramento de feijão preto e de cor (carioca), com base em ensaios intermediários e finais de competição de genótipos no período de 1977 a 1995, e observaram para o feijão preto um ganho absoluto de 22,0 kg/ha/ano e 23 kg/ha/ano nos ensaios intermediários e finais respectivamente. Para o feijão de cores (carioca) foi observado nesse período um ganho de 17,25 kg/ha/ano e 9,71 kg/ha/ano nos ensaios intermediário e final respectivamente.

No programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAC, Pompeu (1993) estimou o progresso genético obtido até 1990, e para isto realizou experimentos comparando as cultivares lançadas no início da década de 70 com as cultivares lançadas no fim da década de 80. Com esse trabalho, que envolveu vários experimentos em vários municípios, o autor obteve um ganho médio relativo em torno de 1,30% ao ano, sendo considerado muito semelhante ao constatado por Fonseca Júnior (1997).

As estimativas semelhantes para o progresso genético na cultura do feijoeiro, provavelmente, deve-se ao alto índice de desenvolvimento de cultivares de grãos tipo carioca. No Brasil, esse tipo de grão ocupa mais de 80% do mercado e a qualidade relacionada às características do grão são muito exigidas pelos consumidores e a indústria empacotadora, o que de certa forma faz com que os programas de melhoramento utilizem genótipos aparentados para obter as cultivares que atendam essas exigências do mercado (CHIORATO et al., 2007; CHIORATO et al., 2005).

Desta forma, para que o progresso genético na cultura do feijoeiro continue crescendo, torna-se necessário que os programas de melhoramento diversifiquem os genitores a serem utilizados em cruzamentos, e que também melhorem a precisão dos experimentos para a correta avaliação e identificação dos genótipos superiores.

2.3 Métodos de estimativa de progresso genético

Em qualquer programa de melhoramento genético os principais objetivos envolvem o desenvolvimento de cultivares com ampla adaptação e boa produtividade. Desta forma, tais programas devem utilizar métodos que permitam identificar esse progresso na produtividade. Assim, o progresso genético é um estudo da contribuição efetiva do melhoramento ao longo dos anos, orientando os programas de melhoramento em objetivos futuros em relação à elevação das médias de produtividade dos genótipos selecionados (FONSECA JÚNIOR, 1997).

Para a obtenção do progresso genético em programas de melhoramento, diferentes métodos podem ser utilizados, sendo designados como diretos e indiretos. O método direto constitui uma metodologia que utiliza a avaliação de experimentos com repetições das cultivares atuais ou novas com cultivares recomendadas no passado, em relação ao período desejado, para o estudo em um mesmo ano agrícola. Esse método é eficaz, mas traz a necessidade de manter as cultivares obsoletas para a realização dos experimentos para a comparação dos genótipos (POMPEU, 1993; BARBOSA NETO et al., 2000; RIBEIRO et al., 2003). Nesse método, existe uma limitação que seria a aceitação da hipótese de que o ambiente, as exigências de mercado e os objetivos dos programas não mudam ao longo do tempo. Este fato é um limitante, pois nota-se a grande mudança na qualidade de grãos (principalmente tamanho e resistência ao escurecimento) das novas cultivares recomendadas nos últimos oito anos.

O método indireto utiliza dados experimentais provenientes de avaliações de linhagens desenvolvidas por vários anos em diferentes ambientes. Para isso, as cultivares testemunhas ao longo dos anos são utilizadas como forma de comparação com as novas linhagens e, praticamente a cada biênio, linhagens elite são introduzidas nos experimentos dos programas de melhoramento. Esse método tem sido empregado em várias situações e Vencovsky et al. (1988) propuseram uma alternativa em que as testemunhas provenientes dos dados de redes experimentais de ensaios são utilizadas como forma de se obter a avaliação do efeito ambiental.

De acordo com esse método, a estimativa de ganho é obtida pelo contraste entre a média de todos os tratamentos de um dado ano com a do ano anterior. Deste contraste, subtrai-se o efeito de ano, estimado pela diferença entre a média do grupo de genótipos comuns nesses dois anos consecutivos. Fernandes (1988) propôs uma modificação nesse método para estimar o desvio ambiental médio anual por local, como forma de minimizar a perda de informações, pois as médias dos tratamentos nos anos intermediários se cancelam restando apenas o primeiro e o último ano para o cálculo da estimativa. Outra característica da modificação foi eliminar a correlação dos erros experimentais entre anos consecutivos.

Eyhérabide et al. (1994) propôs a estimação do progresso genético mediante o auxílio de uma testemunha comum, sendo a variável rendimento da cultivar testemunha utilizada como covariável do rendimento dos demais genótipos, obtendo-se assim médias ajustadas, livres do efeito ambiental. Fonseca Júnior (1997) utilizou essa metodologia e juntamente com a aplicação de regressões lineares obteve o progresso genético com a cultura do feijoeiro no Estado do Paraná.

Uma metodologia semelhante à de médias ajustadas foi apresentada por Breseghello et al. (1998), cujo método se baseia na análise conjunta da série de dados dos experimentos regionais, por meio de um modelo linear generalizado, a fim de obter médias ajustadas dos genótipos e a matriz de covariâncias dessas médias. No método é realizado também o cálculo da média aritmética das médias ajustadas obtidas na análise conjunta, comparando diretamente os anos analisados, e em seguida obtém-se a estimativa do progresso genético médio por regressão. Este método foi também utilizada por Santos et al. (1999) na cultura do arroz e analisando o período de 1974 a 1980 obteve um ganho relativo médio de produtividade por ano de aproximadamente 6,0%.

A comparação de seis métodos diferentes para estimar o progresso genético do programa de melhoramento de feijoeiro do Instituto Agrônomo do Paraná – IAPAR foi realizada por Fonseca Junior (1997). Em seu trabalho, o autor utilizou o método proposto por Vencovsky et al. (1988), o método ponderado proposto por Fernandes (1988) sendo uma modificação da metodologia de Vencovsky et al. (1988), outro método ponderado proposto por Moraes e Abbud (1993), um método de regressão com dados originais tal como utilizado por Abreu et al. (1994), um método de regressão com dados standardizados propondo uma metodologia alternativa, e por fim, o método de regressão com médias ajustadas proposto por Eyhérabide et al. (1994).

Entre esses diferentes métodos para a estimação do progresso genético, o proposto por Vencovsky et al (1988), assim como os outros dois métodos ponderados, as estimativas foram maiores para o progresso genético, enquanto os métodos de regressão com dados standardizados e

originais não foram significativos e com menores estimativas. O método de regressão com médias ajustadas revelou valores significativos e com valores intermediários em relação aos demais métodos. Entre os seis métodos, o autor conclui que o de médias ajustadas forneceu estimativas significativas de ganhos genéticos e com maiores coeficientes de determinação para os modelos, sendo considerado mais eficiente entre os seis métodos estudados.

De acordo com os trabalhos apresentados, percebe-se que a escolha do método a ser utilizado é dependente do tipo de informação disponível para o estudo. Nesse contexto, nos métodos que utilizam testemunhas ao longo dos anos para a comparação com outros genótipos, é importante que o pesquisador fique atento na sua escolha, pois a cultivar testemunha deve representar bem as características desejadas pelo consumidor e também possuir índices de produtividade semelhantes ou superiores às demais cultivares. Porém, quando se realiza análises de regressão com os dados ajustados dos genótipos, pode-se descartar a presença de informações de uma testemunha comum em todos os ensaios e em todo o período estudado, uma vez que o método fornece a estimativa do ganho médio anual, utilizando-se o coeficiente angular da regressão.

Verifica-se portanto, que em virtude do método a ser utilizado, pode-se obter resultados diferentes, ou seja, as informações de produtividade obtidas com as avaliações dos genótipos podem resultar em ganhos genéticos diferenciados. Exemplos divergentes de ganhos genéticos podem ser observados nos trabalhos com a cultura do arroz de Breseghello et al. (1998), Santos et al. (1999) e Soares et al. (2005) com a obtenção de ganhos em porcentagem por ano de 0,77; 6,06 e 0,70 respectivamente.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Dados utilizados

O presente trabalho foi realizado com os dados obtidos de 134 genótipos provenientes do programa de melhoramento do Instituto Agrônômico-IAC, com sua base de pesquisa no município de Campinas (SP). Todos os experimentos utilizados no trabalho foram realizados visando à recomendação de novas cultivares para o sistema produtivo. Esses ensaios, a partir de 1997, passaram a seguir as normas estabelecidas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) e também pelo Sistema Nacional de Proteção de Cultivares (SNPC). Os ensaios são denominados de “ensaios de VCU” (Valor de Cultivo e Uso), de acordo com o MAPA. O termo VCU pode ser definido como o valor intrínseco de combinação das características agrônômicas da cultivar com suas propriedades de uso em atividades agropecuárias, industriais, comerciais e/ou de consumo.

Para isso, um total de 211 experimentos foram analisados em relação ao período considerado de 1989 a 2007 (19 anos de pesquisa), sendo estes dados obtidos em experimentos realizados em 31 diferentes municípios do Estado de São Paulo.

3.2 Delineamentos experimentais

Em todos os anos considerados neste trabalho, os genótipos foram avaliados nas três épocas de semeadura do feijoeiro: águas (1.^a safra) com semeadura em agosto/setembro, seca (2.^a safra) com semeadura em janeiro/fevereiro e inverno (3.^a safra) com semeadura em maio/junho. Para a época das águas foram totalizados 62 experimentos, para a época de inverno 85 e para a época da seca 64, totalizando-se assim 211 experimentos. Os ensaios foram constituídos de blocos ao acaso, sendo que de 1989 a 1996 foram utilizadas cinco repetições por experimento, de 1997 a 2004 quatro repetições e de 2005 a 2007 três repetições. A parcela experimental foi composta com quatro linhas de 5,0 metros de comprimento, espaçadas de 0,50 a 0,60 metros entre si conforme o local de cultivo, com 10 a 12 plantas viáveis por metro linear. A área útil para avaliação do rendimento sempre correspondeu às duas linhas centrais.

3.3 Localidades utilizadas

Durante os 19 anos de pesquisa com o feijoeiro, 31 localidades foram utilizadas para a experimentação, abrangendo diferentes municípios do Estado de São Paulo, de acordo com zoneamento agroecológico para a semeadura no Estado (PINZAN et al., 1994). Na Tabela 2 relacionam-se os municípios utilizados para a pesquisa com suas respectivas coordenadas geográficas.

3.4 Número de genótipos avaliados

No período considerado para o estudo foram avaliados 134 genótipos, sendo a maioria de grãos carioca. Até 1996, a principal característica avaliada nas linhagens foi a produtividade de grãos, e a partir de 1997, iniciou-se um trabalho para a obtenção de linhagens com alta produtividade e também alta qualidade de grãos em relação ao formato e tamanho (aspecto visual). A partir de 1997, começou a ser utilizado também testemunhas de tegumento preto, posto que, até então, este tipo de tegumento era comparado com grãos do tipo carioca. Por esse motivo, a avaliação do potencial produtivo e tecnológico dos genótipos de tegumento preto não foi possível até 1997. Ressalta-se que as cultivares de tegumento preto também devem atender as exigências de mercado. Para isso a comparação só pode ser realizada com genótipos que tenham o mesmo tegumento.

As testemunhas utilizadas acompanharam as tendências de mercado e até meados de 1996, as testemunhas eram referências apenas em produtividade como Carioca 80SH, IAC-Carioca e IAC-Pyatã de tegumento carioca, e a partir de 1997, as testemunhas relacionavam produtividade e qualidade de grãos, a exemplo das cultivares IAC-Carioca Eté e IAC-Carioca Tybatã de tegumento carioca e IAC-Una de tegumento preto (Tabela 3).

Tabela 2 - Relação de experimentos realizados em 31 municípios de 1989 a 2007, no Estado de São Paulo, com as respectivas coordenadas geográficas, para a avaliação de 134 linhagens de feijoeiro desenvolvidas pelo programa de melhoramento genético do Instituto Agrônômico – IAC

Municípios	Número de Experimentos	Latitude	Longitude
Adamantina	6	21° 24'	51° 02'
Aguai	6	22° 01'	46° 34'
Ataliba Leonel	2	23° 24'	49° 28'
Campinas	5	22° 53'	47° 04'
Capão Bonito	34	24° 00'	48° 20'
Casa Branca	1	21° 46'	47° 05'
Espírito Santo do Pinhal	14	22° 04'	46° 55'
Paranapanema	6	23° 23'	48° 43'
Itaberá	9	23° 51'	49° 08'
Itaí	1	23° 24'	48° 05'
Itapeva	1	23° 58'	48° 52'
Itararé	1	24° 06'	49° 19'
Avaré	2	23° 05'	48° 55'
Fernandópolis	1	20° 16'	50° 15'
Presidente Prudente	1	22° 32'	52° 01'
Monte Alegre do Sul	17	22° 38'	46° 45'
Mococa	17	21° 28'	47° 00'
Pariqueraçu	15	24° 43'	47° 52'
Pindamonhangaba	3	22° 56'	45° 26'
Pindorama	9	21° 04'	47° 59'
Riversul	2	23° 29'	49° 15'
Roseira	2	22° 56'	45° 18'
Ribeirão Preto	18	21° 10'	47° 48'
Taquarituba	4	23° 31'	49° 14'
Tatuí	9	23° 21'	47° 50'
Taubaté	3	23° 01'	45° 33'
Tiête	1	23° 06'	47° 42'
Vargem Grande do Sul	1	21° 30'	46° 31'
Votuporanga	17	20° 25'	49° 58'
Colina	1	20° 43'	48° 32'

Tabela 3 - Relação de experimentos, épocas de semeadura e testemunhas utilizadas para a avaliação de 134 linhagens desenvolvidas para as condições de cultivo do Estado de São Paulo, no período de 1989 a 2007

Anos de Avaliação	Número de Genótipos Novos Avaliados	Épocas de Avaliação	Número de Experimentos	Testemunhas Utilizadas
1989	19	Inverno de 1989	3	Carioca 80 SH
1990/1991	17	Seca de 1989 a Seca de 1991	17	Carioca 80 SH
1991/1992/1993	18	Inverno de 1991 a Inverno de 1993	28	Carioca 80 SH Rosinha G2
1994	18	Inverno de 1994	4	IAC – Carioca Pyatã Rosinha G2
1995/1996	39	Seca de 1995 a Águas de 1996	38	IAC – Carioca Pyatã Rosinha G2
1997/1998	5	Seca de 1997 a Águas de 1998	24	IAC – Carioca IAC - Una
1999/2000	4	Seca de 1999 a Águas de 2000	31	IAC – Carioca Eté IAC – Una
2001/2002	5	Seca de 2001 a Águas de 2002	25	IAC – Carioca Eté IAC – Una
2003/2004	4	Seca de 2003 a Águas de 2004	15	IAC – Carioca Tybatã IAC – Una
2005/2006/2007	5	Águas de 2005 a Seca de 2007	27	IAC – Carioca Tybatã IAC – Una
19 anos	134 Genótipos	-----	211 Experimentos	-----

3.5 Metodologia de análise

Para obtenção do progresso genético referente aos 19 anos de pesquisa, este período foi dividido em duas etapas de pesquisa. A primeira envolve o período de 1989 a 1996 e a segunda, de 1997 a 2007. A principal diferença entre os dois períodos refere-se à metodologia na qual as linhagens foram avaliadas. Nota-se que no primeiro período, entre 1989 a 1996, foram utilizados experimentos compostos de um número maior de linhagens, e como nem todas as linhagens avaliadas eram de alta produtividade, esse período apresentou produtividade média inferior quando comparado ao de 1997 a 2007, sendo necessário uma separação entre períodos para obtenção do progresso genético. No período de 1997 a 2007, utilizaram-se ensaios finais de avaliação cujo número de linhagens por experimento era menor e todas as linhagens avaliadas apresentaram altos índices de produtividade, ocorrendo dessa forma uma produtividade média maior quando comparado ao primeiro período. Outra informação importante a ser considerada, e que evidencia diferenças entre os períodos, deve-se às normas impostas a partir de 1997 com a criação da lei de proteção de cultivares e a realização dos ensaios de VCU que são equivalentes aos ensaios finais.

