

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE
FEIJOEIRO COMUM**

AGENOR MARTINHO CORREA

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL**

2002

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MATO GROSSO DO SUL

**CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE
FEIJOEIRO COMUM**

AGENOR MARTINHO CORREA
Engenheiro Agrônomo

Orientador: Prof. Dr^o MANOEL CARLOS GONÇALVES

**Dissertação apresentada a Universidade
Federal de Mato Grosso do Sul, como
requisito à obtenção do Título de Mestre
em Agronomia, Área de concentração:
Produção Vegetal.**

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL – BRASIL
2002

Aos meus pais

Martinho e Gabriela (in memorian...)

OFEREÇO

À Maria Luiza, minha esposa, pelo incentivo e
companherismo de todos os momentos e aos meus
filhos, Marcus Vinícius, Ariele, César Murilo e
Línive, pelo carinho e solidariedade.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus em quem encontro a força, a coragem e a determinação para prosseguir na caminhada,

À Universidade Federal de Mato Grosso do Sul – UFMS, ao Departamento de Ciências Agrárias e à Coordenação do Curso de Mestrado, pela oportunidade de realização do mesmo,

Ao professor Dr. Manoel Carlos Gonçalves, pela orientação, ensinamentos, estímulo e amizade no decorrer do curso e realização deste trabalho,

Ao professor Dr. Alfredo Raul Abot pelas sugestões na revisão do texto;

Aos demais professores do curso e em especial ao professor Dr. Teodorico Alves Sobrinho pelos ensinamentos transmitidos e o incentivo constante,

Às secretárias do curso de Mestrado pela presteza, atenção e amizade e aos funcionários de campo pela imprescindível colaboração na execução dos trabalhos de campo,

Aos acadêmicos do curso de graduação em Agronomia da UFMS, Mário Adriano, Luimar, Benedito e Clino, e do curso de agronomia da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul – UEMS, Lázaro, Carlos Eduardo, Sibebe, Anelisse e Nadiély, pela valiosa colaboração nas avaliações de campo,

Aos colegas Elói Panachucki e Luiz Ricardo Canavarros pela amizade e colaboração,

Ao amigo Osvaldo Maeda pelo auxílio prestado nos trabalhos de digitação,

Aos amigos Valdei Dias da Rocha e César Pensó, pelo apoio, amizade e o convívio agradável durante a realização do curso.

Meus sinceros agradecimentos

SUMÁRIO

	PÁGINA
LISTA DE QUADROS	vii
LISTA DE FIGURAS.....	xi
RESUMO.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Caracterização fenotípica de germoplasma	4
2.1.1. Fenologia	4
2.1.1.1. Estádio V0.....	5
2.1.1.2. Estádio V1.....	5
2.1.1.3. Estádio V2.....	5
2.1.1.4. Estádio V3.....	6
2.1.1.5. Estádio V4.....	6
2.1.1.6. Estádio R5.....	6
2.1.1.7.. Estádio R6.....	7
2.1.1.8. Estádio R7.....	7
2.1.1.9. Estádio R8.....	7
2.1.1.10.Estádio R9	8
2.1.2. Descritores	8
2.2. Avaliação da variabilidade genética	12
2.3. Parâmetros genéticos	13
2.3.1. Variância fenotípica e genotípica	13

2.3.1.1. Variância fenotípica.....	14
2.3.1.2. Variância genotípica	14
2.3.1.2.1. Variância genética aditiva.....	14
2.3.1.2.2...Variância genética de dominância.....	15
2.3.1.2.3...Variância genética de interação.....	15
2.3.1.3. Variância ambiental	15
2.3.2. Herdabilidade.....	16
2.3.2.1. Herdabilidade no sentido amplo	16
2.3.2.2. Herdabilidade no sentido restrito	16
2.3.3. Coeficiente de variação genética	18
2.3.4. Coeficiente de variação ambiental.....	19
2.3.5. Quociente b.....	19
2.3.6. Estimativa de correlação entre caracteres	19
2.4 Análise de trilha.....	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. Caracterização dos ambientes experimentais	23
3.1.1. Ambiente A.....	23
3.1.2. Ambiente B.....	24
3.1.3. Ambiente C.....	24
3.2. Germoplasma utilizado	24
3.3. Instalação e desenvolvimento dos ensaios.....	25
3.4. Caracterização do germoplasma	28
3.4.1. Descritores	28
3.4.2. Avaliação da variabilidade e estimação de Parâmetros genéticos....	29
3.4.2.1 Avaliação por plantas em ambientes diferentes.....	30
3.4.2.2 Avaliação por parcelas em ambientes diferentes	31
3.4.2.3..Avaliação e estimação de parâmetros genéticos em ambientes combinados.....	32
3.4.2.3.1 Análise de trilha.....	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.1. Caracterização fenotípica.....	39

4.1.1 Caracteres fisiológicos.....	39
4.1.2..Caracteres morfológicos	39
4.1.3 Caracteres de produtividade de grãos	42
4.2. Estimação de Parâmetros genéticos	51
4.2.1. Estimação de parâmetros em ambientes diferentes	51
4.2.2..Estimação de Parâmetros em ambientes combinados.....	68
4.2.3..Correlações entre os caracteres.....	69
4.2.4..Análise de trilha.....	74
5. CONCLUSÕES	85
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	86

LISTA DE QUADROS

		PÁGINA
Quadro 1	Descritores de <i>Phaseolus vulgaris</i> L. usados no CIAT.....	.11
Quadro 2	Genótipos utilizados nos ambientes experimentais	25
Quadro 3	Esquema da Análise de Variância no Delineamento Inteiramente ao Acaso.....	31
Quadro 4	Esquema da Análise de Variância no Delineamento Blocos ao Acaso (modelo aleatório).....	32
Quadro 5	Esquema da Análise de Variância conjunta (Fatorial simples) com Soma de Quadrados, Quadrados Médios, Esperanças dos Quadrados Médios e Estatísticas F (modelo misto – IV).....	33
Quadro 6	Modelo das estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável básica.	36
Quadro 7	Média dos caracteres morfofisiológicos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS).	43
Quadro 8	Média dos caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS)	44
Quadro 9	Média dos caracteres morfofisiológicos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca” 2000/2001, Dourados-MS).....	45
Quadro10	Média dos caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS)	46

Quadro 11 Média dos caracteres morfofisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS).....	47
Quadro 12 Média dos caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS).....	48
Quadro 13 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais para genótipos de feijoeiro comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por planta.....	55
Quadro 14 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por planta.....	56
Quadro 15 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais para genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.....	57
Quadro 16 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.....	58
Quadro 17 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais para genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca” 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por planta.....	59
Quadro 18 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por planta.....	60

Quadro 19	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.....	61
Quadro 20	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.....	62
Quadro 21	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se a avaliação por planta.....	63
Quadro 22	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se a avaliação por planta.....	64
Quadro 23	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se a avaliação por parcela.....	65
Quadro 24	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se a avaliação por parcela.....	66
Quadro 25	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro comum nos ambientes combinados, considerando-se a avaliação por parcela.....	71
Quadro 26	Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro comum nos ambientes combinados(avaliação por parcela)	72

Quadro 27 Estimativas de correlação fenotípica (r_P) entre caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro comum avaliados em ambientes conjugados, considerando-se as médias por parcela.	75
Quadro 28 Estimativas de correlação genotípica (r_G) entre caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro comum, avaliados em ambientes conjugados, considerando-se as médias por parcela.	76
Quadro.29 Estimativas de correlação de ambiente (r_E) entre caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro comum, avaliados em ambientes conjugados, considerando-se as médias por parcela.	77
Quadro 30 Estimativas dos efeitos indiretos dos caracteres “DE”, “FL” e “NNM” do feijoeiro sobre os componentes primários da produção de grãos e da produtividade de grãos por planta.	78
Quadro 31 Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres “CPF”, “AI”, e “MAT” do feijoeiro sobre os componentes primários da produção de grãos e da produtividade de grãos por planta.....	79
Quadro 32 Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres “NNM”, “CPM” e “AV” do feijoeiro sobre os componentes primários da produção de grãos e da produtividade de grãos por planta.	80
Quadro 33 Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes primários da produção e da produtividade de grãos por planta (PRPL) na produtividade de grãos do feijoeiro (PROD).	81
Quadro 34 Coeficientes de correlação linear entre as estimativas dos parâmetros obtidos para todos os caracteres nos diferentes ambientes.	84

LISTA DE FIGURAS

		PÁGINA
Figura 1	Médias mensais de temperatura (°C) máximas, mínimas e médias, ocorridas no período de setembro/2000 a junho/2001, no município de Dourados. Dourados-MS. 2002.....	26
Figura 2	Médias mensais de temperatura (°C) máximas, médias e mínimas, ocorridas no município de Aquidauana, no período de março/2001 a julho/2001. Aquidauana-MS. 2002.....	27
Figura 3	Precipitação pluviométrica, por decêndio, ocorrida no período de setembro/2000 a junho/2001, no município de Dourados. Dourados-MS. 2002.....	27
Figura 4	Precipitação pluviométrica, por decêndio, ocorrida no município de Aquidauana, no período de março/2001 a julho/2001. Aquidauana-MS. 2002.....	28
Figura 5	Diagrama causal em cadeia, mostrando o inter-elacionamento dos componentes secundários (caracteres morfofisiológicos) sobre alguns componentes primários e PRPL e destes sobre a produtividade de grãos do feijoeiro em kg.ha ⁻¹	38

CARACTERIZAÇÃO E ANÁLISE GENÉTICA DE GENÓTIPOS DE FEIJOEIRO COMUM

Agenor Martinho Correa

Orientador: Manoel Carlos Gonçalves

RESUMO

Neste trabalho foram caracterizados fenotipicamente dezesseis genótipos de feijoeiro comum, entre cultivares comerciais e linhagens avançadas, e estimados parâmetros genéticos de caracteres fisiológicos, estruturais e de produtividade de grãos. Os genótipos foram avaliados no ano agrícola 2000/2001 em três ambientes experimentais, constituindo-se cada ambiente de uma localidade e de uma época de plantio diferenciado. Os parâmetros genéticos foram estimados por duas metodologias de avaliação: a) avaliação por planta e estimação da variância entre e dentro de genótipos, considerando-se o efeito de genótipos como aleatório; b) avaliação por parcela, com três repetições para cada genótipo. Os parâmetros foram estimados considerando-se os ambientes separados e combinados. Os parâmetros estimados, para cada característica, nos ambientes separados foram: variância fenotípica (σ^2_P); variância genotípica (σ^2_G); variância de ambiente (σ^2_E); coeficiente de determinação genotípica (R^2); coeficiente de variação experimental (Cve); coeficiente de variação genética (CVg) e quociente “b” (razão CVg/Cve). Quando considerou-se a estimação de parâmetros nos ambientes combinados, foram também estimadas a correlação fenotípica (r_P); correlação genotípica (r_G), correlação de ambiente (r_E) e a análise de trilha entre os caracteres. O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados. A unidade experimental constou de duas linhas de 1,50 metros de comprimento cada e espaçadas entre si de 0,50 metros. A caracterização fenotípica, pela magnitude dos valores encontrados, permitiu identificar os genótipos Aporé, EMGOPA 201 Ouro, Xamego e Rudá como sendo os de maior produtividade de grãos, O CNF 4129 A 54 e o CNF 7135 Bambui, como os de menores produtividade de grãos. Os genótipos Diamante Negro e CNF