Para a obtenção das estimativas de progresso genético para tipo de tegumento avaliou-se apenas o período de 1997 a 2007, uma vez que no período anterior não se dispunham de informações precisas quanto ao tipo de tegumento de cada linhagem e também pela inexistência de testemunhas de comparação (Padrões de Mercado), o que não era exigido até 1996 nos ensaios de avaliação. No progresso genético por época de semeadura também se considerou apenas o período a partir de 1997, uma vez que a partir desta data os experimentos foram realizados em todas as épocas de semeadura, o que não ocorreu no primeiro período, tornando-se irregular a distribuição dos experimentos para cada ano de pesquisa. No período entre 1997 e 2007, foram avaliadas 18 linhagens de tegumento do tipo carioca e cinco de tegumento preto.

As análises conjuntas foram realizadas visando obter as interações entre genótipos e ambientes (GxA) para cada época de semeadura, período de pesquisa e tipo de tegumento. As interações GxA para épocas de semeadura são importantes devido às principais diferenças climáticas que ocorrem nas regiões utilizadas para o cultivo de feijoeiro no Estado de São Paulo. A obtenção de estimativas do progresso genético para cada época de semeadura permitiu a comparação considerando-se a interação GxA obtida. A partir das análises de variância realizou-se uma análise de regressão linear para verificar se houve redução ou aumento na precisão dos experimentos, analisando-se os coeficientes de variação obtidos para cada ano.

Dos 134 genótipos desenvolvidos, convém salientar que durante o período de 1989 a 2007 foram obtidos 10 ciclos finais de seleção. Para cada ciclo de avaliação foi obtida a média ajustada dos genótipos novos. Em função dos desdobramentos de progresso genético realizados, a média ajustada dos genótipos novos (MGN) foi subtraída da média ajustada das testemunhas (MTE) obtendo-se assim o ganho genético (GG), servindo para avaliar a superioridade dos genótipos novos em relação as testemunhas. Esse resultado é importante para informar se o ganho atingiu ou não algum platô de produtividade. Se a cada ciclo ocorrer ganhos positivos será um indicativo de que o programa de melhoramento está eficiente no desenvolvimento de cultivares superiores. Também, para cada ciclo de avaliação, comparou-se o número de linhagens que foram substituídas de um ciclo para o outro, identificando-se assim a taxa de reposição de genótipos.

A estimação do progresso genético foi obtida a partir das análises de regressão linear utilizando-se as médias ajustadas dos genótipos avaliados nos experimentos de VCU. As médias ajustadas foram obtidas após a realização das análises conjuntas pela estimação dos efeitos dos genótipos, em que:

$$Y_{(ijk)} = m + t_i + a_k + (ta)_{ik} + r_{j(k)} + e_{ijk}, \text{ sendo,} \quad (1)$$

$Y_{(ijk)}$: observação do tratamento i, no ambiente k e na repetição j;

m : média geral, (fixo);

t_i : efeito do tratamento i, com $i = 1, 2, 3...I$ (fixo);

a_k : efeito do ambiente k, com $k = 1, 2, 3...K$ (aleatório);

$(ta)_{ik}$: efeito da interação do tratamento i com o ambiente k (aleatório);

$r_{j(k)}$: efeito da repetição j, dentro do ambiente $k = 1, 2, 3...K$ (aleatório);

e_{ijk} : erro experimental médio (aleatório).

Conforme Fonseca Júnior (1997), esse modelo pode ser expresso em termos matriciais, separando-se os efeitos fixos dos aleatórios como indicado por Searle (1987) e mais claramente por Martins et al. (1993) sendo:

$$Y = X\beta + ZU + E, \text{ onde,} \quad (2)$$

Y é o vetor dos dados observados;

X é a matriz de incidência dos efeitos fixos conhecida;

β é o vetor dos parâmetros de efeitos fixos desconhecido;

Z é a matriz de incidência dos efeitos aleatórios conhecida;

U é o vetor dos parâmetros de efeitos aleatórios desconhecido;

E é o vetor dos erros aleatórios.

Considera-se que U e E não são correlacionados com esperança matemática zero:

$$E \begin{bmatrix} U \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

e variâncias G e R , respectivamente, a saber:

$$\text{Var} \begin{bmatrix} U \\ E \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} G & 0 \\ 0 & R \end{bmatrix} \quad (4)$$

G = matriz de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios presentes no vetor g .

R = Matriz de variâncias e covariâncias residuais.

A matriz G é uma matriz quadrada, composta pelos componentes de variância dos fatores aleatórios do modelo, disposto na diagonal, com os demais termos iguais a zero. Cada componente de variância está presente em n células da matriz G , sendo n o número de níveis do respectivo fator. Por sua vez, a matriz R , também quadrada, com o número de linhas e colunas igual ao número de observações é composta pelo componente de variância do erro experimental na diagonal, sendo os outros termos iguais a zero.

A variância de Y (vetor das observações) representada pela matriz V é obtida mediante a expressão matricial:

$$\text{Var}(Y) = V = ZGZ' + R \text{ em que,} \quad (5)$$

Z é a matriz conhecida de incidência dos efeitos aleatórios;

G é a matriz desconhecida de variâncias e covariâncias dos efeitos aleatórios presentes no vetor U ;

Z' é a matriz Z transposta e

R é a matriz desconhecida de variâncias e covariâncias residuais.

Para se obter as estimativas dos parâmetros do modelo, é necessário conhecer todas as matrizes, inclusive G e R , que são compostas pelos componentes de variância. Para tanto, utilizou-se o método REML de estimação de componentes de variância. Este procedimento permite conhecer as matrizes G e R e por sua vez V , podendo-se estabelecer as equações de Henderson et al. (1959):

$$\begin{bmatrix} X'R^{-1}X & X'R^{-1}Z \\ Z'R^{-1}X & X'R^{-1}Z + G^{-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \beta \\ U \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X'R^{-1}Y \\ Z'R^{-1}Y \end{bmatrix}, \quad (6)$$

cuja resolução fornece as estimativas dos efeitos fixos (β) e aleatórios (U) do modelo:

$$\hat{\beta} = (X'V^{-1}X)^{-1} X'V^{-1}Y \quad (7)$$

$$\hat{U} = (GZ'V^{-1}r) \quad (8)$$

$$r = Y - X\beta \quad (9)$$

Nestas circunstâncias, β é o melhor estimador linear não viesado ('BLUE'- Best Linear Unbiased Estimator), estimativa dos efeitos fixos do modelo misto e U, o melhor Preditor Linear não Viesado ('BLUP'- Best Linear Unbiased Predictor), para os fatores aleatórios do modelo. No presente trabalho, os tratamentos genéticos serão considerados fixos, concentrando-se maior atenção na estimação dos "BLUES" desses tratamentos. Uma vez obtidos os BLUES, são estimadas as médias ajustadas, adicionando-se os BLUES à constante (m) do modelo misto.

A estimativa da variância de β , neste caso BLUE, é obtida por:

$$\hat{V}(\hat{\beta}) = (X'V^{-1}X)^{-1} \quad (10)$$

Observa-se que a expressão referente à estimativa dos efeitos fixos (BLUE) de modelo misto é a mesma referida em relação à estimativa de progresso genético obtida por quadrados mínimos ponderados. A razão é o fato de que estas expressões se originam do método de quadrados mínimos generalizados (GLS) que envolve ponderação pela matriz V (FONSECA JÚNIOR, 1997).

Para obtenção das estimativas das médias ajustadas, foi utilizado o programa SAS, através da rotina PROC MIXED. Com as médias ajustadas de todos os genótipos, foram obtidas as médias aritméticas anuais dos genótipos novos e da testemunha para em seguida aplicar o método da regressão e estimar o progresso genético. A análise de regressão linear também foi realizada pelo programa SAS, através da rotina PROC REG. Os resultados absolutos de ganho a partir da análise de regressão linear foram obtidos nas análises em kg/ha por ciclo final de seleção, sendo em seguida transformados em kg/ha/ano. Para a obtenção do progresso genético relativo, expresso em porcentagem, foi a expressão:

$$\text{Progresso relativo \%} = \frac{b}{a} \cdot 100 \text{ onde:} \quad (11)$$

b: representa o ganho estimado por ano obtido na análise de regressão linear o ano zero;

a: representa a produtividade inicial estimada obtida pelo intercepto da análise de regressão linear.

A partir dessa fórmula foram obtidos os progressos genéticos referentes ao período de 1989 a 1996 e 1997 a 2007 e o progresso genético por tipo de tegumento para o período de 1997 a 2007. Para a obtenção da significância do teste F da análise de regressão linear, o quadrado médio da regressão foi testado com o quadrado médio conjunto dos desvios da regressão, obtido nos dois períodos.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Análises dos experimentos

Considerando o período de pesquisa entre 1989 e 2007 foram realizados 10 ciclos finais de seleção de linhagens pelo programa de melhoramento genético do IAC. O período de avaliação compreendeu 19 anos de pesquisa, em um total de 134 linhagens avançadas e 211 experimentos considerando as três épocas de semeadura de feijão no Estado de São Paulo (feijão das águas, da seca e de inverno) (ANJOS, 1981). Os experimentos foram avaliados em vários ambientes no Estado, destacando os municípios de Capão Bonito, Monte Alegre do Sul, Tatuí, Espírito Santo do Pinhal, Votuporanga, Ribeirão Preto, Mococa e Pindorama que foram os mais explorados para a avaliação das linhagens, ressaltando que as condições de clima e de solo são bem divergentes entre esses ambientes.

Nos experimentos, considerou-se diversas testemunhas nos diferentes períodos (Tabela 3), sendo estas utilizadas para a comparação com as linhagens. Além das testemunhas, representadas por cultivares comerciais, utilizaram-se também, como genótipos comuns entre os ciclos de seleção (*amarração*), linhagens consideradas superiores de ciclo para ciclo. Em média foram utilizadas oito testemunhas representando as principais cultivares-padrão de produtividade e qualidade de grãos exigidos pelo mercado nacional.

Na Tabela 4, encontra-se o resumo da análise de variância conjunta, para os diferentes ambientes dentro do ano de avaliação dos experimentos, com as respectivas fontes de variação. Nela pode-se observar a significância para os diferentes ambientes, assim como também informações sobre o número de tratamentos, número de experimentos, número de repetições, coeficiente de variação e a média expressa em kg/ha. Observa-se que em todos os anos as fontes de variação foram significativas, evidenciando que os tratamentos interagiram com os ambientes de avaliação.

Em geral, o número de genótipos avaliados nos experimentos variou de 5 a 20 considerando-se as novas linhagens e as cultivares testemunhas. Até 1996, a quantidade de genótipos foi maior em relação aos anos posteriores porque até esse período nos ensaios finais de avaliação era utilizado um número maior de linhagens, pois avaliou-se apenas genótipos do IAC. A partir de 1997, uma nova abordagem foi adotada, ou seja, nos ensaios finais de avaliação genótipos avançados de outras instituições de pesquisa passaram a ser avaliadas juntamente com os genótipos do IAC. Esta mudança provocou redução no número de genótipos em avaliação e, portanto, menor que o período

anterior. Verifica-se, no entanto, que apesar do menor número de genótipos utilizados até 1996, a produtividade média foi superior devido à utilização apenas de linhagens superiores.

O número de experimentos avaliados variou a cada ano, como por exemplo, em 1989 e 2007 quando foram realizados apenas três experimentos e em 1995, 22 experimentos.

O número de ensaios de VCU é de grande importância tanto para uma correta avaliação dos genótipos quanto para o atendimento da regulamentação do Ministério da Agricultura em relação ao número mínimo de ensaios realizados para cada época de semeadura. Para a recomendação de uma nova cultivar, pelo menos dois anos de avaliação devem ser feitos para que uma linhagem seja recomendada ao setor agrícola e, assim se torne uma nova cultivar. Na Tabela 1, observa-se que no período de 1989 a 1994 existe grande variação entre o número de experimentos e o número de tratamentos utilizados, quando comparado aos demais anos de pesquisa.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância conjunta para cada ano de avaliação com a significância das fontes de variação e informações sobre o número de tratamentos, número de experimentos, número de repetições, coeficiente de determinação, coeficiente de variação e média expressa em kg/ha

Fontes de Variação	Anos de Pesquisa																		
	1989	1990	1991	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Ambiente (A)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Tratamentos (T)	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
T * A	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**	**
Número de Tratamentos	20	18	38	20	20	20	41	41	7	7	6	6	7	7	6	6	7	7	7
Número de Experimentos	3	11	14	12	7	4	28	10	9	15	13	18	14	11	8	7	5	19	3
Número de Repetições	15	55	70	60	35	20	110	50	36	60	52	72	56	44	32	28	15	57	9
R²	0,89	0,84	0,80	0,83	0,88	0,84	0,88	0,85	0,90	0,91	0,87	0,83	0,67	0,91	0,89	0,94	0,88	0,91	0,90
Coeficientes de Variação	15,1	21,0	32,7	23,8	18,2	17,6	16,4	14,9	13,6	13,4	15,2	19,6	20,5	19,0	16,4	16,2	15,8	15,8	11,0
Médias kg/ha	980,00	796,78	863,90	997,80	814,08	1058,50	1562,63	2029,25	2394,87	2360,34	2124,99	2283,67	2367,83	1986,88	2362,05	1777,50	2846,88	2157,33	2485,08

** Significativo ao nível de 1% de probabilidade

Em média para cada ciclo de avaliação a taxa de renovação de linhagens foi em torno de 77,90%, evidenciando o dinamismo do programa de melhoramento do IAC na busca de genótipos superiores para a recomendação ao setor agrícola (Tabela 5). Esse resultado é superior ao contatado por Fonseca Junior (1997) para o programa de melhoramento genético de feijoeiro desenvolvido para o Estado do Paraná em relação ao período de 1977 a 1995, quando a taxa de renovação das linhagens participantes dos ensaios finais foi de 40%.

Tabela 5 - Taxa de renovação de genótipos de feijoeiro do programa de melhoramento genético do IAC em dez ciclos de seleção realizados no período de 1989 a 2007 no Estado de São Paulo

Ciclos de Seleção	Ano Agrícola	Número Tratamentos	Número Linhagens	Número Testemunhas	Renovação (%)
1	1989	20	19	1	---
2	1990/1991	18	17	1	94,50
3	1991/1992/1993	20	18	2	90,00
4	1994	20	18	2	90,00
5	1995/1996	41	39	2	95,12
6	1997/1998	7	5	2	100,00
7	1999/2000	6	4	2	83,33
8	2001/2002	7	5	2	71,43
9	2003/2004	6	4	2	83,33
10	2005/2006/2007	7	5	2	71,43
--	Renovação Média	--	--	--	77,90

A recomendação de linhagens mais produtivas ao setor agrícola requer avaliações em vários ambientes. Para isso, a precisão experimental é de fundamental importância para a obtenção de informações precisas que auxiliem na recomendação da futura cultivar. Assim, o coeficiente de variação (CV) é uma informação importante, pois, juntamente com a produtividade indicam a qualidade do experimento, como demonstrado por Matos (2005) e Moresco (2003).

Dentre os 211 experimentos avaliados individualmente, o CV variou de 8% a 40% (dados não mostrados). Percebe-se que os maiores valores para os coeficientes de variação foram obtidos entre 1989 a 1994, indicando que nesse período a precisão dos experimentos era menor quando comparado aos demais anos. Na Tabela 4, nota-se que a precisão experimental dos ensaios de VCU melhorou com o passar do tempo, pois o CV obtido no ultimo ciclo de seleção 2005/2006/2007 foi menor (11,0%) quando comparado aos anos anteriores. Essa redução na porcentagem do CV corresponde a um aumento na precisão experimental média em torno de 0,39% ao ano, ou seja, a cada ano ocorre uma redução no CV, como apresentado na Figura 1.

Certamente, a principal razão para a diminuição do CV de 0,39% ao ano, está ligada à maior robustez dos genótipos aos ambientes de cultivo, com diferenças menores entre as médias. Essa informação pode ser constatada com base na produtividade média obtida em 1989 (980 kg/ha) e aquela obtida em 2007 que foi acima de 2600 kg/ha (Tabela 4).

Figura 1 - Redução do coeficiente de variação (CV%) em relação aos 19 anos de pesquisa utilizados para a avaliação de 134 genótipos de feijoeiro analisados em 211 experimentos em diferentes épocas de semeadura e locais do Estado de São Paulo

Outra importante característica trabalhada pelo programa de melhoramento do IAC ao longo dos anos foi o desenvolvimento de linhagens resistente ao patógeno causador da antracnose (*C. lindemuthianum*) (CARBONELL et al., 1999; CARBONELL et al., 2005). Sendo esta doença de ocorrência comum nas áreas de cultivo, observa-se menor variação na produtividade dos genótipos em campo, contribuindo também para menor variação nos experimentos.

Um ponto importante em relação aos dados obtidos no presente trabalho é que as médias dos experimentos foram superiores à produtividade média nacional de feijoeiro que não chega a 900 kg/ha (CONAB, 2008). Considerando o Estado de São Paulo que possui a maior produtividade média por área, em torno de 1800 kg/ha, este ainda é um valor considerado baixo quando comparado às produtividades obtidas nos experimentos entre 1997 a 2007 e também pelo potencial genético das cultivares disponibilizadas no mercado agrícola. Sabe-se que as condições de experimentos são melhor controladas que as condições de lavouras, e existe uma limitação na estimativa da produtividade, pois, nos experimentos, é estimada a partir de uma simples parcela; contudo os valores podem ser considerados altos. Na Tabela 6 relaciona-se o potencial produtivo das principais

cultivares recomendadas para o Estado de São Paulo, no período de 1989 a 2007, em relação às testemunhas utilizadas nos experimentos.

No Estado de São Paulo assim como nas demais regiões brasileiras, o principal fator da baixa produtividade está ligado à falta de tratamentos fitossanitários, semeadura em regiões fora do zoneamento agroecológico, falta de irrigação, adubação não adequada e solos degradados.

Tabela 6 - Comparação de linhagens de feijoeiro recomendadas para o cultivo no Estado de São Paulo a partir de 1989, juntamente com as testemunhas de avaliação, a partir de dados obtidos nos Ensaios de VCU referente ao período de 1989 a 2007

Cultivar	Linhagem	Número de Ambientes Testados	Média Ajustada (kg/ha)	Testemunha de Avaliação	Superioridade em relação a Testemunha	Ano de Recomendação
IAC - Una	Gen 51-1-1-1	27	2259,65	Carioca 80 SH	---*	1993
IAC - Maravilha	Gen 51-1-1-2	17	1212,13	Carioca 80 SH	---*	1993
IAC – Carioca Akytã	Gen H853-50-6	27	1273,07	Carioca 80 SH	5,76 %	1994
IAC - Carioca Pyatã	Gen H853-50-2	69	1355,11	Carioca 80 SH	12,95 %	1994
IAC - Carioca Eté	Gen 12 - 2	95	2259,65	IAC - Carioca	3,68 %	1999
IAC – Carioca Tybatã	Gen 14 - 6	66	2248,61	IAC – Carioca Eté	-0,50 %	2002
IAC - Alvorada	Gen 96A98 - 13	27	2249,44	IAC – Carioca Tybatã	0,40 %	2007
IAC - Diplomata	Gen 96A98 - 5	27	2200,32	IAC – Una	- 2,62 %	2007

* Não se estimou a superioridade, pois a testemunha utilizada representa o grão tipo carioca

Para as análises de variância conjunta, as informações foram organizadas de forma semelhante àquela adotada para a obtenção do progresso genético. O desmembramento do ganho foi realizado conforme já mencionado para épocas de semeadura (época das águas, da seca e de inverno), períodos de pesquisa de 1989 a 1996 e de 1997 a 2007 e por tipo de tegumento, lembrando que o grupo carioca foi elaborado a partir de genótipos com predominância desta característica, contudo, um tegumento de coloração rosada foi incorporado neste grupo. O grupo preto foi formado apenas a partir de genótipos com esta coloração. Uma análise de variância conjunta foi também realizada para todo o período de avaliação, ou seja, entre 1989 a 2007. Contudo, o progresso genético geral deste período não foi estimado devido às diferenças observadas entre os períodos de pesquisa. Estas diferenças implicariam um viés na estimativa do ganho.

Na Tabela 7, relacionam-se os resumos da análise de variância conjunta geral e por épocas de cultivo considerando-se apenas o período entre 1989 e 2007. A interação genótipo por ambiente (GxA) por épocas de semeadura é um parâmetro importante uma vez que informa como as linhagens interagem nos diferentes ciclos de cultivo da cultura. Para isso, a interação foi desdobrada de acordo com as épocas de semeadura do zoneamento agroecológico proposto para o Estado de São Paulo (PINZAN et al., 1994). No Estado de São Paulo, os municípios utilizados para semeadura na época das águas geralmente são os mesmos para o cultivo da época da seca. Na época de inverno, os municípios mais utilizados para a avaliação dos experimentos são Votuporanga, Ribeirão Preto, Pindorama, Adamantina e Colina. Essas localidades não são utilizadas em outras épocas, devido às altas temperaturas ocorridas por se situarem na Região Norte do Estado de São Paulo.

Na Tabela 7, verifica-se que os valores do teste F para a análise geral e para as épocas de semeadura foram praticamente semelhantes, indicando que mesmo com a avaliação dos experimentos separadamente por épocas de semeadura ocorreu uma alta interação GxA. Nota-se que para a época da seca a interação foi maior do que a análise geral, podendo ser visualizada por meio do valor do teste F. Esse resultado é explicado mediante possíveis problemas que podem ocorrer nas três safras de semeadura do feijoeiro. Na época das águas, com semeaduras de setembro a outubro, o fator limitante é o excesso de chuvas na colheita. Na época da seca, com semeaduras de fevereiro a março, a maior limitação muitas vezes é a falta de chuva durante o florescimento e enchimento dos grãos, e na época de inverno, com semeaduras de maio a junho, só é possível cultivar o feijoeiro com o uso de irrigação. Nesse contexto, percebe-se que as principais diferenças de produtividade entre genótipos e ambientes pode ocorrer na época da seca, devido à falta de água em alguns estágios da cultura, o que de certa forma aumenta a interação GxA. Considerando-se a Região Sudoeste do

Estado de São Paulo, principal produtora paulista de feijão, torna-se importante mencionar que a ocorrência da doença do mosaico-dourado representa um fator limitante para a produção de feijão. Na época da seca, muitos experimentos não foram considerados por ocorrer alto coeficiente de variação (CV) e baixa produtividade, contribuindo para o aumento da GxA.

Devido à forma de recomendação de cultivares realizada pelo IAC para o Estado de São Paulo, nota-se que a interação GxA para épocas de semeadura superou a interação GxA geral. Esse resultado é um parâmetro que o programa está trabalhando de forma generalista para a recomendação de cultivares, não trabalhando por época de semeadura específica, o que pode contribuir para menor progresso genético, pois alguns genótipos respondem de forma diferenciada conforme a mudança de ambiente.

Tabela 7 - Resumo da análise de variância conjunta com o desdobramento da interação por épocas de semeadura, referente ao período de 1989 a 2007 no Estado de São Paulo

Fontes de Variação	GL	QM	Valor de F	Probabilidade
Blocos / Amb	263965	425649	3,35	< 0,0001
Genótipos (G)	133	2354293	29,92	< 0,0001
Ambientes (A)	210	18031206	229,17	< 0,0001
GxA	2355	302990	3,85	< 0,0001
GxA / Águas	482	307643,1	2,45	< 0,0001
GxA / Seca	701	297549	4,32	< 0,0001
GxA / Inverno	990	268405	4,19	< 0,0001
Erro Médio	12749	103318	---	---
Épocas de semeadura	Geral	Águas	Seca	Inverno
Média kg/ha	1479,82	1728,08	1386,47	1427,23
CV (%)	19,0	20,5	19,0	17,7

A partir de 1997 os locais de semeadura começaram a ser melhor monitorados no Estado de São Paulo como forma de diminuir a interação GxA. Tal ação teve como base o trabalho realizado por Carbonell e Pompeu (1997). As diferenças entre os períodos podem ser observadas na Tabela 8, onde as análises de variância foram divididas nos períodos de 1989 a 1996 e de 1997 até 2007. Com base no teste F, é possível perceber que a interação foi menor no período de 1997 a 2007 do que de

1989 a 1996, demonstrando uma diminuição na interação GxA. Nota-se que a interação obtida no período geral entre 1989 a 2007 (Tabela 7) foi ocasionada devido ao primeiro período entre 1989 a 1996. Na Tabela 8, fica evidente que a interação GXA reduziu no segundo período, pois os valores do teste F foram semelhantes, indicando que a partir de 1997 as linhagens desenvolvidas foram mais estáveis, interagindo com o ambiente de forma semelhante independentemente da época de semeadura utilizada.

Em feijão é importante mencionar que a recomendação de cultivares tanto para o Estado de São Paulo quanto para outras regiões brasileiras, é generalista e não regionalizada, podendo ser comprovada pela baixa utilização de sementes certificadas pelos agricultores (YOKOYAMA et al., 1996; PEREIRA & YOKOYAMA, 1999). Também, por não ser considerado um produto *comodity*, o mercado de feijão no Brasil apesar de grande, não é organizado economicamente. Assim, o alto esforço dos programas de melhoramento em realizar a recomendação de cultivares de forma regionalizada pode não funcionar, visto que, provavelmente, não será utilizado de forma correta pelos agricultores devido ao não cumprimento da regionalização de semeadura.

Para amenizar esses problemas, em programas de melhoramento no Brasil, busca-se trabalhar com análises de adaptabilidade e estabilidade de produção (CARBONELL et al., 2007; CARBONELL et al., 2004; CARBONELL et al., 2001; ABREU et al., 1992; DUARTE e ZIMMERMANN, 1991), permitindo identificar as cultivares que mantém produtividade estável economicamente na maioria dos ambientes de cultivo, lembrando que esse trabalho faz com que o ganho seja menor do que aquele de uma recomendação regionalizada.

Na Tabela 9, observam-se os resultados da análise de variância para os tipos de tegumentos em relação ao período de 1997 a 2007. Os resultados são semelhantes tanto para o grupo diversos, onde predomina o tegumento carioca, quanto para o grupo preto. Em relação à produtividade dos genótipos de tegumento preto, percebe-se que esta foi pouco superior aos genótipos cariocas, o que provavelmente seja devido ao baixo número de genótipos utilizados, quando comparado com o grupo carioca. Quanto menor o número de genótipos avaliados em um determinado grupo, supostamente menor será a influência da interação GxA, proporcionando uma relativa superioridade em relação ao grupo que possua maior número, pois poderá ocorrer maior interação GxA devido à maior diferença entre os genótipos.

Esse resultado é importante, pois constata-se que os genótipos de tegumento preto interagiram com o ambiente semelhante aos de tegumento carioca. O padrão de tegumento carioca é priorizado nos diferentes programas de melhoramento do feijoeiro no Brasil. Nesse contexto,

evidencia-se que as atuais cultivares de tegumento preto recomendadas para o setor produtivo permitem estabilidade de produção semelhante às cultivares de tegumento carioca.

Tabela 8 - Resumo da análise de variância conjunta em relação aos períodos de pesquisa do programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAC no Estado de São Paulo

Fontes de Variação	Período de 1989 – 1996				Período de 1997 - 2007			
	GL	QM	Valor de F	Prob.	GL	QM	Valor de F	Prob.
Genótipos (G)	110	2172731	36,06	< 0,0001	22	3313975	22,54	< 0,0001
Ambientes (A)	88	23753540	394,18	< 0,0001	121	13869509	94,32	< 0,0001
G x A	1677	274678	4,56	< 0,0001	678	373016	2,54	< 0,0001
GxA / Águas	242	240319,0	2,20	< 0,0001	240	375528,2	2,43	< 0,0001
GxA / Seca	522	275465,7	5,32	< 0,0001	179	361950	2,52	< 0,0001
GxA / Inverno	773	247716	5,03	< 0,0001	217	342103	2,41	< 0,0001
Erro Médio	7152	60260	---	---	1927	147041	---	---
Total	9384	---	---	--	3085	---	---	---
Épocas de semeadura	Geral	Águas	Seca	Inverno	Geral	Águas	Seca	Inverno
Média kg/ha	1231,5	1323,07	1178,29	1236,31	2234,98	2294,45	2131,13	2257,46
CV (%)	19,9	25,0	19,3	18,0	17,2	17,1	17,8	16,69

Tabela 9 - Resumo da análise de variância conjunta em relação aos tipos de tegumentos desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAC no período de 1997 a 2007 no Estado de São Paulo

Fontes de Variação	Tegumento Carioca				Tegumento Preto			
	GL	QM	Valor de F	Prob	GL	QM	Valor de F	Prob
Genótipos (G)	17	3988060	26,60	< 0,0001	4	980952	6,76	< 0,0001
Ambientes (A)	121	10349096	69,02	< 0,0001	121	3839573,2	26,48	< 0,0001
G x A	466	389609	2,60	< 0,0001	90	285854,1	1,97	< 0,0001
GxA / Águas	162	360041,9	2,31	< 0,0001	32	263610	1,45	< 0,0001
GxA / Seca	120	409463,2	2,70	< 0,0001	24	209420,3	1,77	< 0,0001
GxA / Inverno	150	366995,7	2,58	< 0,0001	26	314045,2	2,43	< 0,0001
Erro Médio	1362	149935	---	--	227	145018,5	---	--
Total	2304	---	---	--	780	---	---	--
Épocas de semeadura	Geral	Águas	Seca	Inverno	Geral	Águas	Seca	Inverno
Média kg/ha	2238,56	2281,32	2144,67	2269,88	2224,42	2332,79	2092,27	2219,50
CV (%)	17,3	17,3	18,1	16,6	17,1	18,3	16,4	16,2

4.2 Desdobramento das estimativas gerais de progresso genético

Para a estimação do progresso genético dos diversos períodos de pesquisa, épocas de semeadura e tipos de tegumento foi utilizada a média ajustada dos genótipos por meio de análises de regressão linear. A estimativa do progresso genético médio é dado pelo coeficiente angular da regressão (b), visto que o ajuste dado pelo modelo misto e a estimação dos efeitos genotípicos pelo procedimento “BLUE” (Best Linear Unbiased Estimator) implicam em estimativas com menor influência do ambiente, da interação genótipos por ambientes e do erro experimental (FONSECA JÚNIOR, 1997). O valor estimado “BLUE” corresponde basicamente ao efeito de cada genótipo estimado pelas médias ajustadas menos a média geral ajustada (MORESCO, 2003).

4.2.1 Progresso genético por período de pesquisa

O desdobramento das estimativas de progresso genético separadamente para os períodos de pesquisa foram divergentes quando comparado entre o período de 1989 a 1996 e 1997 a 2007. Na Tabela 10, observam-se os valores de progresso genético absoluto em kg/ha e relativo em porcentagem para os dois períodos. É importante salientar que a partir da metodologia utilizada os resultados gerados se referem ao progresso genético por ciclo final de seleção.

Para o período de 1989 a 1996, observa-se que com base nas análises de regressão linear, o progresso genético absoluto obtido foi de 21,04 kg/ha/ciclo final de seleção, significativo estatisticamente, com uma produtividade média de 1231,5 kg/ha (Tabela 10). Em porcentagem, esse valor se refere a um ganho relativo de 1,71% kg/ha/ciclo final de seleção. Considerando-se o período de 1997 a 2007, o progresso genético médio calculado foi negativo, mas não significativo, sendo este de -12,27 kg/ha/ciclo final de seleção. Em porcentagem, esse valor se refere a um ganho negativo relativo de -0,55% kg/ha/ciclo final de seleção. Por ser um resultado não significativo estatisticamente pode ser considerado um período em que se obteve uma estabilização no progresso genético para produtividade. Em contrapartida, a produtividade média desse período foi praticamente 1000 kg superior ao outro período de pesquisa, ou seja, uma produtividade média de 2234,9 kg/ha. A grande diferença de produtividade entre os dois períodos pode ser atribuída ao fato que no primeiro período, entre 1989 a 1996, foram utilizados experimentos compostos de um número maior de linhagens, e como nem todas as linhagens avaliadas eram de alta produtividade, nesse período constatou-se produtividade média bem inferior quando comparado ao período de 1997 a 2007. Entre 1997 a 2007, utilizou-se número menor de linhagens nos ensaios finais de avaliação, o que elevou a produtividade média das linhagens.