4996 BAT 477 foram os mais precoces e o Pérola e o Rudá os mais tardios. Os valores de coeficiente de determinação genotípica (R^2) encontrados foram altos para todos os caracteres, exceto “AI” e “AV”. A interação genótipos por ambientes foi altamente significativa para todos os caracteres avaliados, todavia, não houve diferença significativa do efeito ambiente na expressão dos caracteres “DE”, “NNM”, “CPF”, “SEM” e “PROD”. As populações em estudo mostraram possuir ampla variabilidade genética para todos os caracteres, sendo o comprimento da haste principal (CP) o caráter mais promissor para seleção e o número de dias para a maturação (MAT), o menos promissor. Não houve diferenças expressivas entre as estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos nos ambientes separados e combinados. A avaliação por parcela mostrou-se mais precisa do que a avaliação por planta, proporcionando um menor coeficiente de variação (CV) para todos os caracteres avaliados e o estudo das correlações e a análise de trilha, entre os caracteres, mostrou ser o número de vagens por planta (VAG) o caráter que exerce maior influência na produtividade de grãos.

CHARACTERIZATION AND GENETIC ANALYSIS OF COMMON BEAN (GENOTYPES)

Agenor Martinho Correa

Adviser: Manoel Carlos Gonçalves

ABSTRACT

In this work phenotypically sixteen common bean genotypes have been characterized, among commercial cultivars and advanced lines, genetic parameters of physiologic, structural and productivity characters, as well as, correlation and path coefficients analysis among these characters have been estimated. The genotypes were evaluated in the 2000/2001 crop season in three experimental environments being each environment constituted of differentiated location and growing season. The genetic parameters have been estimated through two evaluation methodologies: a) – individual evaluation per plant with estimates of variance among and within genotypes being considered effect genotypes as aleatory; b) evaluation per plot, with three replication for each genotype. The genetic parameters have been estimated considering the separate and combined environments. The estimated parameters, for each character, in the separate environments have been: phenotypic variance (σ^2_P); genetic variance (σ^2_G); environmental variance (σ^2_E); coefficient of genetic determination (R^2); coefficient of experimental variation (Cve); coefficient of genetic variation (CVg); and quotient “b” (reason CVg/Cve). When has been considered the estimate of parameters in the combined environments also have been estimated the phenotypic (r_P), genotypic (r_G) and environmental (r_E) correlation as well as the path coefficient analysis among the characters. For each environment the experiment has been set up randomized complete block design with three replications for each genotype. The experimental unit consisted of two lines of 1,50 meters in length each one by a width of 50

cm. The phenotypic characterization, based in the magnitude of found medium values allowed to identify the genotypes Aporé, EMGOPA 201 Ouro; Xamego, and Rudá as the highest grain yielding cultivars and CNF 4129 A54, CNF 7531 Bambuí the least yielding. The genotypes Diamante Negro and CNF 4996 BAT 477 have been the most premature while Pérola and Rudá have been the latest. High values of coefficient of genetic determination (R^2) have been found for all characters with the exception of “HR” and “HP”. It has been detected highly significant interaction between genotypes X environments for all traits, however, no significant difference has been observed in the environment effect in the expression of the characters “DE”, “NNM”, “LG¹”, “SEED” and “YD”. The populations in study showed to possess wide genetic variability for all the evaluated characters being the length of the main stem (LG) the most promising character for selection and the days to maturation (MAT) the least promising. There were no expressive differences between the estimates of the genetic and phenotypic parameters in the separate and combined environments. The evaluation per plot showed more efficient than the individual evaluation per plant, providing a smaller variation coefficient (CV) whole the appraised characters. The study of correlations and path analysis, among the characters, showed to be the number of pods per plant (POD) the character that exercises larger influence in the grain yield.

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é originário do continente americano numa extensa área que se estende do México até a Argentina (Debouck e Tohme, 1989). É cultivado, praticamente, em todos os continentes, sendo o Brasil, a Índia e a China Continental os três maiores produtores mundiais de feijão.

No Brasil, a cultura se destaca pela sua importância econômica e social. Ocupa, entre as culturas produtoras de grãos, a terceira posição em área cultivada e a quarta quando se considera o volume de produção. No ano agrícola 1999/2000, a área colhida foi de 4.341.200 hectares, a produção de 3.071.600 toneladas de grãos de feijão e a produtividade média de 707,5 kg.ha⁻¹ (Agrianual, 2001).

A sua importância social relaciona-se ao uso como constituinte básico da alimentação do povo brasileiro, representando ainda, principalmente para a camada de baixa renda, sua principal fonte de proteína. O consumo per-capita, considerado o mais alto do mundo, está estimado em 20,03 kg (Vieira *et al.*, 1999). Também deve ser ressaltada a sua importância social em função de ser uma cultura típica de pequenos produtores. Dados da EMBRAPA (1990) indicam que aproximadamente 80% da produção e da área cultivada no Brasil encontram-se em propriedades com menos de 100 hectares. É uma cultura que ocupa grande quantidade de mão-de-obra durante o seu ciclo de cultivo, principalmente na colheita, constituindo-se em importante fator de geração de emprego no campo e de fixação do homem à terra.

Historicamente, a produtividade média nacional tem se mantido em aproximadamente 445 kg.ha⁻¹ (IBGE, 1991), e só recentemente, com a expansão da “terceira época de plantio” ou safra “outono-inverno”, este índice vem se elevando. O cultivo, nesta época, tem os riscos expressivamente minimizados porque é feito obrigatoriamente com irrigação. Tal fato exige investimento e a adoção de tecnologia mais

avançada que asseguram aos empresários produtividades de grãos da ordem de 1500 a 2500 kg. ha⁻¹.

Todavia, a safra outono-inverno, contribui com apenas 13% da produção nacional. A produção restante, obtida nas safras “das águas” (45%) e “da seca” (42%) (Agriannual, 2001) está concentrada nas mãos de pequenos produtores, em sua maioria desatualizados quanto às novas tecnologias. Este fato contribui para que a produtividade nacional permaneça em patamares tão baixos, quando se sabe que, as potencialidades da cultura, permitem produtividades de grãos superiores a 4000 kg.ha⁻¹ (Vieira, 1983).

No Estado de Mato Grosso do Sul, a cultura ocupou no ano agrícola 1999/2000, uma área de 25.000 hectares onde se obteve a produção de 23.900 toneladas de grãos, ficando a produtividade média em 956 kg.ha⁻¹ (Agriannual, 2001). É explorada, predominantemente, por pequenos produtores, numa amplitude muito grande de condições edafoclimáticas e, também, por agricultores que adotam diferentes níveis de tecnologia, desde os cultivos de subsistência até lavouras empresariais.

Diversas são as causas atribuídas à baixa produtividade da cultura do feijoeiro no Brasil. Ramalho *et al.* (1997) mencionam, entre outras, as seguintes: diversidades de sistemas de cultivo; dificuldades de mecanização agrícola; suscetibilidade às pragas e fitopatógenos; baixo índice de utilização de insumos; suscetibilidade à estresse ambiental e utilização de cultivares mal adaptados.

Os programas de melhoramento genético para o feijoeiro comum, mantidos pelas instituições de pesquisas no Brasil e no exterior, vêm tentando solucionar alguns destes problemas. A prioridade tem sido para a obtenção de genótipos com alto potencial de produtividade e qualidade de grãos, múltipla resistência às doenças e tolerâncias a distintos estresses abióticos (seca, calor, frio e toxidez de alumínio). Esses fatores, normalmente, são limitantes à produção do feijoeiro (CIAT, 1987). Mais recentemente, caracteres como a arquitetura da planta, precocidade e potencial para fixação biológica do nitrogênio, têm também merecido a atenção por parte dos pesquisadores (Zimmermann, 1996).

Uma das etapas do programa de melhoramento genético do feijoeiro comum, principalmente quando da introdução de germoplasma para posterior seleção, ou seu emprego em programas de hibridação, consiste na sua caracterização e avaliação para estabelecer a variabilidade genética disponível. Neste processo, a

estratégia adotada consiste no uso de uma série de descritores que individualizam fenotipicamente cada acesso e na estimação de parâmetros genéticos que mensuram ou quantificam a variabilidade genética existente na população para cada caráter estudado

Desta forma, este trabalho teve como objetivo caracterizar fenotipicamente dezesseis genótipos de feijoeiro comum, estimar parâmetros da variabilidade dos caracteres avaliados e coeficientes de correlação e trilha entre estes caracteres, com vistas à utilização do germoplasma em programas de melhoramento.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Caracterização fenotípica de germoplasma

Na caracterização, cada genótipo é descrito fenotipicamente em termos de características morfoagronômicas, fornecendo, assim, informações comparativas sobre as suas performances. Neste processo, a estratégia atual adotada consiste no uso de uma série de descritores que individualizam fenotipicamente cada acesso e permitem quantificar por meio de parâmetros genéticos a variabilidade genética de cada caráter avaliado (Hidalgo, 1991). Querol (1993) definiu a caracterização como sendo a coleta de dados, sobretudo qualitativos, para descrever e com isso diferenciar, acessos de uma mesma espécie.

2.1.1 Fenologia

Na caracterização dos diferentes estádios fenológicos da planta são utilizados vários descritores. Necessário se faz, portanto, o uso de uma escala baseada nas alterações morfológicas e fisiológicas que a planta sofre durante seu ciclo para que seu desenvolvimento fique perfeitamente caracterizado (Fernández *et al.*, 1985). A adoção de uma escala, segundo Santos e Gavilanes (1997), tem a vantagem de identificar com maior precisão os vários estádios de desenvolvimento da planta do que quando se adota o número de dias a partir da semeadura,

pois é mais independente das causas de variação genética e ambiental.

A escala de desenvolvimento do feijoeiro divide o seu ciclo biológico nas fases vegetativa e reprodutiva. Estas fases, por sua vez, são subdivididas em dez estádios. A fase vegetativa (V) é constituída dos estádios V0, V1, V2, V3 e V4. Já a fase reprodutiva (R), consta dos estádios R5, R6, R7, R8 e R9 (Fernández *et al.*, 1985). Santos e Gavilanes (1997) descrevem cada um dos estádios da seguinte maneira:

2.1.1.1 Estádio V0

Compreende a germinação, cujo início corresponde ao dia da sementeira em solo úmido, ou, no caso de sementeira em solo seco, ao dia em que ocorre a primeira chuva ou irrigação e portanto, ao dia em que há condições de umidade para a semente iniciar a embebição. Este estádio termina quando os cotilédones atingem a superfície do solo e dura em torno de cinco dias.

2.1.1.2 Estádio V1

Este estádio corresponde à emergência e se caracteriza pelo surgimento, na superfície do solo, do hipocótilo encurvado arrastando os cotilédones, presos no primeiro nó da haste principal, caracterizando uma germinação do tipo epígea. Após a completa emergência dos cotilédones, o hipocótilo perde a sua curvatura e cresce no sentido ascendente até atingir o seu tamanho máximo. Durante esse crescimento, os cotilédones separam-se e expõem o epicótilo e as folhas primárias ainda fechadas. O final do estádio V1, que dura cerca de dois dias, ocorre quando as folhas primárias separam-se e abrem-se. Um critério para avaliar o início da emergência de uma cultura é verificar quando 50% dos cotilédones estão emergidos na superfície do solo.

2.1.1.3 Estádio V2

Inicia-se com a abertura das folhas primárias, as folhas primárias e unifoliadas encontram-se em

posição horizontal. Os cotilédones murcham e assumem um aspecto arqueado. Este estágio, que dura cerca de quatro dias, termina com a primeira folha trifoliolada, situada no terceiro nó da planta, completamente aberta. Considera-se uma cultura no estágio V2 quando 50% das plantas estão com as folhas primárias completamente abertas.

2.1.1.4 Estádio V3

O estágio V3 inicia-se quando a primeira folha trifoliolada encontra-se completamente aberta, termina quando a segunda encontra-se em pleno crescimento e a terceira se abre. O período gasto nesta etapa varia de cinco a nove dias e nela os cotilédones se desprendem. Considera-se que a cultura atingiu este estágio quando 50% das plantas apresentam a primeira folha trifoliolada completamente aberta.

2.1.1.5 Estádio V4

Este estágio se inicia quando a terceira folha trifoliolada se encontra completamente aberta e o seu final ocorre com o surgimento do primeiro botão floral nos cultivares de hábito determinado, ou da primeira inflorescência, nos cultivares de hábito indeterminado. Observa-se, também, o desenvolvimento das primeiras hastes secundárias que se originaram das gemas axilares dos nós inferiores. Até atingir o final deste estágio, a haste principal pode desenvolver-se emitindo outras folhas trifolioladas. De modo semelhante às outras fases, uma cultura encontra-se em V4, quando 50% das plantas atingem o estágio da terceira folha trifoliolada recém-aberta.

2.1.1.6 Estádio R5

O final do estágio V4, marcado pelo início do florescimento, é também o início da fase reprodutiva do feijoeiro, fase que se estende até o final da maturação. O primeiro estágio desta fase, também denominado de pré-floração, prolonga-se até a abertura da primeira flor, durando cerca de dez dias.

Nos cultivares de hábito determinado, na haste principal, as duas gemas laterais na axila da última folha trifoliada se transformam em botões florais, enquanto que a gema axilar central desenvolve-se na inflorescência terminal. Nos cultivares de hábito indeterminado a primeira inflorescência ocorre em uma haste lateral, normalmente numa posição mais baixa, onde a gema central da axila da folha trifoliolada desenvolve-se em uma inflorescência, uma das gemas laterais em haste vegetativa e a outra é abortada. Isto faz com que a fase vegetativa, nestes cultivares, não termine com o início da fase reprodutiva, mas, ocorra junto com ela até o final do ciclo da planta. Tal fato, faz com que nos cultivares de hábito indeterminado a fase reprodutiva seja mais longa que nos de hábito determinado, permitindo observar plantas com vagens maduras e flores ao mesmo tempo.

2.1.1.7 Estádio R6

A floração, ou estágio R6, corresponde ao período que se inicia com a abertura da primeira flor e termina com a queda da corola, expondo a primeira vagem em início de desenvolvimento. Este estágio dura cerca de quatro a cinco dias. Considera-se que uma cultura encontra-se no estágio R6 quando 50% das plantas possuem a primeira flor aberta.

2.1.1.8 Estádio R7

Inicia-se com a exposição da primeira vagem após a queda da corola da primeira flor fecundada. Durante este estágio, que dura cerca de oito dias, ocorre principalmente, o crescimento longitudinal da primeira vagem até atingir o seu comprimento máximo. Uma cultura encontra-se em R7 quando 50% das plantas encontram-se com a primeira vagem exposta.

2.1.1.9 Estádio R8

È o estágio de enchimento das vagens. Inicia-se após a primeira vagem ter atingido o seu comprimento máximo e corresponde ao período

em que as sementes apresentam o crescimento mais pronunciado, até atingir seu tamanho final. Nos cultivares de hábito I e II, o estágio R8 dura cerca de 18 dias e nos de hábito III e IV, cerca de 22 a 24 dias. O final deste estágio é determinado pela mudança de cor dos grãos, de verde para a cor característica do cultivar. Quando 50% das plantas de uma cultura possuem a primeira vagem com seu comprimento máximo, ela é considerada em R8.

2.1.1.10 Estádio R9

É o último estágio da fase reprodutiva, denominado de maturação. Compreende desde o início de descoloração das vagens até a seca total das plantas, passando pelo amarelecimento e queda das folhas. Essas alterações ocorrem durante cerca de quinze dias acompanhadas de redução do teor de umidade das sementes e de toda a planta. O teor de umidade das sementes no final de R9 é de aproximadamente 15% e é quando deve realizar-se a colheita. Considera-se uma cultura em R9 quando 50% das plantas estiverem com a primeira vagem iniciando a descoloração.

As variações nos ciclos dos cultivares são devidas, principalmente, ao estágio V4, que antecede a fase reprodutiva, e ao R8, correspondente ao período de enchimento das vagens, que são as mais discrepantes. Cruz *et al.* (1993) estudaram o período do surgimento da vagem até o seu completo enchimento, portanto, incluindo os estádios R7 e R8, no período de inverno e no “das águas”, no Sul de Minas Gerais. Verificaram que cultivares de hábito de crescimento tipo I, como o “Preto 60 dias” e a linhagem “ESAL 666”, necessitaram de cerca de 28 dias, enquanto cultivares do tipo II, como o “Ouro” e do tipo III, como o “Carioca”, de cerca de 35 dias.

Algumas evidências experimentais têm realçado a dificuldade em se determinar com precisão o final do ciclo da cultura, especialmente quando irrigada, para determinar quando se deve

encerrar a irrigação (Cruz *et al.*, 1993; Martins *et al.*, 1994).

2.1.2 Descritores

Na caracterização do germoplasma utiliza-se de uma série de descritores que individualizam fenotipicamente cada acesso. Embora a lista de descritores sugerida pela IBPGR inclua mais de 60 (IBPGR, 1982), no CIAT o número de descritores normalmente usado tem sido 25 para a planta no campo e seis para a semente. A avaliação de resistência às doenças, pragas e estresse ambiental é feita por outras áreas de pesquisas, específicas do Programa do Feijão (Hidalgo, 1991). Outras instituições adotam números diversos de descritores.

Descritores podem ser definidos como os atributos ou características inerentes aos acessos de um banco de germoplasma, possibilitando a diferenciação entre acessos de uma mesma cultura (Howes, 1981). Segundo Querol (1993) os principais dados de caracterização são características da planta (altura, forma, hábito de crescimento e ramificações); da folha (forma, largura, comprimento, cor, tipo de borda e nervura); do fruto (forma, cor, volume e número de sementes por fruto); da semente (tamanho, forma e cor) e das partes subterrâneas (tamanho, forma e cor). Os descritores usualmente empregados pelo CIAT, segundo Hidalgo (1991) encontram-se no Quadro 1.

O tipo de semente e o hábito de crescimento são importantes descritores em termos de mercado e produção agrônômica. A aceitação comercial de um dado cultivar dependerá fundamentalmente do tipo de suas sementes, tanto no que diz respeito ao tamanho, peso, cor e brilho, como às qualidades culinárias (Zimmermann *et al.*, 1996).

O descritor hábito de crescimento é essencial na descrição dos cultivares, na escolha dos mais adequados para a semeadura nas mais variadas condições de ambiente e, também, na obtenção de novos cultivares (Santos e Gavilanes, 1997). Este descritor considera, além dos hábitos de crescimento, determinado e indeterminado, também o número de nós, o comprimento do

internódio ao longo da haste principal, a intensidade de ramificação lateral e a habilidade treparadora da planta. Com base nesses caracteres, o CIAT (1976), Hidalgo *et al.* (1980), Vilhordo *et al.*, (1980) e Voysset & Dessert (1993) classificam, o descritor hábito de crescimento, em quatro tipos básicos: I, II, III e IV. Portes (1988), assim define cada tipo:

Tipo I: Compreende todos os cultivares de crescimento determinado cujas inflorescências originam-se de gemas apicais da haste principal e dos ramos laterais. As plantas desses cultivares atingem cerca de 60 cm de altura e apresentam um período curto de floração, em torno de 14 dias. A maturação é em geral uniforme. Normalmente, o ciclo de vida desses cultivares situa-se entre 60 e 80 dias; alguns, porém, podem ir além desta faixa. Possuem um menor potencial de produção do que os outros tipos. São exemplos de cultivares do tipo I o “Goiano Precoce”, o “Gordo” e o “Preto 60 dias”.

Tipo II: São cultivares arbustivos de crescimento indeterminado. As inflorescências originam-se de gemas axilares. Mesmo na fase reprodutiva a gema apical continua a desenvolver-se, formando um guia de apenas alguns poucos centímetros. A altura total das plantas atinge pouco além de 70 cm e os ramos laterais são poucos e curtos. Apresentam um período de floração na faixa de 15 a 20 dias com maturação das vagens bastante uniforme. O ciclo de vida das plantas, em geral, situa-se na faixa de 80 a 90 dias. São exemplos de cultivares tipo II o “Rio Tibagi” e o “Ouro”.