Os ensaios realizados em 1989 a 1996 podem ser considerados ensaios intermediários e o ganho obtido no programa nesse período foi próximo ao observado por outros autores que avaliaram o progresso genético de feijoeiro em outros programas de melhoramento, em relação ao mesmo período de pesquisa. Fonseca Junior (1997) obteve um ganho no Estado do Paraná entre o período de 1977 a 1995 de 1,64% ao ano para o grupo preto e de 1,42% ao ano para o grupo cores com produtividades médias de 1351,4 e 1311,7 kg/ha, respectivamente. O resultado verificado no período de 1989 a 1996 está próximo também dos trabalhos realizados por Pompeu (1993), Abreu et al. (1994) e Elias et al. (1999).

Em 1997 para 1998 foi lançada pela EMBRAPA a cultivar Pérola, derivada de uma seleção realizada na antiga cultivar Aporé (Linhagem CNF 5824), desenvolvida pelo CIAT. Essa cultivar por apresentar grãos relativamente maiores (peso de 100 grãos próximo de 28 gramas) e mais arredondados do que as demais cultivares no mercado brasileiro (peso de 100 grãos próximo de 23 gramas) destacou-se em várias regiões brasileiras devido ao potencial produtivo e à excelente qualidade de grãos (tempo de cozimento e qualidade de caldo) proporcionado após o cozimento. Com essas características, as indústrias empacadoras deram prioridades a essa cultivar devido também ao excelente rendimento de peneiras proporcionado durante o processamento.

Esse resultado afetou o comércio de algumas cultivares desenvolvidas por outros programas de melhoramento. Antes desse período, no programa de melhoramento genético do IAC, o principal objetivo era o desenvolvimento de cultivares produtivas e resistentes ao patógeno da antracnose (*C. lindemuthianum*). O Instituto Agrônomo – IAC (POMPEU, 1982; POMPEU, 1993) foi o pioneiro no desenvolvimento de cultivares resistentes à antracnose, porém essa característica perdeu parte de sua importância para os agricultores, assim que a indústria começou a impor exigências para a compra de feijão. Como o principal objetivo era desenvolver resistência à antracnose, cultivares que não acompanharam as tendências em relação à qualidade de grãos, foram rapidamente substituídas por outras de melhor qualidade.

Assim, o IAC a partir de 1997 começou um trabalho para adequar as características das linhagens desenvolvidas, de tal forma que fosse conciliada a resistência à antracnose juntamente com a qualidade tecnológica de grãos. Foram realizados inúmeros cruzamentos na intenção de se obter cultivares com melhor qualidade tecnológica, buscando-se maior tamanho de grãos com peso de 100 sementes acima de 28 gramas, grãos mais arredondados, grãos com menor intensidade de listras de coloração marron, menor tempo de cozimento, maior expansão volumétrica para melhor rendimento de panela, maior porcentagem de grãos inteiros, resistência ao escurecimento precoce após a colheita e, por conseguinte, maior porcentagem de proteína. A cultivar Pérola, apesar de apresentar da excelente qualidade de grãos e satisfatórios índices de produtividade, possui uma alta suscetibilidade ao patógeno da antracnose (CARBONELL et al., 1999) e também alto escurecimento dos grãos, exigindo uma rápida comercialização do produto. Em função dessas características, todos os cruzamentos realizados no programa de melhoramento do IAC de 1997 a 2007 enfocaram sempre como características mais importantes a obtenção de linhagens com alta qualidade de grãos e também resistentes para às raças 31, 65 e 89 do patógeno da antracnose (CARBONELL et al., 1999).

Essa mudança de metodologia no programa de melhoramento do IAC estabilizou os índices de progresso genético que vinham sendo obtidos, como observado na Tabela 10. Nos cruzamentos realizados, houve uma mudança na base genética utilizada, na intenção de obter linhagens com melhor qualidade de grãos. Nas Figuras 2 e 3 é possível visualizar essas diferenças, pois no período entre 1989 e 1996, o gráfico indica progresso genético positivo e a partir de 1997, ocorreu um decréscimo no progresso obtido.

Outro ponto importante a ser destacado é que partir de 1997 novas normas foram impostas pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) para a realização dos ensaios de VCU. Para a realização dos experimentos tornou-se necessário à utilização de testemunhas recomendadas e registradas junto ao MAPA. Assim, sem o atendimento das novas normas a recomendação de novas cultivares não poderia ser feita. Com a utilização de testemunhas potenciais, a produtividade média dos experimentos aumentou, mas os ganhos em produtividade foram menores devido à dificuldade de desenvolver genótipos mais produtivos que as testemunhas, pois uma nova cultivar para ser recomendada deve ser superior à testemunha-padrão.

Tabela 10 - Estimativas e erro-padrão dos progressos genéticos médios obtidos em kg/ha e porcentagem, e outras estimativas obtidas pela regressão linear com médias ajustadas, em função do desdobramento dos períodos de pesquisa do programa de melhoramento genético do feijoeiro do IAC

Estimativas e Detalhamentos	Ganho Períodos de Pesquisa Linhagens IAC	
	1989 - 1996	1997 - 2007
Ganho absoluto kg/ha /ciclo final de seleção	21,04*	-12,27
Ganho relativo/ciclo final de seleção (%)	1,71	-0,55
Erro-Padrão Ganho (kg/ha)	9,12	5,02
Erro-Padrão Ganho (%)	0,74	0,22
Média (kg/ha)	1231,5	2234,9
Número de Genótipos	111	23
Número de Experimentos	89	122
Número de Anos	8	11
Ciclos de Seleção	5	5
R²	0,91	0,88
QM Erro Conjunto	69260	147041
GL Erro Conjunto	7152	1927
Coefficiente de Variação Conjunto (%)	19,9	17,2
QM Regressão Linear	11871,80	6018,75
QM Desvios da Regressão Linear (Médio)		1619,03
GL Desvios da Regressão Linear (Médio)		6
Teste F da Regressão Linear	7,33*	3,72

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Figura 2 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro por meio de análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados no período de 1989 a 1996, no programa de melhoramento genético do IAC, para o Estado de São Paulo

Figura 3 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro por meio de análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados no período de 1997 a 2007, no programa de melhoramento genético do IAC, para o Estado de São Paulo

Apesar das normas impostas pelo MAPA forçarem os programas de melhoramento a identificar genótipos mais produtivos, além desta característica, outras também de grande importância podem ser informadas no processo de registro e recomendação de cultivares. Esse fato é observado no programa de melhoramento em questão, uma vez que as novas cultivares liberadas para cultivo têm como destaque a melhor característica de qualidade tecnológica de grãos ao invés da produtividade considerada semelhante as demais cultivares do mercado nacional (CARBONELL et al., 2008a; CARBONELL et al., 2008b; CHIORATO et al., 2008).

Nas Tabelas 11 e 12, a partir das diferenças entre as médias ajustadas para produtividade dos genótipos novos com as testemunhas (MGN - MTE) é possível visualizar esses resultados. Verifica-se que, geralmente, a média das testemunhas é superior às médias dos genótipos novos. É importante mencionar que as testemunhas (genótipos de *amarração*) foram avaliadas como genótipos novos em anos anteriores. Assim, a cada ciclo de seleção é importante salientar que não só a qualidade tecnológica é melhorada nas linhagens, mas também o potencial produtivo das mesmas. O aumento na qualidade tecnológica das cultivares desenvolvidas pelo IAC foi relatado no trabalho realizado por Perina (2008), em que os genótipos do IAC foram comparados com genótipos de outros programas de melhoramento como IAPAR, EMBRAPA e UFLA. Em relação à avaliação simultânea de características de produtividade e qualidade tecnológica, identificou-se que a cultivar IAC-Alvorada (Gen 96A98-13) foi superior em relação aos demais genótipos avaliados.

O mesmo conjunto de genótipos foi avaliado por Gonçalves (2008) para estudar a estabilidade de produção utilizando a análise AMMI (Additive Main Effects and Multiplicative Interaction Analysis). O autor conclui que os genótipos do IAC apresentaram produtividade semelhante em relação aos genótipos de outras instituições, e que o nível de estabilidade e adaptabilidade das linhagens desenvolvidas pelo IAC para o Estado de São Paulo é considerado satisfatório.

Comparando as diferenças de produtividade dos genótipos novos com as testemunhas (MGN – MTE) (Tabelas 11 e 12) percebe-se que as maiores diferenças ocorreram no período entre 1997 e 2007. Grande parte dessa diferença foi em relação à obtenção de genótipos novos com qualidade tecnológica superior em relação à testemunha, mas com menor potencial produtivo, fato este que ocasiona ganhos negativos no programa de melhoramento do IAC no período mencionado.

Tabela 11 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativas dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para produtividade de grãos de feijoeiro, no período de 1989 a 1996, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN kg/ha	MTE kg/ha	GG kg/ha
		(A)	(B)	(A-B)
1	1989	1153,1	1194,4	- 41,3
2	1990/1991	1073,9	1194,4	- 120,5
3	1991/1992/1993	1194,0	1244,9	- 50,9
4	1994	1231,7	1244,9	- 13,1
5	1995/1996	1241,0	1244,9	- 3,9

Tabela 12 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativas dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para produtividade de grãos de feijoeiro, no período de 1997 a 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN kg/ha	MTE kg/ha	GG kg/ha
		(A)	(B)	(A-B)
6	1997/1998	2304,3	2256,2	48,0
7	1999/2000	2251,0	2288,0	- 37,0
8	2001/2002	2223,9	2288,0	- 64,2
9	2003/2004	2262,2	2286,9	- 24,7
10	2005/2006/2007	2176,0	2286,9	- 110,9

4.2.2 Progresso genético por épocas de semeadura

O progresso genético obtido para cada época de semeadura (águas, seca e inverno) é apresentado na Tabela 13. Este foi estimado para as três épocas de semeadura considerando apenas o período de 1997 a 2007 no total de 122 experimentos realizados.

Nas três épocas de semeadura avaliadas, ocorreram ganhos negativos assim como para o período total de 1997 a 2007. Na época das águas, observou-se ganho negativo de -14,65 kg/ha/ciclo final de seleção, na época da seca -15,08 kg/ha/ciclo final de seleção e na época de inverno observou-se o valor de -1,48 kg/ha/ciclo final de seleção. Dentre os três resultados, apenas o período da seca foi significativo estatisticamente. Em relação à produtividade média, a época das águas foi a de maior estimativa para o caráter, sendo a menor observada para a época da seca, para a qual se obteve também o menor ganho entre as três épocas.

Os resultados verificados na época da seca demonstram que é o período cujo ambiente mais interfere nos genótipos, pois comparando-se os CVs, constata-se que os maiores valores foram

estimados nessa época. Fonseca Júnior (1997) constatou resultados semelhantes no Estado do Paraná, contudo, deve-se salientar que neste Estado a época de inverno não é utilizada para o cultivo devido à ocorrência de geadas. Resultados diferentes foram observados por Matos (2005) quando relata que na época de inverno não houve progresso genético, sendo atribuído ao pequeno número de experimentos desenvolvidos nesta época.

No Estado de São Paulo, a época do inverno pode ser considerada de grande importância para a seleção de genótipos e produção de sementes certificadas em um programa de melhoramento de feijoeiro, ao contrário dos resultados verificados por Matos (2005). Convém salientar que, nesta época, o cultivo é realizado na Região Norte do Estado com a ocorrência de elevadas temperaturas, permitindo-se dessa forma selecionar genótipos com tolerância ao calor durante o florescimento. Em função do trabalho realizado para época de inverno, de acordo com a Tabela 13, o ganho estimado de -1,48 kg/ha/ciclo final de seleção pode ser interpretado como uma estabilização no aumento da produtividade, considerando-se o desvio-padrão no valor de 6,89 kg/ha/ciclo. A média de produtividade da época de inverno foi próxima da época das águas com valores de, respectivamente 2257,50 e 2294,45 kg/ha.

Na época das águas, a produtividade geralmente é maior uma vez que a semeadura é realizada no período chuvoso e o desenvolvimento da cultura ocorre com temperaturas mais amenas. Na época de inverno, embora a semeadura ocorra no período de estiagem das chuvas, a produtividade média é superior à época da seca, ou às vezes, superior até mesmo à época das águas, quando não ocorre temperaturas elevadas durante o florescimento da cultura. Os locais do Estado de São Paulo cultivados com ensaios de VCU onde ocorrem temperaturas elevadas no período de inverno são Votuporanga, Pindorama, Andradina, Ribeirão Preto e Colina.

Nas Tabelas 14, 15 e 16, com base na diferença entre os genótipos novos e as testemunhas (MGN – MTE), percebe-se que, no último ciclo de avaliação referente aos anos de 2005/2006/2007 a produtividade média dos genótipos na época de inverno foi maior do que na época das águas. Embora o ganho genético (GG) entre os genótipos novos com as testemunhas, na época das águas e de inverno tenha sido negativo, a estimativa na época de inverno foi bem menor, em torno de -6,6 kg/ha. Essa diferença pode ser considerada praticamente nula quando comparado com a época das águas que foi de -116,7 kg/ha. Os resultados evidenciam que apesar das linhagens do IAC interagirem de forma semelhante com o ambiente para as três épocas de semeadura, conforme a Tabela 8, os resultados evidenciam que são adaptadas principalmente para a época de inverno no Estado de São Paulo e que, provavelmente, seja resultado de uma melhor adaptação para a

ocorrência de altas temperaturas durante o florescimento, como já constatado por Chiorato et al., 2007; Chiorato et al., 2006; Chiorato et al., 2005; Carbonell et al., 2003.

Tabela 13 - Estimativas e erro-padrão dos ganhos genéticos médios de genótipos de feijoeiro, em kg/ha e porcentagem, e detalhamento obtido pelo método de regressão linear com médias ajustadas, em função do desdobramento de épocas de semeadura, no período de 1997 a 2007 no Estado de São Paulo

Estimativas e Detalhamentos	Ganho Épocas de Semeadura 1997 a 2007 Linhagens IAC		
	Águas	Seca	Inverno
Ganho absoluto kg/ha /ciclo final de seleção	-14,65	-15,08*	-1,48
Ganho relativo/ciclo final de seleção (%)	-0,59	-0,64	-0,06
Erro-Padrão Ganho (kg/ha)	8,60	4,02	6,89
Erro-Padrão Ganho (%)	0,37	0,19	0,31
Média (kg/ha)	2294,5	2131,1	2257,5
Número de Genótipos	23	23	23
Número de Experimentos	46	35	41
Número de Anos	11	11	11
Ciclos de Seleção	5	5	5
R²	0,88	0,88	0,88
QM Erro Conjunto	154467,6	143823,2	141883,3
GL Erro Conjunto	705	550	672
Coefficiente de Variação Conjunto (%)	17,1	17,8	16,7
QM Regressão Linear	8589,81	11099,35	107,61
QM Desvios da Regressão Linear (Médio)		1931,70	
GL Desvios da Regressão Linear (Médio)		9	
Teste F da Regressão Linear	4,45	5,75*	0,06

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 14 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativa dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para produtividade de grãos na época de **semeadura das águas** entre 1997 e 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN kg/ha	MTE kg/ha	GG kg/ha
		(A)	(B)	(A-B)
6	1997/1998	2372,3	2316,6	55,7
7	1999/2000	2312,9	2408,2	-95,3
8	2001/2002	2314,6	2408,2	-93,6
9	2003/2004	2357,4	2320,2	37,2
10	2005/2006/2007	2203,5	2320,2	-116,7

Tabela 15 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativa dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para produtividade de grãos na época de **semeadura da seca** entre 1997 e 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN kg/ha	MTE kg/ha	GG kg/ha
		(A)	(B)	(A-B)
6	1997/1998	2234,8	2245,0	-10,2
7	1999/2000	2215,5	2219,9	-4,4
8	2001/2002	2132,5	2219,9	-87,4
9	2003/2004	2117,9	2172,6	-54,7
10	2005/2006/2007	2112,2	2172,6	-60,4

Tabela 16 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativa dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para produtividade de grãos na época de **semeadura de inverno** no período de 1997 e 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN Kg/ha	MTE Kg/ha	GG Kg/ha
		(A)	(B)	(A-B)
6	1997/1998	2296,3	2237,1	59,2
7	1999/2000	2220,2	2267,6	-47,4
8	2001/2002	2195,1	2267,6	-72,5
9	2003/2004	2281,9	2254,0	27,9
10	2005/2006/2007	2247,4	2254,0	-6,6

A comparação nas três épocas de semeadura dos genótipos novos com as testemunhas (MGN – MTE), evidenciou praticamente em todos os ciclos, a ocorrência de resultados negativos, indicando superioridade das testemunhas (*genótipos de amarração*). É importante salientar que no período geral de 1997 a 2007, o potencial das testemunhas utilizadas nos experimentos aumentou conforme as normas impostas pelo MAPA para a realização dos ensaios de VCU, sendo necessário a utilização de testemunhas de comparação para o mesmo tipo de grão.