Tipo III: São cultivares indeterminados, mas com tendência a prostrar ou subir em tutores possuindo ramos laterais bem desenvolvidos e numerosos. A haste principal pode ultrapassar 120 cm de comprimento e as inflorescências originam-se das axilas das folhas e ramos. O período de floração, geralmente, situa-se na faixa de 20 a 25 dias e em geral a maturação das vagens não é uniforme, pois, enquanto as inferiores já se encontram amadurecidas, as superiores ainda estão verdes. O ciclo de vida situa-se entre 85 e

90 dias. Alguns exemplos de cultivares deste tipo são a “Carioca”, ‘Xamego’ e o ‘Jalo EEP 558.

Tipo IV: São cultivares indeterminados, prostrados ou trepadores na presença de tutores, possuindo poucos ramos laterais. A haste principal cresce exageradamente, atingindo mais de 2,0 m e as inflorescências formam-se de gemas das axilas das folhas e dos ramos. O período de floração vai além dos 25 dias e o ciclo de vida da maioria situa-se entre 100 e 110 dias. A maturação das vagens não é uniforme e as cultivares deste tipo são melhores adaptados aos cultivos consorciados, onde encontram suportes para trepar.

Tamanho das sementes e hábitos de crescimento parecem estar correlacionados (Hidalgo, 1991). Sementes grandes (mais de 40 gramas. 100 sementes⁻¹) e médias (25-40 gramas. 100 sementes⁻¹) são mais frequentemente encontradas em cultivares com hábitos de crescimento I e IV, enquanto que, sementes pequenas (menos de 25 gramas. 100 sementes⁻¹) são encontradas, predominantemente, nos cultivares do tipo II e III.

Silva (1981), recomenda para a descrição de cultivares, além de suas características agronômicas, também as seguintes informações: genealogia, período da emergência até a floração média, cor da flor, cor da vagem, cor do halo, brilho e peso de 100 sementes.

Voysset (1985), sugere como critérios de caracterização e avaliação, na seleção de linhagens avançadas, os descritores: hábito de crescimento, vigor e reação da planta ao ataque das pragas e doenças foliares, no início da floração (R6). Dias para a maturação, acamamento, estado sanitário das vagens e hábito de crescimento, na maturação (R9) e produtividade de grãos, cor, tamanho e estado sanitário dos grãos na colheita.

Quadro 1. Descritores de *Phaseolus vulgaris* L. usados pelo CIAT.

Descritor

01 - cor do hipocótilo.

**02 - início do
florescimento (dias)**

**03 - nº de nós na haste
até a primeira flor
aberta.**

04 - cor das asas da flor

**05 - padrão de cor das
asas**

**06 - cor das nervuras
das asas**

**07 - cor do estandarte
das asas**

**08 - cor do padrão do
estandarte da flor**

**09 - cor das nervuras
do estandarte**

**10 - cor da base do
estandarte**

**11 - fim do
florescimento (dias)**

**12 - nº de nós na haste
até a primeira
inflorescência**

13 - cor das vagens

**14 - padrão de cor da
vagem**

15 - cor do padrão

16 - lóculos por vagem

**17 - comprimento da
vagem**

**18 - hábito de
crescimento**

**19 - dias para a
colheita**

- 20 – sementes por vagem
- 21 – vagens por planta
- 22 – tipo de vagem
- 23 – comprimento do bico da vagem
- 24 – forma do bico da vagem
- 25 – produção por planta
- 26 – cor primária da semente

- 27 – cor secundária da semente
- 28 – distribuição padrão da cor da semente
- 29 – forma da semente
- 30 – tamanho da semente
- 31 – brilho da semente

Fonte: Adaptado de Hidalgo (1991)

2.2 Avaliação da variabilidade genética

Um dos mais importantes objetivos na caracterização fenotípica de um germoplasma é a avaliação da variabilidade genética disponível na espécie. Para tanto, utiliza-se de uma série de parâmetros capazes de mensurar ou quantificar a variabilidade da população para cada caráter avaliado (Hidalgo, 1991).

A variabilidade é a capacidade de uma espécie, uma população ou uma progênie expressar

diferentes fenótipos (Ramalho *et al.*, 2000a). A quantidade de variação é medida e expressa como variância e, quando os valores são expressos como desvios da média da população, a variância é simplesmente a média dos quadrados destes valores (Falconer, 1987).

Existe uma considerável variação no germoplasma do feijoeiro com relação ao hábito de crescimento, ciclo (pode variar de 50 a 280 dias) e, principalmente, tipo de sementes com uma amplitude de variação acentuada no que se refere à forma, cor e tamanho. A massa de 100 sementes varia de 15 a 60 gramas (Ramalho *et al.*, 1993)

A análise de descritores de um conjunto de cerca de 1.000 acessos de *P. vulgaris*, caracterizados sob condições ambientais de Palmira, Colômbia (CIAT, 1979), mostrou que somente três grupos de componentes de caracteres expressam 83% da variabilidade total da espécie. Caracteres como hábito de crescimento, altura da planta, número de nós no florescimento, ramos por planta, número de nós na maturação, número de sementes por vagens e massa de 100 sementes respondem por 40% da variabilidade. Comprimento da folha, largura da folha, diâmetro da haste, produção de matéria seca e produtividade de grãos, por 29%. O comprimento do hipocótilo, dias para o florescimento, número de vagens por planta, ramos com vagens e duração do florescimento são responsáveis por 14% da variabilidade total. Estudos realizados no CIAT envolvendo a variabilidade genética de 10.000 acessos de *P. vulgaris* (CIAT, 1983) mostraram que o descritor dias para o florescimento foi o de mais baixo coeficiente de variação para todos os hábitos de crescimento, tendo uma variabilidade 2,3 vezes menor do que o caráter duração do florescimento, que se mostrou altamente correlacionado com o hábito de crescimento. Tomando-se como referência o caráter dias para o florescimento, outras comparações puderam ser realizadas e mostraram que o número de nós no florescimento, tem uma variabilidade duas vezes maior do que o caráter em referência, enquanto que, para o número de nós na maturação, a variabilidade é 2,7 vezes maior.

Para os componentes da produtividade de grãos a variabilidade relativa para o número de vagens por planta foi de 4,4 vezes maior do que a variabilidade para o caráter dias para o florescimento e 1,7 vezes maior do que o número de sementes por vagem.

O conhecimento da variabilidade existente nas populações e, mais ainda, o quanto desta variabilidade é devida a diferenças genéticas é de fundamental importância em qualquer programa de melhoramento, porque permite conhecer o controle genético do caráter e o potencial da população para seleção (Ramalho *et al.*, 2000a).

2.3 Parâmetros genéticos

A determinação do controle genético dos caracteres que são objetos de seleção constitui uma etapa inicial que permite a escolha dos procedimentos adequados nos trabalhos de melhoramento. Entre as diversas técnicas disponíveis para determinar o controle genético, o método dialélico, desenvolvido por Jinks e Hayman (1953), Hayman (1954, 1958) e Jones (1965) permite estimar componentes de variância genética, parâmetros genéticos de importância prática, como as herdabilidades nos sentidos amplo e restrito, os tipos de ação gênica no modelo aditivo-dominante e as correlações genotípicas (Santos *et al.*, 1985; Ramalho *et al.*, 1993). Diversos parâmetros mensuráveis da variabilidade genética são usualmente estimados, para uma dada população, nos trabalhos de melhoramento, tais como:

2.3.1 Variâncias fenotípica e genotípica

A idéia básica no estudo da variação de um caráter métrico é o seu parcelamento em componentes atribuídos a diferentes causas. A magnitude relativa destes componentes determina as propriedades genéticas da população e, especialmente, o grau de semelhança entre parentes (Falconer, 1987; Nunes, 1998).

O emprego da variância no estudo dos caracteres quantitativos iniciou-se no princípio do século passado com os trabalhos de Fisher (1918). Vencovsky (1980), Mather e Jinks (1982) e Mather e Jinks (1984), muito contribuíram com seus trabalhos, sobretudo no que se refere às metodologias estatístico-genéticas, para a obtenção dos componentes da variação genética.

2.3.1.1 Variância fenotípica

A variância fenotípica (σ^2_F) ou variância fenotípica total de uma característica é a variância nas medições fenotípicas para esta característica particular. Nunes (1998) a define como sendo a soma de diversos componentes atribuídos a causas diversas. Dentre essas causas duas inicialmente são as mais importantes: as de natureza genética e as de natureza ambiental. Desta forma, a variância fenotípica total tem o modelo definido pela equação:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_E$$

onde: σ^2_G é a variância genotípica e σ^2_E é a variância de ambiente, partindo do pressuposto, nem sempre verdadeiro, que a variância ambiental é a mesma para todos os genótipos. Quando dois ou mais genótipos têm relativamente diferenças efetivas em diferentes ambientes, devido a interação entre genótipo e fatores ambientais, têm-se um terceiro componente da variação fenotípica conhecido como variância de interação genótipo por ambiente (Heins, 1995). Neste caso a variância fenotípica passa a ser:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_G + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$

onde: σ^2_{GE} é a variância de interação genótipo por ambiente.

2.3.1.2 Variância genotípica

A variância genotípica corresponde à porção da variância fenotípica total que é atribuída à diferença na constituição genética entre os indivíduos (Heins, 1995). Segundo Fisher (1918), a variância genotípica pode ser desdobrada nos seguintes componentes: variância aditiva (σ^2_A);

variância de dominância (σ^2_D) e variância de interação (σ^2_I).

2.3.1.2.1 Variância genética aditiva

A variância genética aditiva é atribuída à diferença nos valores dos homozigotos dos vários locos e determina o valor reprodutivo da população (Nunes, 1998). Considera os efeitos aditivos dos alelos dos diferentes locos (Heins, 1995). Segundo Falconer (1987), é o componente mais importante uma vez que é a principal causa de semelhança entre parentes e, por conseguinte, o principal determinante das propriedades genéticas das populações e da resposta das mesmas à seleção.

2.3.1.2.2 Variância genética de dominância

É devida aos desvios de dominância atribuídos à interação intra-alélica manifestada nos heterozigotos (Nunes, 1998) e ocorre quando os alelos de um ou mais dos locos que controlam a característica poligênica exibem interações de dominância recessiva (Heins, 1995).

2.3.1.2.3 Variância genética de interação

Esta variância ocorre quando genes de locos diferentes interagem entre si afetando a expressão do fenótipo, como por exemplo, na epistasia, onde os alelos de um loco mascaram os efeitos dos alelos em outro loco (Heins, 1995).

23.1.3 Variância de ambiente

É a porção da variância fenotípica que é atribuível à influência de fatores ambientais e representa toda fonte não genética de variação no fenótipo (Heins, 1995). A sua natureza depende do caráter e do organismo estudado (Falconer, 1987). Portanto, o modelo mais completo para expressar a variância fenotípica de um dado caráter, segundo Nunes (1998) é:

$$\sigma^2_F = \sigma^2_A + \sigma^2_D + \sigma^2_I + \sigma^2_E + \sigma^2_{GE}$$

Os componentes genotípicos e de ambiente não podem ser estimados diretamente de observações na população (Falconer, 1987; Nunes, 1998). A variância causada pelo ambiente não pode ser removida porque inclui, por definição, toda variância não genética, e grande parte desta está fora de controle experimental (Falconer, 1987). A eliminação da variância genotípica, pode, entretanto, ser alcançada experimentalmente. Linhagens altamente endogâmicas, ou o F₁ do cruzamento entre duas linhagens puras fornecem indivíduos com genótipos idênticos, sem variância genotípica.

Uma população de tais indivíduos, cultivada em ambiente que lhe seja normal, fornece uma estimativa da variância de ambiente. Subtraindo-se esse valor da variância fenotípica de uma população segregante obtêm-se uma estimativa da variação genotípica dessa população (Falconer, 1987; Ramalho *et al.*, 1993; Nunes, 1998).

2.3.2 Herdabilidade

A herdabilidade é um dos parâmetros que mais contribui para o trabalho do melhorista. Fornece a proporção da variância genética presente na variância fenotípica total. Desta forma, ela mede a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor reprodutivo (Ramalho *et al.*, 1993). Há duas medidas de herdabilidade:

2.3.2.1 Herdabilidade no sentido amplo (h^2_a)

Ramalho *et al.* (1993) definem a herdabilidade no sentido amplo, como sendo a medida de herdabilidade que inclui todas as influências genéticas no fenótipo, sejam devido ao efeito aditivo, de dominância ou de interação. Para Fonseca (1978), quando se trata de população fixa de materiais genéticos (linhagens puras e cultivares), como no caso em estudo, deve-se utilizar o termo coeficiente de determinação genotípica (R^2), enquanto herdabilidade aplica-se

para materiais aleatórios (populações segregantes)

2.3.2.2 Herdabilidade no sentido restrito (h^2_r)

Considera apenas a porção da variância genética aditiva, isto é, aquela que é fixada pela seleção na variância fenotípica total. É, segundo Ramalho *et al.* (1993), a mais importante para o melhorista e se expressa pela fórmula abaixo (Vencovsky, 1969; Ramalho *et al.*, 1979).

$$h^2_r = \frac{\sigma^2_A}{\sigma^2_F}$$

Uma estimativa da herdabilidade é específica para o ambiente e para a população para qual foi determinada (Ramalho *et al.*, 1993; Nunes, 1998) e depende da magnitude de todos os componentes da variância. Alterações em qualquer um deles afeta o valor de h^2 . Segundo Nunes (1998), as principais causas que afetam o valor de h^2 são os isolamentos prolongados aos quais pequenas populações são submetidas e que lhes acarreta apreciáveis quantidades de fixação gênica. e as variâncias de ambiente, que por sua vez, dependem das condições do manejo da cultura. Condições mais variáveis do ambiente diminuem a magnitude de h^2 e condições mais uniformes a aumentam.

Estudando o controle genético da produtividade de grãos de grãos e seus componentes primários em feijoeiro, em duas localidades de Minas Gerais (Lavras e Patos de Minas), Santos *et al.* (1985), encontraram valores de herdabilidade no sentido restrito considerados altos (acima de 70%) para os componentes primários da produção, exceto produtividade de grãos por planta, cujos valores foram considerados baixo em Lavras (24%) e médio em Patos de Minas (52%). Os valores de herdabilidade no sentido amplo, consideravelmente mais elevados para o componente produtividade de grãos, foram ligeiramente superiores aos de h^2_r para os demais componentes.

Santos *et al.* (1986) estudaram herdabilidade e correlações do rendimento com seus componentes em dois cruzamentos de feijão. Observaram que as herdabilidades no sentido

restrito (h^2_r) para número médio de sementes por vagem e número de vagens por planta foram altas (acima de 60%) no cruzamento do feijão “Preto 60 dias 53” x “Ricopardo 896” e muito baixas (abaixo de 10%) no cruzamento “Preto 60 dias 40” x “Ricopardo 896”.

Estimativas de herdabilidade no sentido amplo e restrito para os caracteres altura de inserção da primeira vagem, comprimento da haste principal, número e comprimento de internódios da haste principal, foram obtidas por Santos e Vencovsky (1986a). Os valores obtidos variaram de 69 a 89% mostrando possibilidades de sucesso na seleção desses caracteres.

Pereira Filho *et al.* (1987) avaliaram progênies de feijoeiro e estimaram parâmetros genéticos e fenotípicos para número de vagens por planta, massa de 100 sementes e produção de grãos. Constataram que as estimativas de herdabilidade (h^2), com relação à média, para os componentes primários da produção foram superiores ao da produção de grãos, confirmando os resultados obtidos por Santos *et al.* (1985). Segundo esses autores todas as herdabilidades estimadas indicaram possibilidade de sucesso com a seleção.

No estudo do caráter tolerância à germinação em baixas temperaturas, trabalhando com 85 genótipos, incluindo cultivares e linhagens do programa de melhoramento da ESAL, Pinho *et al.* (1991) constataram a existência de ampla variação entre os genótipos avaliados confirmada pelas altas estimativas de herdabilidade encontradas, permitindo antever possibilidade de sucesso na seleção para essa característica.

O controle genético do número de dias para o início do florescimento foi estudado por Teixeira *et al.* (1995) que encontraram altos valores de herdabilidade (61,9 a 83,5%) para esse caráter. Observaram, também, que o mesmo é muito influenciado por fatores ambientais, como o fotoperíodo e a temperatura. Resultados semelhantes foram obtidos por Santos e Vencovsky (1985).

Aguiar *et al.* (2000) estudando o controle genético do “caule verde” (stay green) no feijoeiro encontraram valores de herdabilidade

no sentido amplo (h^2_a) de 84,7% e no sentido restrito de 14,28%, evidenciando predominância de efeitos genéticos de dominância no controle deste caráter.

2.3.3 Coeficiente de Variação genética (CVg)

Assim como a herdabilidade, o coeficiente de variação genética permite fazer inferência na variabilidade genética nos diferentes caracteres. Caracteres com elevado CVg são indicativos de que a população em estudo é promissora para a seleção dos mesmos, devendo-se esperar ganhos significativos de seleção.

Trabalhando com 50 progênies de feijoeiro que foram avaliadas quanto à interação progênie x ano, desempenho, parâmetros genéticos e fenotípicos, para os caracteres número de vagens por planta, número de sementes por vagem, massa de 100 sementes e produtividade de grãos, Pereira Filho *et al.* (1987) encontraram valores de CVg que variaram de 24,8% para massa de 100 sementes a 6,4% para a produtividade de grãos ($\text{gramas.planta}^{-1}$). Tais resultados evidenciam ampla possibilidade de sucesso para seleção do caráter peso de 100 sementes e inexpressiva possibilidade para o caráter produção.

2.3.4 Coeficiente de variação ambiental(Cve)

É uma medida do erro relativo à média que avalia a precisão de um ensaio (Ramalho *et al.*, 2000b). Para Pimentel Gomes (1990), nos experimentos em campo, se o coeficiente de variação for inferior a 10%, diz-se que o Cve é baixo e que o experimento tem alta precisão, de 10% a 20%, é médio e a precisão do experimento é boa, de 20 a 30% alto, com baixa precisão, e acima de 30%, muito alto.

2.3.5 Quociente *b*

Expressa a relação entre o CVg e o Cve, Segundo Vencovsky (1978), o quociente “b”, constitui uma informação a mais para o

melhorista, porque, quando atinge valor $\geq 1,0$ indica uma situação muito favorável à seleção. Nos estudos realizados por Santos e Vencovsky (1986b) com o objetivo de se determinar o controle genético de alguns componentes do porte do feijoeiro, o valor médio de “b” para os caracteres altura de inserção da primeira vagem, comprimento da haste principal, número de internódio da haste principal e comprimento médio dos internódios, tomado nas 28 populações F₂ estudadas foi de 1,16 indicando ser a população em estudo, de modo geral, promissora para a seleção desses caracteres. Todavia, o quociente “b” variou nas populações segregantes F₂ de zero a 2,43.

Valores de “b” foram também obtidos por Pereira Filho *et al.* (1987) avaliando progênies e estimando parâmetros genéticos em feijoeiro. Os valores obtidos foram de 0,7 para o caráter número de vagens por planta; 1,5 para o número de sementes por vagem; 3,3 para massa de 100 sementes e 0,4 para produtividade de grãos por planta. Os menores valores, obtidos para o número de vagens por planta e produtividade de grãos por planta indicaram ser a população em estudo pouco promissora para seleção desses caracteres por serem os mesmos bastante influenciados pelo ambiente.

2.3.6 Estimativas de correlações entre caracteres

Segundo Ramalho *et al.* (1993) em um programa de melhoramento do feijoeiro, utilizando linhagens puras ou mesmo progênies, não se recomenda o estudo de apenas um caráter, como por exemplo, a produtividade de grãos, outras características devem ser observadas e tomadas para complementar os objetivos estabelecidos. Neste caso, a correlação (medida de associação entre essas características) estimada permite ao melhorista conhecer as mudanças que ocorrem em um determinado caráter em função da seleção praticada em um outro que a ele correlaciona-se.

Santos *et al.* (1986) estudaram a correlação para produtividade de grãos e seus componentes primários em feijoeiro e encontraram correlações fenotípicas, genotípicas e de

ambiente positivas entre a produtividade de grãos e cada um de seus componentes (número de vagens por planta; número médio de sementes por vagem e massa de sementes). As correlações entre a produtividade de grãos e o número de vagens por planta foram bem elevadas demonstrando a importância deste componente nos trabalhos de melhoramento objetivando aumento de produção. Por outro lado, as correlações entre a produtividade de grãos e o massa de 100 sementes foram baixas, evidenciando que esse componente não serve como critério de seleção quando se almeja o aumento da produtividade de grãos. Entretanto, indica que pode se fazer seleção para tamanho do grãos sem comprometer a produtividade de grãos. Resultados semelhantes foram encontrados por Pereira Filho *et al.* (1987) que constataram também ser positiva e altamente significativa a estimativa da correlação entre o número de sementes por vagem e a produtividade de grãos.

Coimbra *et al.* (1998) obtiveram importantes correlações entre caracteres de importância agrônômica do feijoeiro, como o ciclo da cultura e o porte de planta com a massa de grãos e observaram que não há associação entre caracteres como o número de dias entre a emergência e o florescimento; número de dias entre a emergência e a maturação; estatura da planta com o massa de mil grãos.