Dentre os ciclos avaliados, o de 1997/1998 e de 2003/2004 foram os únicos em que os genótipos novos foram superiores considerando-se as épocas das águas e de inverno. Na época da seca ocorreram apenas resultados negativos e também as menores médias de produtividade, quando comparada com as outras duas épocas de semeadura. Nas Figuras 4, 5 e 6, é possível visualizar essas diferenças. Na época das águas e de inverno no ciclo de 2003/2004, ocorreu considerável ganho de produtividade nas linhagens avaliadas, ou seja, foram obtidas excelentes linhagens e de alto potencial produtivo, mas nenhuma atendeu as exigências requeridas pelo mercado quanto à qualidade tecnológica, não ocorrendo a recomendação de novas cultivares.

No ciclo seguinte, a seleção foi concentrada para tamanho de grãos, ocorrendo redução no potencial produtivo das linhagens, mas buscou-se atender as características exigidas pelo mercado, sendo possível assim promover a recomendação de três novas cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo (CARBONELL et al., 2008a; CHIORATO et al., 2008).

Na Figura 5, pode-se visualizar que nas linhagens desenvolvidas pelo IAC há menor progresso genético na época da seca. Considerando-se as época das águas e de inverno observam-se alguns ciclos de seleção com ganhos na produtividade. Na época da seca ocorreram apenas reduções no potencial produtivo, sendo uma possível causa para esse resultado a ocorrência da doença do mosaico-dourado, cujas maiores infestações ocorrem nesta época de semeadura. Essa doença está se desenvolvendo muito na Região Sudoeste do Estado de São Paulo, onde são instalados os principais ensaios de VCU da época da seca (Capão Bonito, Tatuí, Avaré e Taquarituba). Outro fator a ser considerado refere-se aos estresses hídricos, pois nessa época ocorrem períodos de veranico com altas temperaturas, e nem todos os experimentos são rotineiramente irrigados, promovendo uma redução na produtividade das linhagens.

Figura 4 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro estimado a partir das análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados na época de **semeadura das águas**, no período de 1997 a 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Figura 5 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro estimado a partir das análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados na época de **semeadura da seca**, no período de 1997 a 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Figura 6 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro estimado a partir das análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados na época de **semeadura de inverno**, no período de 1997 a 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

4.2.3 Progresso genético por tipo de tegumento

O desdobramento para tipos de tegumento revelaram resultados importantes referentes aos valores de progresso genético obtidos. Novamente, o ganho foi calculado no período de 1997 a 2007, para o tipo de tegumento carioca e tipo preto (Tabela 17). Os genótipos foram avaliados em função de 122 experimentos realizados para as três épocas de semeadura. O progresso genético obtido para o tegumento tipo carioca foi negativo com valor absoluto de -2,71 kg/ha/ ciclo de avaliação, equivalente a um ganho negativo relativo de -0,12% kg/ha/ ciclo de avaliação. Esse valor se refere a um ganho anual negativo de -1,23 kg/ha/ano. Considerando o desvio-padrão absoluto obtido para tipo carioca de 7,52 kg/ha/ciclo de avaliação, pode se considerar que não ocorreu progresso genético negativo para esse tipo de tegumento, e sim uma estabilização no aumento da produtividade de linhagens desenvolvidas no programa de melhoramento genético do IAC.

Esse resultado é apresentado na Tabela 18, na qual se observa que no último ciclo de avaliação os genótipos novos foram superiores às testemunhas padrão (MGN – MTE). O resultado comprova que o potencial produtivo dos genótipos de tegumento carioca está aumentando após os trabalhos de melhoramento realizados para qualidade de grãos; no último ciclo de avaliação, o resultado de produtividade dos genótipos novos foram superiores em relação às testemunhas. Embora os resultados sejam considerados positivos, está abaixo dos ganhos genéticos obtidos para feijão em outros trabalhos realizados por Abreu et al. (1994), Fonseca Júnior (1997), Elias et al. (1999) e Matos (2005).

Na Figura 7, percebe-se a volta do ganho para produtividade, e do ciclo de 1997/1998 para o ciclo seguinte de 1999/2000, ocorreu um decréscimo na produtividade média das linhagens. Essa perda na produtividade voltou a aumentar a partir do ciclo de 2003/2004 para o ciclo de 2005/2006/2007. Esse resultado é muito importante, pois comprova que o potencial produtivo das linhagens voltou a crescer, com a vantagem que as características de qualidade tecnológica puderam ser incorporadas nos genótipos e os ganhos negativos não se referem à ocorrência de um platô de produtividade.

Tabela 17 - Estimativas e erro-padrão dos ganhos genéticos médios de genótipos de feijoeiro em kg/ha e porcentagem, e detalhamento obtido pelo método de regressão linear com médias ajustadas, em função do desdobramento de tipos de tegumentos desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético do IAC, no período de 1997 a 2007, no Estado de São Paulo

Estimativas e Detalhamentos	Ganho por tipo de Tegumento de 1997 a 2007 Linhagens IAC	
	Carioca	Preto
Ganho absoluto kg/ha /ciclo final de seleção	-2,71	-15,57
Ganho relativo/ciclo final de seleção (%)	-0,12	-0,64
Erro-Padrão Ganho (kg/ha)	7,52	12,53
Erro-Padrão Ganho (%)	0,34	0,56
Média (kg/ha)	2238,56	2224,42
Número de Genótipos	18	5
Número de Experimentos	122	122
Número de Anos	11	11
Ciclos de Seleção	5	5
R²	0,89	0,94
QM Erro Conjunto	149935	145018,5
GL Erro Conjunto	1362	227
Coeficiente de Variação Conjunto (%)	17,29	17,11
QM Regressão Linear	294,32	9705,89
QM Desvios da Regressão Linear (Médio)		4276,42
GL Desvios da Regressão Linear (Médio)		6
Teste F da Regressão Linear	0,07	2,27

Tabela 18 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativas dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para o caráter produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro com tegumento **tipo carioca**, em experimentos realizados no período de 1997 a 2007, no Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN kg/ha	MTE kg/ha	GG kg/ha
		(A)	(B)	(A-B)
6	1997/1998	2320,1	2241,1	79,0
7	1999/2000	2220,2	2336,8	-116,6
8	2001/2002	2222,7	2336,8	-114,1
9	2003/2004	2247,6	2272,4	-24,8
10	2005/2006/2007	2279,2	2272,4	6,8

Figura 7 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro de **tegumento carioca** por meio de análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados no período de 1997 a 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

Os resultados constatados com os genótipos do tipo preto, avaliados no período entre 1997 e 2007, não foram satisfatórios assim como para o tipo carioca. De acordo com a Tabela 17, o ganho negativo absoluto para o tipo preto foi de $-15,57$ kg/ha/ciclo de avaliação, representando um ganho negativo relativo de $-0,64\%$ kg/ha/ciclo de avaliação.

Ao contrário do que ocorreu com o tegumento tipo carioca, a partir do ciclo de avaliação de 2003/2004, o potencial produtivo das linhagens reduziu consideravelmente (Tabela 19 e Figura 8). A principal redução no progresso genético desse tipo de tegumento pode ser explicada pelo baixo número de linhagens desenvolvidas pelo programa de melhoramento. Cultivares de tegumento preto não possuem a mesma aceitação comercial assim como o tipo carioca, representando apenas 15% do mercado brasileiro de feijão. Dessa forma, os programas de melhoramento concentram esforços para o tipo carioca, que representa 80% desse mercado (PICHEL, 2006). Esse resultado pode ser observado na Tabela 19, em relação aos ciclos de 1997/1998 e 1999/2000, período em que não foi avaliada nenhuma linhagem de tegumento preto nos ensaios de VCU. Sem dúvida, esse resultado faz com que o potencial produtivo de linhagens cariocas seja maior do que as linhagens de tegumento preto.

Outra possível explicação pode estar relacionada ao porte de planta e hábito de crescimento desenvolvido para o feijão tipo preto. Atualmente, os programas de melhoramento selecionam linhagens com porte ereto de planta para facilitar a colheita mecânica e hábito de crescimento tipo I (determinado) ou tipo II (indeterminado) a fim de obter melhor uniformidade em relação à coloração dos grãos. Plantas com hábito de crescimento tipo I costumam ser menos produtivas que as plantas com hábito tipo II por encerrarem o crescimento no período de florescimento. Por sua vez, plantas com hábito de crescimento tipo II podem ser menos produtivas em relação às plantas com hábito de crescimento tipo III, por terem apenas uma guia longa, enquanto no tipo III há mais de uma guia. Com isso, durante o período de florescimento, o tipo III pode ser mais produtivo que o tipo II, por continuar o florescimento enquanto ocorre o crescimento das guias, resultando, portanto, em maior número de vagens (Chiorato et al., 2007; Chiorato, et al., 2005; Vilhordo et al., 1988). Linhagens de tegumento carioca, geralmente, possuem hábitos de crescimento tipo III como forma de aumentar o potencial produtivo.

Nesse contexto, quanto mais ereto for o porte da planta, menor e mais curtas serão as guias, gerando genótipos menos produtivos, o que poderia neste caso estar ocorrendo com a seleção praticada pelo programa do IAC para o tipo preto. Uma forma de aumentar a produtividade é por meio da redução no espaçamento, aumentando a população de plantas por área. Ocorre que, nos

ensaios de VCU, o espaçamento é único, tanto para as linhagens tipo preto quanto para o tipo carioca. Dependendo do espaçamento utilizado (50 ou 60 cm), plantas com porte ereto e hábito de crescimento tipo I ou II são menos favorecidas do que as plantas com hábito de crescimento tipo III, pois não conseguir desenvolver todo o seu potencial produtivo por não ter a população correta de plantas.

Tabela 19 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativas dos ganhos genéticos (GG), a partir de médias ajustadas para o caráter produtividade de grãos de feijoeiro de tegumento **tipo preto**, em experimentos realizados entre 1997 e 2007 no Estado de São Paulo

Ciclo de Seleção	Períodos de Seleção	MGN kg/ha (A)	MTE kg/ha (B)	GG kg/ha (A-B)
6	1997/1998*	-	-	-
7	1999/2000*	-	-	-
8	2001/2002	2254,3	2259,6	-5,3
9	2003/2004	2299,7	2259,6	40,1
10	2005/2006/2007	2083,7	2259,6	-175,9

* Período sem o desenvolvimento de linhagens com tegumento tipo preto

Figura 8 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro de **tegumento preto** por meio de análises de regressão linear com médias ajustadas, em experimentos realizados entre 1997 e 2007, no programa de melhoramento genético do IAC para o Estado de São Paulo

4.3 Avaliação geral dos resultados obtidos pelo método de médias ajustadas

No presente trabalho, não se obteve estimativa para o progresso genético considerando-se o período de 1989 a 2007. Esta opção deveu-se ao fato de que no primeiro período de avaliação (1989 a 1996) utilizavam-se ensaios considerados intermediários para a avaliação de genótipos superiores devido ao alto número de linhagens avaliadas de uma única vez para ser realizada a recomendação de uma nova cultivar. Já no período entre 1997 e 2007, por recomendação do MAPA, os ensaios de VCU passaram a concentrar um número menor de linhagens sendo denominados de ensaios finais de avaliação, aumentando a produtividade média dos ensaios. Na Tabela 20, é possível perceber que o potencial das linhagens desenvolvidas entre 1997 e 2007 foi superior aquelas do período de 1989 a 1996. Assim, estimar-se o progresso genético entre os dois períodos certamente ocasionaria resultados superestimados.

Desse modo realizou-se um estudo geral de 1989 a 2007, em vista da comparação dos dados originais das linhagens com os dados ajustados. Observa-se que as médias ajustadas dos genótipos novos (MGN) diferem das médias originais, visto que essas foram influenciadas pelos anos. Para a média ajustada da testemunha (MTE), os valores não se repetem ao longo dos anos, uma vez que foram sendo substituídas e, assim, a média ajustada também se modificou devido à mudança de genótipos. A média geral dos genótipos novos também difere para cada ciclo de seleção, porque em cada ciclo foram considerados novos os tratamentos genéticos que, pela primeira vez, integraram os experimentos, e como em cada ciclo de seleção havia um grupo diferente de genótipos novos, a MGN assumiu um valor distinto para cada ano.

Como no método BLUE implica em estimativas com menor influência do ambiente, da interação genótipos por ambientes e do erro experimental, percebe-se na Tabela 20 que, comparando as médias originais com as médias ajustadas em relação ao ganho genético (GG), nota-se que as testemunhas utilizadas foram superiores quando se utilizaram os dados ajustados, pois em quase todos os ciclos o GG foi negativo, com exceção do ciclo de 1997/1998. Dessa forma, comprova-se que as testemunhas utilizadas nos ensaios de VCU são genótipos potenciais e a obtenção de genótipos superiores a elas é grande indicativo de progresso genético.

Para os resultados de GG negativos, é importante salientar que todas as testemunhas superiores utilizadas para comparação com os genótipos novos foram anteriormente avaliadas nos experimentos (integraram os genótipos novos). Desta forma, pode-se supor que a cada ciclo de seleção ocorreu progresso genético, uma vez que se comparando as médias ajustadas das testemunhas para cada ciclo de seleção, percebe-se o aumento na produtividade média..

O ciclo de seleção de 2005/2006/2007 pode ser considerado o ciclo em que foram obtidas excelentes linhagens. A principal razão para ter ocorrido essa redução na produtividade média dos genótipos deve-se à redução ocorrida com os genótipos do tipo preto, diminuindo a produtividade média final. Se esses valores fossem realizados apenas com os genótipos do tipo carioca, o GG seria positivo, assim como demonstrado na Tabela 18. Esse resultado é um exemplo de que estimativas negativas de ganho podem ocorrer em ensaios realizados com a finalidade específica de se estimar o progresso genético, semelhante aos resultados de Pommer e Geraldi (1983), que estudaram três populações de milho, submetidas a quatro ciclos de seleção. Nesse trabalho, o ciclo 2, embora tenha apresentado ganho positivo para o caráter peso de espiga por hectare em relação à população original (ciclo 0), a média foi inferior em comparação ao ciclo anterior (ciclo 1).

A diferença entre os períodos de pesquisa do IAC enfatiza a presença de métodos diferentes para a realização do programa de melhoramento, o que gerou resultados diferentes em relação ao progresso genético. Para manter o progresso e até melhorá-lo, é necessário analisar as exigências impostas pelo mercado de feijão. Adams (1996) define que a equipe de trabalho é o ponto mais importante de um programa de melhoramento e deve contar com melhoristas experientes e que sejam capazes de desenvolver os trabalhos de forma coerente, evitando-se o conflito de propostas metodológicas que podem retardar ou até mesmo anular o avanço genético de determinado programa de melhoramento.

A partir de 1997, todas as linhagens desenvolvidas pelo programa de melhoramento do IAC passaram a ser avaliadas juntamente com linhagens avançadas provenientes de outras instituições de pesquisa, como o IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), UFLA (Universidade Federal de Lavras) e a EMBRAPA Arroz e Feijão. Desse modo, foi possível identificar os genótipos mais promissores, sendo agora as linhagens avaliadas conjuntamente com os genótipos avançados de outras instituições e não com as linhagens desenvolvidas pelo próprio programa de melhoramento. Assim, tornou-se possível para o melhorista avaliar o potencial do genótipo desenvolvido em seu programa de melhoramento, facilitando as decisões de exclusão ou adoção de linhagens para comporem os ensaios de VCU.

Em relação às diferenças de produtividade entre os dois períodos de pesquisa, na Figura 9, utilizando os dados originais não ajustados para gerar o gráfico, nota-se que o ganho em produtividade foi gradativo. Percebe-se que a grande diferença observada entre os dados ajustados ocorreu entre 1994 e 1998. A partir de 1998, nota-se a tendência de progresso genético, mas fortes

interações em relação ao efeito de ano ocorreram devido à diferença na produtividade média de cada ano.