Coelho *et al.* (2002) estudaram correlações da produção de feijão e dos seus componentes primários, nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outono. Observaram que os coeficientes de correlação fenotípica e de ambiente entre a produtividade de grãos por planta e os seus componentes primários foram todos positivos. Entre esses componentes o número de vagens por planta foi o que apresentou as maiores correlações com a produtividade de grãos. As correlações entre os componentes primários foram muito baixas ou negativas.

Em programas de melhoramento genético, o conhecimento da correlação entre caracteres é importante quando se deseja fazer seleção simultânea de caracteres, ou quando um caráter de interesse apresenta baixa herdabilidade, problemas de medição ou identificação. Neste caso, ao selecionar outro caráter de alta herdabilidade, de fácil identificação e que apresenta alta correlação com o caráter desejado, o melhorista poderá obter progressos mais rápidos em relação ao uso da seleção direta.

A quantificação e a interpretação da magnitude de uma correlação podem, contudo, resultar em equívocos na estratégia de seleção, pois correlação alta entre dois caracteres pode ser resultado do efeito sobre estes, de um terceiro ou de um grupo de caracteres (Cruz e Regazzi, 1997). Para esses autores, os estudos de correlações entre caracteres não permitem concluir sobre relações de causa e efeito, de forma que, a existência de uma correlação entre os caracteres X e Y não implica que Y é causado por X e vice-versa, servindo a correlação apenas para medir o grau de associação entre caracteres.

Com o intuito de entender melhor as causas envolvidas nas associações entre caracteres, Wright (1921) propôs um método denominado de análise de trilha (“path analysis”), que consiste no desdobramento das correlações em efeitos diretos e indiretos de vários caracteres sobre uma variável básica.

O sucesso da análise de trilha reside basicamente na formulação do relacionamento causa-efeito entre as variáveis (Schuster, 1996). As estimativas dos efeitos são obtidas por meio de equações de regressão, em que as variáveis originais são previamente padronizadas, fornecendo, o método, quantidades chamadas de coeficiente de trilha, que medem a influência direta de uma variável sobre outra, independentemente das demais, no contexto de relações de causa e efeito. Segundo Cruz e Regazzi (1997), a análise de trilha permite também desdobrar coeficientes de correlação simples em seus efeitos diretos e indiretos, possibilitando um exame crítico das forças

específicas que atuam para produzir uma determinada correlação.

Li (1955, 1956), Cruz e Regazzi (1997) apresentam algumas propriedades associadas à metodologia: 1) a trilha (“path”) é direcional e seus coeficientes, que expressam os efeitos diretos de caracteres mensuráveis, podem assumir valores maiores que a unidade, negativos ou positivos; 2) pode ser usada para comparar efeitos de caracteres mensuráveis em escalas diferentes, pois é um coeficiente de regressão padronizado; 3) duas variáveis podem não ser correlacionadas, mas o coeficiente de trilha pode assumir valor diferente de zero; 4) duas variáveis podem ser completamente determinadas pela mesma causa em comum e, mesmo assim, não apresentarem correlação.

Com o desdobramento do coeficiente de correlação, surgem algumas situações e conclusões (Vencovsky e Barriga, 1992): a) a correlação semelhante em sinal e magnitude com o efeito direto evidencia que a variável é determinante das variações na variável básica; b) se a correlação é positiva, mas seu efeito direto é negativo ou pequeno, deve-se considerar os efeitos indiretos na seleção; c) a correlação negativa associada com o efeito direto positivo e alto, indica que a variável não deve ser descartada no melhoramento.

A análise de trilha é muito facilitada pela construção de um diagrama ou rede causal que demonstre o inter-relacionamento das variáveis de interesse (Cruz e Regazzi, 1997). De acordo com Vasconcelos e Abreu (1983) e Gravois e Helms (1992), a análise de trilha tem sido pouco usada em trabalhos de melhoramento com diversas culturas, em que, simplesmente, os coeficientes de correlação são apresentados, sem, contudo, determinar-se a importância relativa da influência direta e indireta de cada caráter sobre a produtividade.

Na cultura do feijoeiro poucos trabalhos de análise de trilha têm sido realizados, entre eles, o de Vieira da Costa *et al.* (1997) que estudaram o efeito direto e os efeitos indiretos dos componentes primários (número de vagem por planta, número de sementes por vagem e massa das sementes) sobre a produtividade de grãos,

considerada a variável básica.e o de Furtado *et al.* (2002) que também estudaram a análise de trilha da produção de grãos do feijoeiro e seus componentes primários, porém, em condições de monocultivo e em consórcio com a cultura de milho. Concluíram que o inter-relacionamento da produção de grãos e seus componentes primários foi semelhante no monocultivo e no consórcio com a cultura de milho.

A possibilidade de obter estimativas de parâmetros genéticos que contribuam para o estudo do controle genético de um dado caráter, ou auxiliem de forma direta na seleção é, sem dúvida alguma, uma das mais importantes contribuições da genética quantitativa para o melhoramento de plantas enquanto que, o estudo das correlações e trilha, favorecem a compreensão do relacionamento entre os diversos caracteres do feijoeiro.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Caracterização dos ambientes experimentais

Os experimentos foram realizados em três ambientes experimentais distintos no ano agrícola 2000/2001, constituindo-se cada ambiente de um local e uma época de semeadura.

3.1.1 Ambiente A

Área do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Câmpus de Dourados, município de Dourados-MS,. As coordenadas geográficas do ambiente são 22°12'16" de latitude sul e 54°48' 20" longitude oeste, altitude de 452 m. O clima regional, conforme Estado de Mato Grosso

do Sul (1990), é classificado, pelo sistema internacional de Koppen, como Mesotérmico Úmido. A precipitação média anual é de 1500 mm, com maior concentração das chuvas no período de novembro a janeiro, e a temperatura média anual de 22°C, sendo comum a ocorrência de geadas nos meses de junho, julho e agosto. O solo onde o ensaio foi conduzido é classificado como Latossolo Roxo Distróférrico (Estado de Mato Grosso do Sul, 1990), de textura argilosa e de topografia plana.

O experimento foi instalado no mês de setembro caracterizando a denominada “semeadura das águas”.

3.1.2. Ambiente B

Área do Núcleo Experimental de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Câmpus de Dourados, município de Dourados-MS, com a instalação do experimento no mês de março caracterizando a denominada “semeadura da seca”.

3.1.3 Ambiente C.

Área experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de ensino de Aquidauana, município de Aquidauana-MS,”. O local onde o ensaio foi realizado está situado nas coordenadas geográficas 20°20' 00” latitude sul e 55°48'00” longitude oeste, altitude de 207 metros. O clima da região é classificado como “Tropical-Quente , Sub-Úmido”.

A precipitação pluviométrica anual varia de 1200 a 1400 mm , com período chuvoso bem definido entre outubro e março e período seco de abril a setembro. A temperatura média anual é de 24°C , com máximas diárias de 36°C durante a primavera e mínimas de 12°C no inverno (Estado de Mato Grosso do Sul, 1990). A unidade pedogenética predominante é o Podzólico Vermelho-Amarelo, fisicamente profundo, moderadamente drenado e com textura predominantemente arenosa. O experimento foi instalado no mês de março, época denominada de “semeadura da seca”.

3.2 Germoplasma utilizado

O germoplasma utilizado no experimento, proveniente do banco de germoplasma da EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), exceção feita ao cultivar IAC-Carioca Eté, oriundo de produtores da região de Dourados-MS, constou dos cultivares e linhagens avançadas discriminadas no Quadro 2.

3.3 Instalação e Desenvolvimento dos Ensaio

No ambiente A o ensaio foi conduzido no período de 28.09.00 a 01.01.01. No ambiente B, no período de 24.03.01 a 28.06.01 e no ambiente C de 24.03.01 a 10.07.01, períodos esses compreendidos entre a semeadura e a colheita das plantas.

Nos três ambientes, cada genótipo constituiu-se num tratamento. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Cada unidade experimental constou de duas linhas de plantas com 1,50 metros de comprimento cada e espaçadas entre si de 0,50 metros. Os sulcos de semeadura foram abertos mecanicamente distribuindo-se no fundo dos mesmos, manualmente, o adubo químico, cujas fórmulas comerciais foram: 5-20-20 (300 kg.ha⁻¹) nos ensaios conduzidos em Dourados e 4-14-8 (400 kg.ha⁻¹) no ensaio em Aquidauana.

Quadro 2. – Genótipos utilizados nos ambientes experimentais.

G
e
n
ó
t
i
p
o
s

I
A
C
-
C
a
r
i
o
c
a

E
t
é

C
a
r
i
o
c
a

1
0
3
0

C
N
F

4
9
9
6

**B
A
T**

**4
7
7**

**I
A
P
A
R**

**1
4**

**C
N
F**

**4
9
9
9**

**R
i
o**

**T
i
b
a
g
i**

**C
N
F**

**4
1
2
9**

A

5
4

P
é
r
o
l
l
a

C
N
F

7
1
3
5

B
a
n
b
u
í

R
i
o

T
i
b
a
g
i

A
p
o
r
é

C
N
F

v
·
8
0
2
5

R
u
d
á

X
a
n
e
g
o

C
u
r
o

N
e
g
r
o

E
n
g
o
p
a

2
0

1

C
u
r
oD
i
a
n
a
n
t
eN
e
g
r
o

O adubo foi misturado com a terra no fundo dos sulcos distribuindo-se, posteriormente, 12 sementes por metro linear, colocadas cerca de 5 cm acima do adubo. Na seqüência o fechamento dos sulcos foi feito com terra solta. A adubação em cobertura foi realizada aos 25 dias após a emergência das plântulas, distribuindo-se, manualmente, em filete contínuo ao lado das linhas das plantas, 40 kg.ha⁻¹ de N, empregando-se como fonte a uréia em Aquidauana, e o sulfato de amônio em Dourados nas duas épocas de semeadura. A densidade de semeadura utilizada correspondeu a uma população de 240.000 plantas ha⁻¹.

Durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas, os ensaios foram mantidos livres de plantas invasoras por meio de capinas manuais e nos três ambientes foram feitas pulverizações com o inseticida Monocrotofós, na dose de 0,75 L ha⁻¹ do produto comercial Tamaron BR, visando, especificamente, o controle de *Diabrotica speciosa* e *Cerotoma spp.* Não foram feitas aplicações de fungicidas por se considerarem desnecessárias e as irrigações suplementares por aspersão convencional foram

feitas sempre que a ausência de precipitação pluviométrica as justificassem. A colheita consistiu no arranquio manual das plantas quando estas se encontravam completamente secas e os grãos com grau de umidade próximos de 14%, caracterizando o final do estágio R9. As plantas arrancadas foram empilhadas no próprio terreno e trilhadas com varas flexíveis. As temperaturas e as precipitações pluviométricas ocorridas durante o desenvolvimento dos experimentos, nos três ambientes, constam nas Figuras 1, 2, 3 e 4. Os dados foram extraídos do acervo do Posto Agrometeorológico do Núcleo de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Mato Grosso do Sul - UFMS, Dourados-MS, e da Estação Climatológica de Aquidauana-MS.

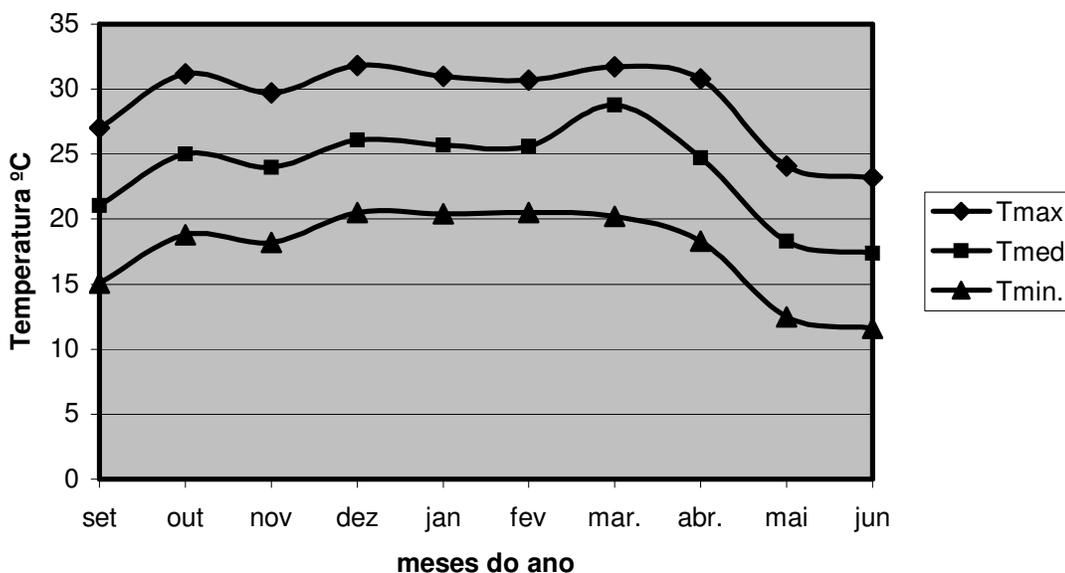


Figura 1. Médias mensais de temperatura (°C) máximas, mínimas e médias ocorridas no período de setembro/2000 a junho/2001 no município de Dourados. Dourados, MS. 2002.

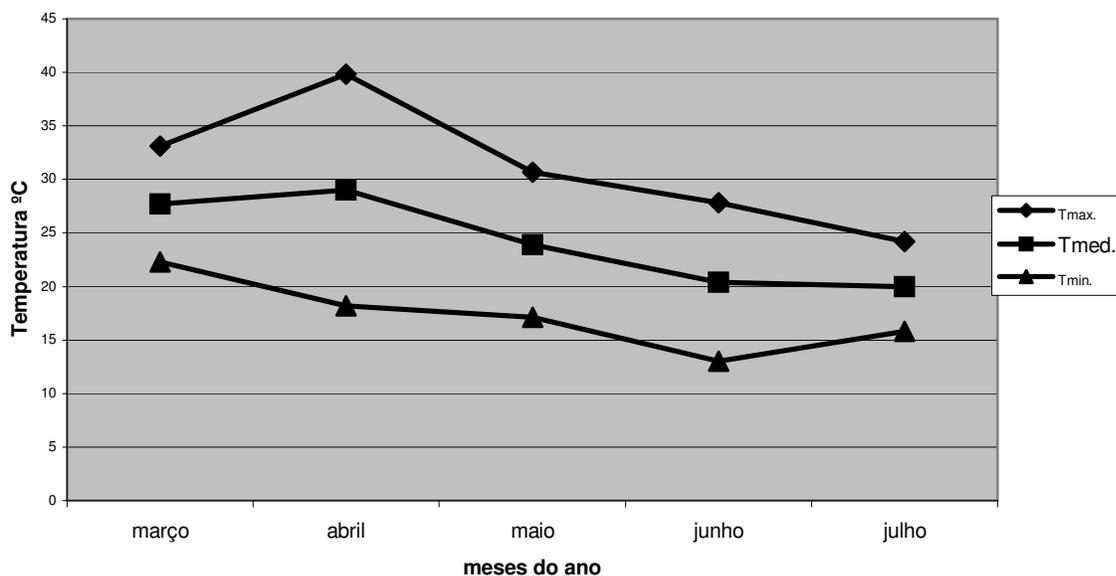


Figura 2 Médias mensais de temperatura (°C) máximas, médias e mínimas, ocorridas no município de Aquidauana, no período de março/2001 a julho/2001. Aquidauana,MS. 2002.

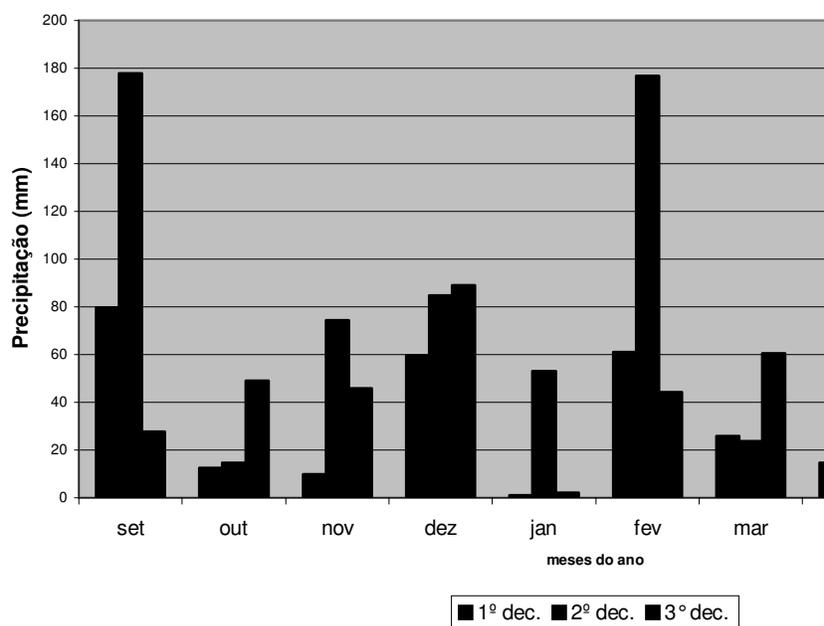


Figura 3 Precipitação pluviométrica por decêndio ocorrida no período de setembro/2000 a junho/2001, no município de Dourados. Dourados, MS. 2002.

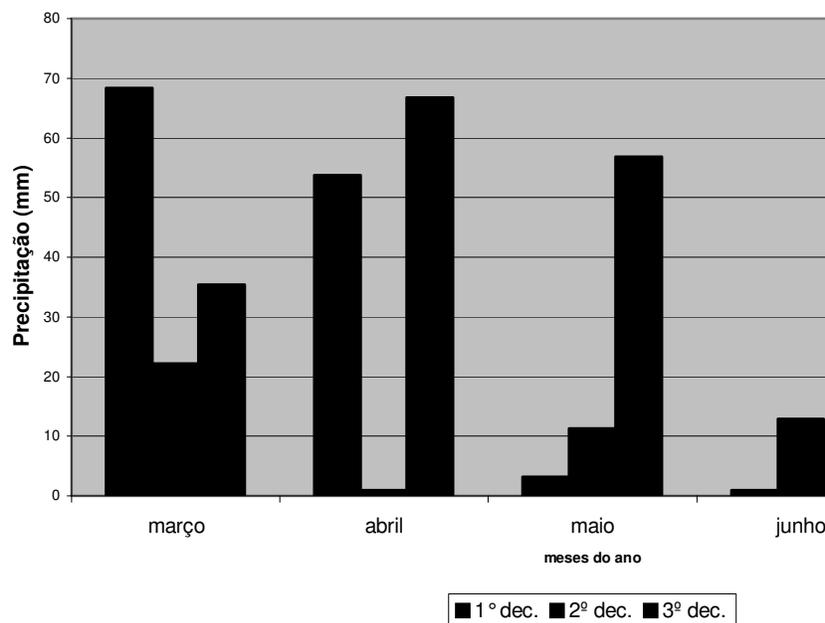


Figura 4. Precipitação pluviométrica, por decêndio, ocorrida no município de Aquidauana, período de março/2001 a julho/2001. Aquidauana,MS. 2002

3.4 Caracterização do germoplasma

3.4.1 Descritores

Na caracterização fenotípica do germoplasma foram utilizados descritores de caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos, de acordo com trabalhos de Pereira Filho *et al.* (1987); Hidalgo (1991) e Coimbra *et al.* (1998). Foram empregados os seguintes descritores:

- a) **Dias para emergência(DE):** caracterizada em dias da semeadura (estádio V0) até 50% das plântulas no estágio V1;
- b) **Início do florescimento (FL):** caracterizado em dias da emergência (estádio V1) até 50% das plantas no estágio R6 (uma flor aberta);
- c) **Altura da primeira inflorescência (AI):** medida em centímetros do nível do solo à primeira inflorescência, com as plantas no estágio R 6;
- d) **Comprimento da haste principal no florescimento (CPF):** medido em centímetros do nível do solo ao ápice da haste principal (guia), no estágio R6;
- e) **Número de nós na haste principal no florescimento (NNF):** contagem realizada com as plantas no estágio R6;
- f) **Cor da flor;**

- g) **Dias para o início da maturação (MAT):** caracterizado em dias da emergência até 50% das plantas no estágio R9 (uma vagem na planta com coloração modificada);
- h) **Altura de inserção da primeira vagem (AV):** medida em centímetros do nível do solo até o ponto de inserção do primeiro legume, no estágio R9;
- i) **Comprimento da haste principal na maturação (CPM):** medido em centímetros do nível do solo ao ápice da haste principal, no estágio R9;
- j) **Número de nós na haste principal na maturação (NNM):** contagem realizada com as plantas no estágio R9;
- k) **Número médio de vagens por planta (VAG):** caracterizado na colheita;
- l) **Número médio de sementes por vagem (SEM):** caracterizado na colheita (durante a trilha);
- m) **Cor da semente:** caracterizada na colheita ;
- n) **Massa de 100 sementes (MCS):** caracterizada após a colheita
- o) **Produtividade de grãos:** caracterizada após colheita e expressa em gramas por planta (PRPL) e em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (PROD).