O ciclo de seleção de 2005/2006/2007 é um exemplo dessas diferenças, pois nele a produtividade média chegou a 2800 kg/ha. Essa diferença ocorreu porque o ciclo de avaliação das linhagens teve início na época das águas do ano de 2005. Nessa época, a temperatura e o índice pluviométrico foram adequados para a cultura, permitindo que as linhagens expressassem todo o seu potencial. O ano seguinte foi totalmente adverso, sendo que diversos fatores como altas temperaturas, baixa ocorrência de chuvas e também alta infestação de mosca branca nos experimentos fez com que a produtividade média das linhagens fosse menor em comparação com o ano de 2005.

Com as interações ocorridas entre os genótipos, para cada ano de avaliação, conforme apresentado na Figura 9, nota-se que a metodologia de médias ajustadas minimizou a diferença entre anos. Considerando-se os resultados da Tabela 20, observa-se que a produtividade obtida no último ciclo de avaliação com base nos dados originais foi de 2791,5 kg/ha. Entretanto, com a metodologia de médias ajustadas foi descontado o efeito das interações nesse período. Dessa forma, os índices de produtividade foram corrigidos e, assim, ocorre a diminuição do potencial produtivo médio dos genótipos para 2173,9 kg/ha. Esse resultado é interessante e demonstra que a metodologia de médias ajustadas foi eficiente para corrigir a produtividade das linhagens, gerando informações mais precisas em relação ao progresso genético obtido no programa de melhoramento de feijoeiro do IAC.

Tabela 20 - Média dos genótipos novos (MGN), média das testemunhas (MTE) e estimativas dos ganhos genéticos a partir de médias originais e ajustadas (GG), para o caráter produtividade de grãos de feijoeiro, obtidos em dez ciclos de seleção, no período de 1989 a 2007, no Estado de São Paulo

Ciclos de Seleção	Médias Originais			Médias Ajustadas			
	MGN	MTE	GG	MGN	MTE	GG	
	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	
	A	B	(A-B)	(C)	(D)	(C-D)	
1	1989	980,0	930,3	49,7	1159,8	1194,4	-34,5
2	1990/1991	791,9	930,3	-138,4	1081,2	1194,4	-113,2
3	1991/1992/1993	1042,1	988,5	53,5	1197,2	1244,9	-47,6
4	1994	1055,0	1247,9	-192,9	1229,7	1244,9	-15,1
5	1995/1996	1544,8	1247,9	296,7	1233,8	1244,9	-11,0
6	1997/1998	2390,8	2260,4	130,3	2304,2	2256,2	48,0
7	1999/2000	2199,5	2288,8	-89,3	2251,6	2288,0	-36,4
8	2001/2002	2367,8	2288,8	78,9	2224,7	2288,0	-63,3
9	2003/2004	2297,3	2267,5	29,7	2263,1	2286,9	-23,7
10	2005/2006/2007	2791,5	2267,5	524,0	2173,9	2286,9	-112,9

Figura 9 - Progresso genético de genótipos de feijoeiro por meio de análises de regressão linear separadamente para cada ano de pesquisa, em relação aos dez ciclos de seleção realizados pelo programa de melhoramento genético do IAC, no período de 1989 a 2007, no Estado de São Paulo

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos foi possível perceber que houve progresso genético em relação aos 19 anos de pesquisa desenvolvidos pelo programa de melhoramento genético do IAC. Para os dados analisados evidenciou-se a importância em se verificar a qualidade dos experimentos obtidos para se estimar o progresso. Fonseca Junior (1997) relata em seu trabalho que de posse de uma série histórica de dados referentes a ensaios regionais de competição de genótipos, para a estimação do progresso genético, é interessante utilizar uma série acima de 15 anos, ao se utilizar alguma metodologia de análise de regressão linear.

Os resultados obtidos evidenciam a afirmação de Fonseca Júnior (1997), pois em relação aos 19 anos de pesquisa ocorreram dois períodos contrastantes em relação ao progresso genético. Caso o período analisado fosse menor, os ganhos não revelariam a atual situação da pesquisa do programa de melhoramento do IAC. Outro fato a ser considerado refere-se ao período anterior a 1990, pois até esta data o progresso genético do programa de melhoramento do IAC foi avaliado pelo método direto (comparação entre as cultivares recentes e antigas) e foi constatado um progresso de 1,30% ao ano (POMPEU, 1993).

Para a estimativa do retorno econômico, o progresso genético médio foi obtido em função dos valores de progresso estimados entre 1989 e 1996 e 1997 e 2007 com base no coeficiente angular da regressão linear (b). Na Tabela 21 é apresentado o progresso genético médio absoluto no valor de 4,39 kg/ha/ciclo de seleção obtido entre os dois períodos, representando um ganho relativo médio de 0,25% kg/ha/ciclo de seleção. O valor obtido foi baixo em função do segundo período (1997 a 2007) apresentar ganho negativo. A produtividade média entre os dois períodos foi de 1733,20 kg/ha, sendo essa semelhante a produtividade média na cultura do feijoeiro para o Estado de São Paulo com valor 1800 kg/ha (CONAB, 2008).

Tabela 21 - Progresso genético médio na produtividade do feijoeiro por ciclo final de seleção do programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAC entre 1989 a 2007 para o Estado de São Paulo

Período*	Coefficiente b** kg/ha	Produtividade Média kg/ha	Coefficiente b %
I	21,04	1231,50	1,91
II	-12,27	2234,90	-0,51
Média	4,39	1733,20	0,25

* Período I: 1989 a 1996; Período II: 1997 a 2007.

** Progresso genético obtido por meio do coeficiente b da regressão linear para cada ciclo de seleção por período de pesquisa.

Considerando-se o progresso genético médio obtido para os diferentes períodos de pesquisa no valor de 4,39 kg/ha/ciclo de seleção em função da área cultivada com feijão no estado de São Paulo na safra de 2006/2007 em torno de 192 mil hectares (CONAB, 2008), o ganho representa um aumento em produtividade para esta safra de 14.069 sacas de 60 kg.

É importante salientar que os valores de progresso genético observado foi obtido com base nos ensaios regionais, existindo críticas em função do desbalanceamento dos dados, pois as médias anuais dos experimentos são obtidas com diferentes números de ambientes.

O uso de médias ajustadas obtidos por meio do PROC GLM DO SAS no procedimento LSMEANS permitiu a análise de regressão, baseada em modelos mistos onde os efeitos dos genótipos foram estimados pelo procedimento BLUE. Neste método grande parte de todo o erro experimental é atenuado, pois a metodologia de médias ajustadas diminui os efeitos ambientais, da interação genótipos por ambiente e do erro experimental nas estimativas de progresso genético. A análise de regressões lineares com médias ajustadas inclui no modelo matemático esses fatores, o que propicia a obtenção de estimativas imparciais (não viesadas) e precisas (com variância mínima) dos efeitos genotípicos estimados pelo procedimento BLUE (FONSECA JUNIOR, 1997).

Nesse método quanto mais o genótipo for avaliado, mais semelhante será a média original da média ajustada, ou seja, quanto maior a frequência do genótipo ao longo dos anos de pesquisa, mais confiável será a estimativa de seu efeito. Esse fato pode ser observado no Anexo 1, onde os genótipos que foram mais avaliados possuem médias originais semelhantes às ajustadas. Isso ocorre porque o ajustamento efetuado visa corrigir o desbalanceamento dos dados, simulando a presença de todos os genótipos em todos os experimentos conduzidos nos diferentes anos.

Neste trabalho caráter avaliado foi a produtividade de grãos, contudo no programa de melhoramento genético do IAC outras características trabalhadas nas linhagens são a da qualidade tecnológica de grãos e a resistência ao patógeno da antracnose (*C. lindemuthianum*). Toda linhagem para compor os ensaios de VCU deve ser resistente para as três principais raças da antracnose que ocorrem no Estado de São Paulo (raças 31, 65 e 89) que são muito agressivas ao feijoeiro (CARBONELL et al., 1999). Por isso, foram utilizadas apenas as linhagens em estágios finais de avaliação que apresentaram resistência para estas três raças, podendo-se afirmar que apesar de ter sido analisado apenas a produtividade, parte do progresso genético obtido no programa de melhoramento do IAC foi devido ao aumento da resistência dos genótipos a esta importante doença.

Assim a partir de 1997, além de obter linhagens resistentes à antracnose o programa do IAC começou a melhorar a qualidade tecnológica de grãos, é importante mencionar o trabalho de Ramalho et al. (1993), onde esses autores salientaram que o melhoramento genético focado em uma determinada característica altera o balanço entre os componentes de produção, sendo que um componente de produção pode ser favorecido ou desfavorecido em relação aos demais, fazendo muitas vezes com que a planta fique deficiente para uma determinada característica. Dessa forma justifica-se a redução na produtividade das linhagens a partir do ano de 1997, pois o aumento da qualidade tecnológica de grãos afetou a produtividade das linhagens. Nesse contexto, de acordo com a Figura 7 para o progresso genético do tipo carioca, pode-se inferir que a melhoria na qualidade tecnológica de grãos das linhagens, retardou em 10 anos o progresso genético para produtividade. Para o tipo preto esse resultado é ainda pior, pois o programa tem que trabalhar para retomar o potencial produtivo nas linhagens de tegumento preto.

Apesar de ter ocorrido um período sem progresso genético, pode-se afirmar que o melhoramento genético desenvolvido pelo IAC tem obtido sucesso, pois a produtividade média dos genótipos novos voltou a crescer. Além de voltar a aumentar a produtividade dos genótipos de tegumento carioca, a qualidade tecnológica em relação à qualidade de grãos aumentou consideravelmente entre as últimas cultivares recomendadas, como pode ser observado na Figura 10.

O melhoramento genético de feijoeiro é um processo multidisciplinar e dinâmico. Várias características são levadas em consideração e a produtividade é apenas uma das características trabalhadas pelo programa de melhoramento do IAC. Certamente, linhagens altamente produtivas não serão aceitas pelo setor produtivo se outras características como qualidade de grãos, resistência a pelo menos um patógeno de importância na cultura, porte adequado para colheita mecânica e estabilidade de produção não estiverem presentes no novo genótipo. Assim, quando se menciona a

ocorrência de progresso genético negativo, deve-se considerar que foi apenas para a característica produtividade, sendo que para as outras características houve avanços importantes. A Figura 10 ilustra essa realidade onde a qualidade tecnológica de grão das últimas cultivares de tegumento carioca desenvolvidas pelo programa de melhoramento do IAC no período entre 1989 a 2007 aumentou consideravelmente conforme as exigências impostas pelo mercado consumidor. Além do aumento da qualidade tecnológica, todas as cultivares desenvolvidas foram resistentes as três principais raças do patógeno da antracnose (31, 65 e 89) que ocorre no Estado de São Paulo (CARBONELL et al., 2005) sugerindo que para essa característica também houve ocorreram avanços importantes.

Considerando os resultados, esforços ainda devem ser realizados para o aumento da produtividade das linhagens de feijão do IAC, procurando acompanhar os resultados obtidos por outros trabalhos realizados como o de Vencovsky et al. (1988) que avaliou o progresso genético em milho de 1964 a 1984 e identificou um ganho de 2,20% ao ano, Toledo et al. (1990) com progresso genético em soja de 1981 a 1986 com ganho de 1,80% ano, Rodrigues (1990) com progresso genético em sorgo de 1974 a 1988 com ganho 1,18% ano, Abreu et al. (1994) com progresso genético em feijão de 1972 a 1990 com ganho de 1,9% ano, Fonseca Junior (1997) com progresso genético em feijão de 1977 a 1995 com ganho de 1,40% ao ano, Breseghello (1998) com progresso genético em Arroz de 1984 a 1989 com ganho de 0,77% ao ano, Santos et al. (1999) com progresso genético em Arroz de 1974 a 1980 com ganho de 6,06% ao ano e Soares et al. (2005) com progresso genético em Arroz com ganho de 0,70% ao ano.

Figura 10 - Aspectos de coloração, formato e tamanho de grãos referente às últimas cultivares de feijoeiro recomendadas pelo programa de melhoramento genético de feijoeiro do IAC entre os anos de 1993 a 2007

Nota-se que os valores de progresso genético para as diversas culturas são diferenciados. Para aumentar ainda mais o ganho em produtividade de culturas como feijão, arroz, milho, soja e trigo, novas metodologias, assim como novas abordagens de pesquisa, devem ser implementadas pelos programas de pesquisa. Nesse contexto, trabalhos em biologia molecular passaram nos últimos anos a ajudar e orientar os programas de melhoramento na busca de genótipos cada vez mais promissores. A utilização de marcadores moleculares está auxiliando na identificação dos genótipos com o maior número de alelos favoráveis para aumentar a tolerância a estresses bióticos e abióticos, bem como evitando-se a recombinação de genitores aparentados (CHIORATO et al., 2007; PALOMINO et al., 2005; ALZATE MARIN et al., 2003; DUARTE et al., 1999). Trabalhos de mapeamento genético em feijoeiro, visando a identificação de genes importantes, também estão sendo desenvolvidos para auxiliar os programas de melhoramento, facilitando assim os trabalhos de seleção de linhagens superiores (BENCHIMOL et al., 2007; HANAI et al., 2007; CAMPOS et al., 2007).

Certamente a biologia molecular continuará sendo importante na busca de maior produtividade na cultura do feijoeiro (BINNECK, 2004; KNOGGE, 1996; ELLIS et al., 2000 e PONCIANO et al., 2003), possibilitando a identificação de interações eficientes que permitam tanto genótipos de feijoeiro como de outras culturas, a se tornarem cada vez mais produtivos e principalmente rústicos para as principais enfermidades encontradas nas lavouras comerciais.

Para a cultura do feijoeiro, a rusticidade é uma característica que dever ser cada vez mais estudada, pois a planta sofre facilmente com as adversidades climáticas. Para genótipos de feijoeiro de tegumentos carioca, pode se considerar que muitos avanços ocorreram na busca de uma maior adaptabilidade e estabilidade genotípica, frente às diferenças climáticas ocorridas nos diferentes tipos de ambientes utilizados para o cultivo do feijoeiro (CARBONELL et al., 2007; CARBONELL et al., 2005; CARBONELL et al., 2001; ABREU et al., 1992; DUARTE e ZIMMERMANN, 1991). Nos últimos anos a adaptabilidade está sendo trabalhada para outros tipos de grãos (diferentes do carioca e preto) principalmente para os tipos rajados, devido ao grande aumento no mercado brasileiro para esse tipo de grão, visando à exportação de feijão, uma vez que o grão tipo carioca não é aceito em outros países. Em função deste mercado, no ano de 2007 o programa de melhoramento do IAC lançou novas variedades de feijoeiro para outros tipos de grãos, contudo, quando comparadas ao carioca apresentam um menor índice de produtividade (CARBONELL et al., 2008b, CHIORATO et al., 2008).

Depreende-se, portanto, que o aumento da rusticidade representa o principal objetivo que os programas de melhoramento de feijoeiro devam continuar trabalhando, para garantir o progresso

genético. Para o feijoeiro a rusticidade deve estar sempre aliada ainda às outras características de importância agrônômica como produtividade, tamanho de grãos, resistência ao escurecimento e também qualidades culinárias como o tempo de cozimento e porcentagem de proteína.

Considerando-se o exposto verifica-se que a estratégia de melhoramento do feijoeiro no IAC se modificou ao longo dos anos de pesquisa. Houve um redirecionamento nas características a serem priorizadas em função de uma exigência do mercado. Este fato resultou num retardo no aumento real da produtividade, pois o aspecto do grão foi trabalhado. Entretanto, observa-se que com a incorporação das características desejadas, o aumento da produtividade volta a ser percebido.

Deve-se destacar também que além das características do grão a resistência à antracnose sempre foi selecionada conjuntamente. Assim tem se atualmente linhagens com bom aspecto de grão e qualidade tecnológica, resistentes a um importante patógeno e com bom nível de produtividade.

6. CONCLUSÕES

Entre os períodos de pesquisa analisados, o período entre 1997 a 2007, embora tenha ocorrido ganho negativo, apresenta produtividade média superior em relação ao período de 1989 a 1996 que apresenta ganho positivo.

Entre as épocas de semeadura analisadas, a época das águas apresenta a maior produtividade média, enquanto que a época de inverno o melhor índice de progresso genético.

O progresso genético para produtividade obtido para o tipo de tegumento carioca está aumentando a cada ciclo de seleção a partir do ano de 1997, enquanto que para o tipo preto ocorre um decréscimo.

O retorno econômico para o Estado de São Paulo estimado a partir do progresso genético obtido no programa de melhoramento de feijoeiro do IAC no período de 1989 a 2007 representa um aumento de 14069 sacas de 60 kg/ciclo de seleção.

REFERÊNCIAS

- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. Desempenho e estabilidade fenotípica de cultivares de feijão em algumas localidades do Estado de Minas Gerais no período de 1989-1991. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 16, n. 1, p. 18-24, 1992.
- ABREU, A.F.B.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; MARTINS, L.A. Progresso do melhoramento genético do feijoeiro nas décadas de setenta e oitenta nas regiões sul e alto Paranaíba em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n.1, p. 105-112, 1994.
- ADAMS, M.W. A historical perspective on significant accomplishments in dry beans research the first 100 years. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 39, p. 32-45, 1996.
- ALZATE-MARIN, A.L.; COSTA, M.R.; SARTORATO, A.; PELOSO, M.J.; BARROS, E.G.; MOREIRA, M.A. Genetic variability and pedigree analysis of Brazilian common bean elite genotypes. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 60, p. 283-290, 2003.
- ANJOS, N.M.. **Pró-feijão**. São Paulo: Secretaria da Agricultura e Abastecimento, 1981. 27p.
- ANTUNES, I.F.; SILVEIRA, E.P. A Pesquisa em Melhoramento genético como fator de progresso na produtividade do feijão no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO 5., 1996, Goiânia. **Anais ...** Goiânia: Embrapa, 1996. p.404 - 405.
- BARBOSA NETO, J.F.; MATIELO, R.R.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, J.M.S.; PEGORARO, D.G.; SCHENEIDER, F.; SORDI, M.E.B.; VACARO, E. Progresso genético no melhoramento da aveia-branca no Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, n. 8, p. 1605-1612, 2000.

BENCHIMOL, L.L.; CAMPOS, T.; CARBONELL, S.A.M.; COLOMBO, C.A.; CHIORATO, A.F.; FORMIGHIERI, E.F.; GOUVÊA, L.R.; SOUZA, A.P. Structure of genetic diversity among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties of Mesoamerican and Andean origins using new developed microsatellite markers. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Heidelberg, v. 54, p. 1747-1762, 2007.

BINNECK, E. As ômicas: Integrando a bioinformação. **Biotecnologia Ciência e Desenvolvimento**, Brasília, v. 32, p. 28-37, 2004

BRESEGUELLO, F.; MORAIS, O.P.; RANGEL, P.H.N. A new method to estimate genetic gain in annual crops. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 21, n. 4, p. 551-555, 1998.

BULMAN, P.; MATHER, D.E.; SMITH, D.L. Genetic improvement of spring barley cultivars grown in eastern Canada from 1910 to 1988. **Euphytica**, Wageningen, v. 71, n.1, p.35-48, 1983.

CAMPOS, T.; BENCHIMOL, L.L.; CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; FORMIGHIERI, E.F.; SOUZA, A.P. Microsatellites for genetic studies and breeding programs in common bean. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 4, p. 589-592, 2007.

CARBONELL, S.A.M. CHIORATO, A.F.; ITO, M.F.; PERINA, E.F.; GONÇALVES, J.G.R.; SOUZA, P.S.; GALLO, P.B.; TICELLI, M.; COLOMBO, C.A. AZEVEDO FILHO, J.A. IAC-Alvorada and IAC-Diplomata: new common bean cultivars. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.8, p. 163-166, 2008a.

CARBONELL, S.A.M. CHIORATO, A.F.; CARVALHO, C.R.L.; BENCHIMOL, L.L.; BERALDO, A.L.A.; GONÇALVES, J.G.R.; TICELLI, M.; SOUZA, P.S.; GALLO, P.B. IAC-Galante and IAC-Centauro: special common bean types. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.8, p. 177-180, 2008b.

CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; RESENDE, M.D.V.; DIAS, L.A.S.; BERALDO, A.L.A.; PERINA, E.F. Estabilidade de cultivares e linhagens de feijoeiro em diferentes ambientes no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2, p. 193-200, 2007.

CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; CHIORATO, A.F.; MOURA, R.R. Avaliação do germoplasma de feijoeiro do IAC quanto à resistência a três raças de *Colletotrichum lindemuthianum*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 31, n. 1, 2005.

CARBONELL, S.A.M.; AZEVEDO FILHO, J.A.; DIAS, L.A.S.; GARCIA, A.A.F.; MORAIS, L.K. Common Bean cultivars and lines interactions with environments. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 61, n. 2, p. 169-177, 2004.

CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; AZEVEDO FILHO, J.A.; SARTORI, J.A. Cultivares comerciais de feijoeiro para o Estado de São Paulo: características e melhoramento. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO 19., 2003. Capão Bonito. **Anais...**Campinas: IAC, 2003. p. 5-20.

CARBONELL, S.A.M.; AZEVEDO FILHO, J.A.; DIAS, L.A.S.; GONÇALVES, C.; ANTONIO, C.B. Adaptabilidade e estabilidade de produção de cultivares e linhagens de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 2, p. 69-77, 2001.

CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; POMPEU, A.S.; FRANCISCO, F.G.; RAVAGNANI, S. ALMEIDA, A.L.L. Raças fisiológicas de *Colletotrichum lindemuthianum* e reação de linhagens e cultivares de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 60-65, 1999.

CARBONELL, S.A.M.; POMPEU, A.S. Estratificação de ambientes em experimentos de feijoeiro no Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 56, n. 1, p. 207-218, 1997.

CARVALHO, L.P.; BARBOSA, M.H.P.; COSTA, J.N.; FARIAS, F.J.C.; SANTANA, J.C.F.; ANDRADE, F.P. Progresso genético do algodoeiro herbáceo no Nordeste. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 283-291, 1997.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; BENCHIMOL, L.L.; COLOMBO, C.A.; PERINA, E.F.; ITO, M.A.; RAMOS JUNIOR, E.U.; FREITAS, R.S.; PEREIRA, J.C.V.N.A. IAC-Boreal and IAC-Harmonia: common bean cultivars with striped grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.8, p. 170-173, 2008a.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; BENCHIMOL, L.L. CHIAVEGATO, M.B.; DIAS, L.A.S.; COLOMBO, C.A. Genetic diversity in common bean accessions evaluated by means of morpho-agronomical and RAPD data. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 64, n.3, p.256-262, 2007.

CHIORATO, A.F.; ITO, M.F.; SOUZA, P.S., GALLO, P.B.; ITO, M.A.; CASTRO, J.L., RAMOS JUNIOR, E.R.; TICELLI, M.; AZEVEDO FILHO, J.A.; KASAI, F.S.; MARTINS, A.L.M.; FREITAS, R.; PEREIRA, J.C.V.N.A.; VECCHI, V.; SOUZA, J.A.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; FARIAS, F.L.; MONTANS NETO, L.H.M.; CRUGER, F.F.; DONADON, J.R.; SANTOS, J.P.A.; CARBONELL, S.A.M. Avaliação regional de linhagens de feijoeiro para o Estado de São Paulo: avaliação final do VCU 2005-2006-2007. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO 23., 2007. Capão Bonito. **Anais...** Campinas: IAC, 2007. p. 1-12.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; SOUZA, P.S., GALLO, P.B.; CASTRO, J.L., ITO, M.A.; RAMOS JUNIOR, E.R.; TICELLI, M.; AZEVEDO FILHO, J.A.; KASAI, F.S.; MARTINS, A.L.M.; VECCHI, V.; SOUZA, J.A.; GONÇALVES, J.G.R.; PERINA, E.F.; FARIAS, F.L.; FRANÇA, L.R. Avaliação regional de linhagens de feijoeiro para o Estado de São Paulo: VCU preliminar 2005-2006-2007. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO 22., 2006. Capão Bonito. **Anais...** Campinas: IAC, 2006. p. 29-38.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; COLOMBO, C.A.; DIAS, L.A.S.; ITO, M.F. Genetic diversity of common beans accessions in the germplasm bank of the Instituto Agronômico – IAC. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.5, n.1, p.1-9, 2005.

CHIORATO, A.F.; CARBONELL, S.A.M.; ITO, M.F.; PERINA, E.F. Cultivares de feijoeiro para o Estado de São Paulo. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO 21., 2005. Capão Bonito. **Anais...** Campinas: IAC, 2005. p.13-18.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/estudo_safra.pdf>. Acesso em: 10 Jun. 2008.

DUARTE, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. Selection of location for common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm evaluation. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 14, n. 3, p. 765-770, 1991.

DUARTE, J.M.; SANTOS, J.B.; MELO, L.C. Genetic divergence among common bean cultivars from different races based on RAPD markers. **Genetics and Molecular Biology**, Ribeirão Preto, v. 22, p.419-426, 1999.

ELIAS, H.T., HEMP, S.; FLESC, R.D. Ganho genético na produtividade das cultivares de feijão recomendadas para Santa Catarina – 1979/1999. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO 6., 1999. Salvador. **Anais...** Salvador: Embrapa, 1999. p 373-375.

ELLIS, J.; DODDS, P.; PRYOR, T. Structure, function and evolution of plant disease resistance genes. **Current Opinion in plant Biology**, Londres, v. 3, p. 278-284, 2000.

EYHÉRABIDE, G.H.; DAMILANO, A.L.; COLAZO, J.C. Genetic gain for grain yield of maize in Argentina. **Maydica**, Bergamo, v. 39, n. 3, p. 207-211, 1994.

FERNANDES, J.S.C. **Estabilidade Ambiental de cultivares de milho (*Zea mays* L.) na região Centro Sul do Brasil**. 1988. 94 p. Dissertação (Mestrado – Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

FONSECA JÚNIOR, N.S. **Progresso genético na cultura feijão no Estado do Paraná no período de 1977 a 1995**. 1997. 168p. Dissertação (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1997.

GONÇALVES, J.G.R. **Estabilidade fenotípica do feijoeiro com o uso de genótipos suplementares em análise AMMI**. 2008. 103 p. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) Instituto Agronômico, Campinas, 2008.

HANAI, L.R.; CAMPOS, T.; CAMARGO, L.E.A.; BENCHIMOL, L.L.; SOUZA, A.P.; MELOTTO, M.; CARBONELL, S.A.M.; CHIORATO, A.F.; CONSOLI, L.; FORMIGHIERI, E.F.; SIQUEIRA, M.V.B.M.; TSAI, S.M.; VIEIRA, M.L.C. Development, characterization, and comparative analysis of polymorphism at common bean SSR loci isolated from genomic and genomic sources. **Genome**, Quebec, v. 50, p. 266-277, 2007.

HENDERSON, C.R.; KEMPTHORNE, O.; SEARLE, S.R.; KROSIGK, C.M. The estimation of environmental and genetic trends from records subject to culling. **Biometrics**, Blackburg, v. 15, n. 2, p. 192-218, 1959.

KNOGGE, W. Fungal infection of plants. **The Plant Cell**, Rockville, v. 8, p. 1711-1722, 1996.

MATOS, J.W. **Análise crítica do programa de melhoramento genético do feijoeiro da UFLA no período de 1974 a 2004**. 2005. 116p. Dissertação (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

MARTINS, E.N.; LOPES, P.S.; SILVA, M.A.; REGAZZI, A.J. **Modelo linear misto**. Viçosa/UFV, 1993. 46 p. (Boletim, 323).

MORAIS, O.P. & ABBUD, N.S. **Subsídios para a avaliação do progresso genético dos programas estaduais de melhoramento de arroz no Brasil**. Goiânia: EMBRAPA/CNPAP, 1993. 26p.

MORESCO, E.R. **Progresso genético do melhoramento de Algodoeiro no Estado de Mato Grosso**. 2003. 79 p. Dissertação (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2003.

PALOMINO, C.E.; MORI, E.S.; ZIMBACK, L.; TAMBARUSSI, E.V.; MORAES, C.B. Genetic diversity of common genotypes of Carioca commercial group using RAPD markers. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v.5, n.1, p.80-85, 2005.

PEREIRA, G.V.; YOKOYAMA, L.P. Produção e Uso de Sementes de Feijão no Estado de Goiás. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO 6., 1999, Salvador. **Anais...** Goiânia:EMBRAPA, 1999. p. 580-582.

PERINA, E.F. **Qualidade tecnológica de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) cultivados em diferentes ambientes**. 2008. 150 p. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) Instituto Agrônomo, Campinas, 2008.

PICHEL, A.M. Feijões para exportação. In: DIA DE CAMPO DE FEIJÃO 22., 2006. Capão Bonito. **Anais...** Campinas: IAC, 2006. p. 39-42.

PINZAN, N.R.; BULISANI, E.A.; BERTI, A.J. **Feijão: zoneamento ecológico e épocas de semeadura para o Estado de São Paulo**. Campinas: CATI, 1994. 19 p.

POMMER, C.V. & GERALDI, I.O. Selection among and within half-sib families in opaque-2 maize populations. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 6, n. 3, p. 461-472, 1983.

POMPEU, A.S. Avaliação da produtividade de linhagens de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) resistentes ao fungo da antracnose (*Colletotrichum lindemuthianum*). **Bragantia**, Campinas, v. 41, p. 67 – 79, 1982.

POMPEU, A.S. Feijão. In: FURLANI, A.M.C.; VIÉGAS, G.P. (Ed.). **O melhoramento genético de plantas no Instituto Agrônomo**. Campinas: IAC, 1993. p.111-156.

PONCIANO, G.; TSUYUMU, S.; HIROSHI, I.; LEACH, J.E. Bacterial effectors in plant disease and defense: keys to durable resistance? **Plant Disease**, Saint Paul, v. 87, n. 11, p. 1272-1282, 2003.

RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J. **Genética quantitativa em plantas autógamias – aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia, UFG, 1993. 271p.

RIBEIRO, N.D.; JOST, E.; POSSEBEN, S.B.; STORCK, L. Progresso genético em caracteres agronômicos no melhoramento de feijoeiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 4, p. 629-633, 2003.

RODRIGUES, J.A.S. **Progresso genético e potencial de risco da cultura do sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) no Brasil**. 1990. 171 p. Dissertação (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

SALADO-NAVARRO, L.R.; SINCLAIR, T.R.; HINSON, K. Changes in yield and seed growth traits in soybean cultivars released in the Southern USA from 1945 to 1983. **Crop Science**, Madison, v. 33, n.6, p. 1204-1209, 1993.

SANTOS, P.G.; SOARES, P.C.; SOARES, A.A.; MORAIS O.P.E.; CORNÉLIO, V.M.O. Avaliação do progresso genético obtido em 22 anos no melhoramento do arroz irrigado em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 10, p. 1889-1896, 1999.

SEARLE, S.R. Mixed models: A thumbnail survey. In: _____. **Linear models for unbalanced data**. New York: John Wiley, 1987. chap. 13, p. 484-519.

SOARES, A.A. **Desempenho do melhoramento genético do arroz de sequeiro e irrigado da década de oitenta em Minas Gerais**. 2005. 188 p. Dissertação (Doutorado – Genética e Melhoramento de Plantas) Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2005.

TOLEDO, J.F.F.; ALMEIDA, L.A.; KIIHL, R.A.S.; MENOSSO, O.G. Ganho genético em soja no Estado do Paraná, via melhoramento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 89-94, 1990.

VENCOVSKY, R.; MORAES, A.R.; GARCIA, J.C.; TEIXEIRA, N.M. Progresso Genético em vinte anos de melhoramento do milho no Brasil. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 16., 1986, Belo Horizonte. **Anais...** Sete Lagoas. EMBRAPA, 1988. p. 300-307.

VENCOVSKY, R.; RAMALHO, M.A.P. Contribuição do melhoramento genético do plantas no Brasil. In: PATERNIANI, E. (Ed.). **Agricultura brasileira e pesquisa agropecuária**. Brasília:EMBRAPA, 2000. cap. 4, p.57-90.

VILHORDO, B.W.; MIKUSINSKI, O.M.F;BURIN, M.E.; GANDOLFI, V.H. Morfologia. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba:POTAFOS, 1996. cap.2, p.71-93.

YOKOYAMA, L.P.; BANNO, K.; KLUTHCOUSKY, J. Aspectos socioeconômicos da cultura. In: ARAUJO, R.S.; RAVA, C.A.; STONE, L.F.; ZIMMERMANN, M.J.O. (Ed.). **Cultura do feijoeiro comum no Brasil**. Piracicaba:POTAFOS, 1996. cap.1, p.1-21.

ANEXOS

Anexo 1 - Médias originais e ajustadas dos genótipos novos e das testemunhas utilizadas nos ensaios de VCU de feijoeiro no Estado de São Paulo no período entre 1989 a 1991

OBS	Ciclo de Seleção	Genótipos	Médias Originais			Médias Ajustadas	
			Ensaio/Ciclo	Média no Ciclo de Seleção	Média Geral	Ensaio Geraís	Média
1	1989	Carioca 80 SH	3	930,67	930,30	47	1199,72
2	1989	GEN 1-2-2-1-1-7	3	852,00	852,00	3	1030,57
3	1989	GEN 1-2-2-2-9-5	3	1030,67	1030,67	3	1209,23
4	1989	GEN 2-1-2-10	3	1042,67	1042,67	3	1221,23
5	1989	GEN 2-1-2-10-2	3	1062,67	1062,67	3	1241,23
6	1989	GEN 2-1-3-3-4-3	3	905,33	905,33	3	1083,90
7	1989	GEN 2-1-4-1-1-4	3	1166,67	1166,67	3	1345,23
8	1989	GEN 2-1-4-1-5	3	978,67	978,67	3	1157,23
9	1989	GEN 2-1-5-3-1	3	1132,00	1132,00	3	1310,57
10	1989	GEN 2-1-5-4-9-1	3	1077,33	1077,33	3	1255,90
11	1989	GEN 8-3-12	3	1090,67	1053,08	30	1276,83
12	1989	GEN 8-3-7	3	842,67	842,67	3	1021,23
13	1989	GEN H4778-100-7-1-13	3	980,00	980,00	3	1158,57
14	1989	GEN H4778-100-7-1-3	3	998,67	780,60	20	1104,89
15	1989	GEN H4778-100-7-1-6	3	960,00	960,00	3	1138,57
16	1989	GEN H4778-100-7-2-4	3	1000,00	1000,00	3	1178,57
17	1989	GEN H4778-100-7-3-11	3	894,67	894,67	3	1073,23
18	1989	GEN H4778-100-7-3-9-3	3	881,33	881,33	3	1059,90
19	1989	GEN H4778-103-3-9-2	3	944,00	944,00	3	1122,57
20	1989	GEN H85127-50-3-1	3	829,33	829,33	3	1007,90
		Média dos Novos		980,00	967,00		1159,85
	1990/1991	Carioca 80 SH*	17	872,72	930,30	47	1199,72
21	1990/1991	GEN 51	17	832,73	768,94	17	1118,95
22	1990/1991	GEN 9-1-1	17	742,55	688,00	17	1038,01
23	1990/1991	GEN 17-1-2	17	891,64	797,88	17	1147,89
24	1990/1991	GEN 17-1-4	17	844,00	773,41	17	1123,42
25	1990/1991	GEN 1-1-1-10-1	17	776,73	678,82	17	1028,83
26	1990/1991	GEN 1-1-1-10-6	17	750,91	640,71	17	990,72
27	1990/1991	GEN 1-1-1-11-6	17	781,45	684,71	17	1034,72
28	1990/1991	GEN 4-1-1-4	17	684,36	677,18	17	1027,19
29	1990/1991	GEN 4-2-1-1	17	726,55	709,65	17	1059,66
30	1990/1991	GEN 4-2-2-1-1	17	692,36	651,29	17	1001,30
31	1990/1991	GEN 4-2-2-1-5	17	737,82	702,35	17	1052,36
32	1990/1991	GEN 50-1-1	17	815,27	756,00	17	1106,01
33	1990/1991	GEN 51-1-1-2	17	928,73	862,12	17	1212,13
34	1990/1991	GEN 6-1-1-2	17	666,55	610,82	17	960,83
35	1990/1991	GEN 9-1-1-1	17	733,45	692,00	17	1042,01
36	1990/1991	GEN 9-4-1-1	17	936,00	855,06	17	1205,07
37	1990/1991	Rosinha-G2	17	846,91	1046,86	74	1133,78
	1990/1991	Média dos Novos		791,9	745,83		1081,23

* Valores em negrito correspondem a produtividade das testemunhas utilizadas nos Ensaios de VCU não mais consideradas como genótipos novos

Anexo 2 - Médias originais e ajustadas dos genótipos novos e das testemunhas utilizadas nos ensaios de VCU de feijoeiro no Estado de São Paulo no período entre 1991 a 1994

OBS	Ciclo de Seleção	Genótipos	Médias Originais			Médias Ajustadas	
			Ensaio/Ciclo	Média no Ciclo de Seleção	Média Geral	Ensaio Geraís	Média
	1991/1992/1993	Rosinha-G2*	28	864,28	1046,86	74	1133,78
	1991/1992/1993	Carioca 80 SH	28	932,57	930,30	47	1199,72
38	1991/1992/1993	GEN 4-1-2-2-1-4-1-1	28	890,50	833,33	28	1062,11
39	1991/1992/1993	GEN 51-1-1-1	28	1150,40	1025,90	28	1254,67
40	1991/1992/1993	GEN 60-1-6-51	28	1037,50	925,48	28	1154,26
41	1991/1992/1993	GEN 62-10	28	1007,00	932,30	28	1161,07
42	1991/1992/1993	GEN 2-1-2-10	28	1154,50	1053,08	28	1276,83
43	1991/1992/1993	GEN 2-1-4-1-2-8	28	1117,50	1028,30	28	1257,07
44	1991/1992/1993	GEN 2-1-5-4-9-1	28	995,00	927,11	28	1155,89
45	1991/1992/1993	GEN H3886-50	28	1263,00	1021,78	28	1250,55
46	1991/1992/1993	GEN H4886-50	28	984,50	934,96	28	1163,74
47	1991/1992/1993	GEN H85125-51-2-1-6-1	28	915,00	910,37	28	1139,15
48	1991/1992/1993	GEN H85125-54-3-3	28	985,50	946,22	28	1175,00
49	1991/1992/1993	GEN H8515-52	28	989,50	935,41	28	1164,18
50	1991/1992/1993	GEN H853-50	28	1091,00	1065,48	28	1294,26
51	1991/1992/1993	GEN H8557-54	28	995,00	967,41	28	1196,18
52	1991/1992/1993	GEN H8986-51	28	938,50	858,07	28	1086,85
53	1991/1992/1993	IAC-Akytã	28	1101,50	1044,30	28	1273,07
54	1991/1992/1993	Bico de Ouro	28	1041,50	902,37	28	1131,15
55	1991/1992/1993	IAC-Pyatã	28	1101,00	1449,11	69	1355,11
	1991/1992/1993	Média dos Novos		1042,13	986,72		1197,29
	1994	IAC-Pyatã	4	1099,00	1449,11	69	1355,11
	1994	Rosinha-G2	4	1080,00	1046,86	74	1133,78
56	1994	GEN 53	4	1024,00	1024,00	4	1195,48
57	1994	GEN 63	4	1071,00	1320,11	25	1210,06
58	1994	GEN 10-4-50-5-3	4	1045,50	1045,50	4	1216,98
59	1994	GEN 50-1-1,9-50-2	4	1081,50	1360,45	25	1250,40
60	1994	GEN 51-6-7-1	4	910,00	910,00	4	1081,48
61	1994	GEN 60-8-2-3	4	1099,00	1099,00	4	1270,48
62	1994	GEN 68-1-1,8-50-8	4	1124,50	1124,50	4	1295,98
63	1994	GEN 68-1-1-6-51-3	4	1176,50	1176,50	4	1347,98
64	1994	GEN 68-1-1-6-53-6	4	1149,00	1149,00	4	1320,48
65	1994	GEN 68-1-1-6-54-10	4	973,50	973,50	4	1144,98
66	1994	GEN 68-3-1,3-50-2	4	1204,50	1659,11	30	1469,28
67	1994	GEN H386-55	4	915,50	915,50	4	1086,98
68	1994	GEN H5086-50-4	4	932,50	932,50	4	1103,98
69	1994	GEN H5086-51-1	4	969,00	969,00	4	1140,48
70	1994	GEN H6186-53-2	4	1086,00	1086,00	4	1257,48
71	1994	GEN H6186-53-4	4	1089,50	1089,50	4	1260,98
72	1994	GEN H8386-50-2	4	1144,50	1144,50	4	1315,98
73	1994	GEN H8563-51-11-5	4	994,50	994,50	4	1165,98
	1994	Média dos Novos		1058,50	1109,62		1229,75

* Valores em negrito correspondem a produtividade das testemunhas utilizadas nos Ensaios de VCU não mais consideradas como genótipos novos

Anexo 3 - Médias originais e ajustadas dos genótipos novos e das testemunhas utilizadas nos ensaios de VCU de feijoeiro no Estado de São Paulo no período entre 1995 a 1996

OBS	Ciclo de Seleção	Genótipos	Médias Originais			Médias Ajustadas	
			Ensaio/Ciclo	Média no Ciclo de Seleção	Média Geral	Ensaio Geraís	Média
	1995/1996	IAC-Pyatã*	38	1881,33	1449,11	69	1355,11
	1995/1996	Rosinha-G2	38	1529,59	1046,86	74	1133,78
74	1995/1996	GEN 5	38	1692,30	1801,56	38	1220,91
75	1995/1996	GEN 12	38	2055,63	2118,24	38	1535,20
76	1995/1996	GEN 50	38	1987,19	2096,16	38	1513,13
77	1995/1996	GEN 2-1-1	38	1791,56	1887,22	38	1304,18
78	1995/1996	GEN 2-3-1	38	1375,85	1375,89	38	795,24
79	1995/1996	GEN 8-4-1	38	991,11	1021,14	38	857,47
80	1995/1996	GEN 9-5-1	38	1666,37	1703,44	38	1122,80
81	1995/1996	GEN 2-1	38	1805,26	1850,98	38	1267,95
82	1995/1996	GEN 3-1	38	1050,00	1044,17	38	463,52
83	1995/1996	GEN 4-1	38	1678,96	1789,42	38	1208,78
84	1995/1996	GEN 5-1	38	1722,81	1877,18	38	1631,76
85	1995/1996	GEN 6-1	38	1272,22	1224,50	38	643,85
86	1995/1996	GEN 6-2	38	1171,70	1172,78	38	592,13
87	1995/1996	GEN 10-2	38	2029,63	2116,55	38	1533,52
88	1995/1996	GEN 12-2	38	1627,78	1801,38	38	1555,96
89	1995/1996	GEN 11-3	38	1825,48	1810,94	38	1227,91
90	1995/1996	GEN 14-3	38	1627,63	1814,23	38	1568,81
91	1995/1996	GEN 3-4	38	1550,30	1676,72	38	1096,08
92	1995/1996	GEN 4-4	38	1498,37	1594,44	38	1013,80
93	1995/1996	GEN 9-4	38	1892,67	1982,43	38	1399,40
94	1995/1996	GEN 2-5	38	1145,93	1208,13	38	1044,45
95	1995/1996	GEN 10-5	38	1782,37	1843,33	38	1260,30
96	1995/1996	GEN 14-5	38	1547,48	1730,44	38	1485,01
97	1995/1996	GEN 14-6	38	1691,26	1861,03	38	1615,60
98	1995/1996	GEN 3-8	38	1802,74	1904,43	38	1321,40
99	1995/1996	GEN 10-4-50-5-1	38	1155,70	1214,98	38	1051,31
100	1995/1996	GEN 50-10-1-1	38	1356,89	1418,48	38	1254,80
101	1995/1996	GEN 76-50-1,2-4	38	1849,93	2028,08	38	1445,05
102	1995/1996	GEN A-64	38	1704,80	1773,93	38	1193,29
103	1995/1996	GEN H4386-50-2	38	1456,74	1665,97	38	1420,55
104	1995/1996	GEN H4786-60	38	1350,07	1507,49	38	1343,82
105	1995/1996	GEN H85126-56-1, 5-3-2	38	1257,26	1351,37	38	1187,69
106	1995/1996	GEN H8522-50-3	38	1668,96	1769,06	38	1188,41
107	1995/1996	GEN H8586-56-1	38	1279,63	1350,35	38	1186,67
108	1995/1996	GEN H8686-52-5	38	1351,85	1410,16	38	1246,48
109	1995/1996	GEN VV101	38	1394,89	1610,74	38	1365,32
110	1995/1996	GEN VV106	38	1464,44	1674,77	38	1429,35
111	1995/1996	GEN VV268-1xH4086-51	38	1281,85	1352,06	38	1188,39
112	1995/1996	GEN VV51	38	1390,22	1586,92	38	1341,50
	1995/1996	Média dos Novos		1544,77	1641,57		1233,89

* Valores em negrito correspondem a produtividade das testemunhas utilizadas nos Ensaios de VCU não mais consideradas como genótipos novos

Anexo 4 - Médias originais e ajustadas dos genótipos novos e das testemunhas utilizadas nos ensaios de VCU de feijoeiro no Estado de São Paulo no período entre 1997 a 2007

OBS	Ciclo de Seleção	Genótipos	Médias Originais			Médias Ajustadas	
			Ensaio/Ciclo	Média no Ciclo de Seleção	Média Geral	Ensaio Gera	Média
113	1997/1998	IAC-Una	24	2415,76	2259,97	122	2259,65
114	1997/1998	IAC-Carioca	24	2199,65	2261,00	55	2253,07
115	1997/1998	IAC-Carioca Eté	24	2487,61	2317,74	95	2352,43
116	1997/1998	Gen 12	24	2491,45	2491,45	24	2407,44
117	1997/1998	IAC-Carioca Tybatã	24	2359,62	2275,11	66	2248,61
	1997/1998	Média dos Novos		2390,82	2321,05		2304,24
	1999/2000	IAC-Carioca Eté	31	2317,74	2317,74	95	2352,43
	1999/2000	IAC-Una	31	2259,97	2259,97	122	2259,65
118	1999/2000	GENC97-2	31	2257,41	2257,41	31	2308,37
119	1999/2001	GENC97-3	31	2089,03	2089,03	31	2140,00
120	1999/2000	GENC97-7	31	2212,80	2212,80	31	2263,77
121	1999/2000	GENC9710	31	2132,97	2132,97	31	2183,94
	1999/2000	Média dos Novos		2199,53	2218,7		2251,6
	2001/2002	IAC-Carioca Eté	25	2354,45	2317,74	95	2352,43
	2001/2002	IAC-Una	25	2132,27	2259,97	122	2259,65
122	2001/2002	GEN96A10	25	1844,10	1661,61	25	1668,25
123	2001/2002	GEN96A13	25	2232,17	2106,33	25	2112,62
124	2001/2002	GEN96A28	25	2722,40	2405,49	40	2498,80
125	2001/2002	GEN96A31	25	2666,11	2404,29	40	2499,83
126	2001/2002	GEN96A58	25	2312,98	2174,73	25	2181,58
	2001/2002	Média dos Novos		2367,83	2190,02		2224,73
	2003/2004	IAC-Carioca Tybatã	15	2275,11	2275,11	66	2248,61
	2003/2004	IAC-Una	15	2063,17	2259,97	122	2259,65
127	2003/2004	GEN96A102	15	2245,47	1984,44	15	2223,54
128	2003/2004	GEN96A37	15	2142,17	1951,83	15	2190,93
129	2003/2004	GEN96A55	15	2593,92	2150,52	15	2389,62
	2003/2004	Média dos Novos		2297,32	2090,48		2263,17
	2005/2006/2007	IAC-Carioca Tybatã	27	2475,93	2275,11	66	2248,61
	2005/2006/2007	IAC-Una	27	2704,24	2259,97	122	2259,65
130	2005/2006/2007	GEN96A45	27	3299,00	2505,12	27	2381,15
131	2005/2006/2007	GEN96A98-13	27	2838,83	2373,41	27	2249,44
132	2005/2006/2007	GEN96A98-15	27	2419,00	2166,57	27	2042,14
133	2005/2006/2007	GEN96A98-5	27	2962,50	2324,29	27	2200,32
134	2005/2006/2007	GEN96A3	27	2438,33	2120,52	27	1996,56
	2005/2006/2007	Média dos Novos		2791,53	2297,98		2173,92

* Valores em negrito correspondem a produtividade das testemunhas utilizadas nos Ensaios de VCU não mais consideradas como genótipos novos