De cada parcela tomaram-se, ao acaso, 8 plantas que foram caracterizadas individualmente para todos os descritores, exceção ao peso de 100 sementes, obtendo-se a média por parcela. Para o caráter produtividade considerou-se a produtividade por planta e por parcela (total das plantas na parcela) transformada em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. Na descrição do número médio de sementes por vagem foram tomadas três vagens de cada planta totalizando 24 vagens por parcela e 72 por tratamento.

3.4.2. Avaliação da variabilidade e estimação de parâmetros genéticos

A avaliação da variabilidade e a estimação de parâmetros foram feitas considerando-se duas situações (Cruz, 2001):

- a) **Avaliação por planta e estimação da variância entre e dentro de genótipos (resíduo)**
- b) **Avaliação por parcelas, com três repetições, para cada tratamento. Consideraram-se ainda os ambientes separados e combinados.**

3.4.2.1 Avaliação por planta em ambientes diferentes

Foram avaliadas, para todos os caracteres, 24 plantas por tratamento (8 por parcela) tomadas ao acaso. As características avaliadas foram: dias para a emergência (DE); dias para o início do florescimento (FL); número

de nós na haste principal no florescimento (NNF); comprimento da haste principal no florescimento (CPF); altura de inserção da primeira inflorescência (AI); dias para o início da maturação (MAT); número de nós na haste principal na maturação (NNM); comprimento da haste principal na maturação (CPM); altura de inserção da primeira vagem (AV); número médio de vagem por planta (VAG); número médio de sementes por vagem (SEM) e produtividade de grãos expressa em gramas por planta (PRPL) e em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ (PROD).

Uma análise de variância foi calculada para cada característica avaliada considerando-se o efeito entre e dentro dos genótipos como sendo aleatório, caracterizando o Modelo-II (Cruz e Regazzi, 1997). O esquema adotado foi o “inteiramente ao acaso”, realizado segundo o modelo estatístico abaixo (Cruz, 2001):

$$Y_{ij} = \mu + g_i + \varepsilon_{ij}$$

em que

Y_{ij} = valor observado da j-ésima planta, no i-ésimo genótipo;

μ = média geral do ensaio

g_i = efeito do genótipo i ;

ε_{ij} = erro aleatório associado à observação ij ;

O esquema do resultado da análise de variância, sem testemunhas adicionais, é apresentado no Quadro 3. Os componentes de variância e os parâmetros genéticos e fenotípicos foram estimados utilizando-se do aplicativo computacional GENES (Cruz, 2001).

Quadro 3 Esquema da Análise de Variância no delineamento Inteiramente ao Acaso.

FV	GL
(Genótipos)	g -
E G	1
(Resíduo)	n -
D G	g
Total	n -
	1

$$CV = (100 \sqrt{QMR})/m$$

EG = entre genótipos

DG = dentro de genótipos

$$\text{Sendo: } K = \frac{N - \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^g r_i \right)}{g - 1} \text{ e } N = \sum_{i=1}^g r_i$$

Foram estimados para cada característica os parâmetros abaixo, utilizando-se das seguintes fórmulas (Cruz, 2001):

$$\text{a) - Variância fenotípica : } (\sigma^2_F) = \frac{QMT}{k}$$

$$\text{b) - Variância ambiental : } (\sigma^2_E) = \frac{QMR}{k}$$

$$\text{c) - Variância genotípica média : } (\sigma^2_G) = \frac{QMT - QMR}{k}$$

$$\text{d) Coeficiente de determinação genotípica: } = \frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_F}$$

$$\text{e) Coeficiente de Variação genético : (CVg) } \frac{\sqrt{\sigma^2_G}}{m} \times 100$$

$$\text{f) Quociente b (Razão CVg/Cve) : } \sqrt{\frac{\sigma^2_G}{\sigma^2_E}}$$

3.4.2.2 Avaliação por parcela em ambientes diferentes

Na avaliação por parcela considerou-se a média de cada parcela das três repetições de cada tratamento. Além dos caracteres avaliados no modelo anterior, consideraram-se também o caráter massa de 100 sementes “MCS” e a produtividade de grãos em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. O esquema utilizado na análise de variância para cada caráter foi o de blocos ao acaso, cujo modelo estatístico se encontra abaixo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + b_j + \varepsilon_{ij}$$

em que

Y_{ij} = valor observado do j-ésimo bloco no i-ésimo genótipo;

μ = média geral do ensaio;

g_i = efeito do genótipo i ;

b_j = efeito do bloco j ;

ε_{ij} = erro aleatório associado à observação ij ;

O esquema do resultado da análise de variância para blocos ao acaso encontra-se no Quadro 4

Quadro 4. Esquema de Análise de Variância no delineamento Blocos ao Acaso (modelo aleatório)

FV	GL
Blocos	b-1
Genótipo	g-1
Residuo	(b-1)(g-1)
Total	gb-1

Média = m
 CV% = $(100 \sqrt{QMR})/m$

3.4.2.3 Avaliação e estimação de parâmetros genéticos em ambientes combinados

Na estimação dos parâmetros nos ambientes combinados a avaliação foi feita apenas por parcela. Além dos parâmetros estimados nos ambientes separados estimaram-se também as correlações (fenotípica, genotípica e de ambiente) e fez-se a análise de trilha entre os diversos caracteres. O modelo estatístico adotado foi o fatorial simples considerando-se os efeitos de genótipo e da interação genótipo por ambiente como aleatórios e do ambiente como fixo, caracterizando o modelo IV (Cruz, 2001). Este modelo fornece ainda a relação entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo para a avaliação da homogeneidade da variância residual, sendo que para nenhuma das características avaliadas tal relação foi superior a sete. A análise de variância conjunta foi realizada segundo o modelo estatístico abaixo (Cruz, 2001)

$$Y_{ijk} = \mu + g_i + (b/a)_{jk} + a_j + ga_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

em que

Y_{ijk} = observação no k-ésimo bloco, avaliado no i-ésimo genótipo, no j-ésimo ambiente;

μ = média geral do ensaio;

g_i = efeito do genótipo i ;
 $(b/a)_{jk}$ = efeito do bloco k dentro do ambiente j ;
 a_j = efeito do ambiente j ;
 ga_{ij} = efeito da interação entre o genótipo i e o ambiente j ;
 ε_{ijk} = erro aleatório associado à observação ijk .

No Quadro 5 está apresentado o esquema da análise de variância para o modelo 4.

Quadro 5 Esquema de Análise de Variância conjunta (Fatorial simples) com Soma de Quadrados, Quadrados Médios, Esperanças dos Quadrados Médios e Estatísticas F (modelo misto – IV)

FV	GL
Blocos/Amb.	a(r-1)
Blocos	r-1
Blocos x Amb	(a-1)(r-1)
Genótipos	g-1
Ambientes	a-1
Genót.x Amb.	(g-1)(a-1)
Resíduo	(r-1)(g-1)a
Total	gra-1
Média	M
CV %	$(100\sqrt{QMR})/m$
$a/(a-1)$	$l =$

Na estimativa dos componentes de variância foram empregadas as expressões abaixo (Cruz, 2001).

a) –Componente de variância genética:

$$\hat{\sigma}_G^2 = \frac{QMG - QMR}{ar}$$

b) – Componente de variância da interação genótipo x ambiente:

$$\hat{\sigma}_{GA}^2 = \frac{(QMGA - QMR)}{r} \frac{a-1}{a}$$

c) – Coeficiente de determinação genotípica (R^2)

$$R^2 = \frac{\hat{\sigma}_G^2}{(QMG/ar)}$$

Na estimativa das correlações empregaram-se as expressões citadas por Falconer (1987) e por Ramalho *et al.* (1993):

a) – Correlação fenotípica (r_F)

$$r_{F(x,y)} = \frac{COV_{F(xy)}}{\sqrt{\sigma_{Fx}^2 \cdot \sigma_{Fy}^2}}$$

b) – Correlação genotípica (r_G)

$$r_{G(x,y)} = \frac{COV_{G(xy)}}{\sqrt{\sigma_{Gx}^2 \cdot \sigma_{Gy}^2}}$$

c) – Correlação ambiental (r_E)

$$r_E = \frac{COV_{E(xy)}}{\sqrt{\sigma_{Ex}^2 \cdot \sigma_{Ey}^2}}$$

onde

r_{xy} = correlação entre os caracteres X e Y;

$COV_{(xy)}$ = covariância entre os dois caracteres;

σ_x^2 e σ_y^2 = variância dos caracteres X e Y, respectivamente.

3.4.2.3.1 Análise de Trilha

No desdobramento das correlações genotípicas em efeitos diretos e indiretos, considerou-se o estudo em cadeia da influência dos caracteres morfofisiológicos (“DE”, “FL”, “AP”, “CPF”, “NNF”, “MAT”, “CPM”, “NNM”, “AV”), denominados de variáveis explicativas secundárias sobre os componentes primários da produção (“VAG”, “SEM”) e PRPL, denominados de variáveis primárias e destes, incluindo o “MCS”, sobre a produtividade de grãos (PROD).

Inicialmente, conforme Li (1975), formulou-se o diagrama em cadeia, que mostra o inter-relacionamento da variável básica (PRD^2) e as variáveis explicativas primárias e secundárias, apresentado na Figura 5. No diagrama, as setas unidirecionais indicam efeitos diretos ou passos e as setas bidirecionais simbolizam a interdependência das variáveis entre si, cuja magnitude é dada pelo coeficiente de correlação genotípica (Castoldi, 1991). Para mais fácil compreensão do diagrama causal da trilha, em função do número elevada de variáveis secundárias, optou-se por não incluir no estudo a influência destas sobre o componente da produção “MCS”, haja vista, também, o fato de que o coeficiente de correlação deste caráter foi de baixa magnitude ou nulo em relação aos caracteres morfofisiológicos.

Segundo Cruz (2001), sendo Y um caráter complexo, resultante da ação conjunta de outros caracteres estudados, é possível estabelecer o seguinte modelo:

$$Y = \beta X_1 + \beta X_2 + \dots + \beta_n X_n + \varepsilon$$

Em que X_1, X_2, \dots, X_n são variáveis explicativas e Y a variável base (ou dependente).

Considerando

$$Y = \frac{Y - \bar{Y}}{\sigma_y} \quad x_i = \frac{X_i}{\sigma_{xi}} \quad u = \frac{\varepsilon}{\sigma_\varepsilon} \quad \text{e} \quad P_{oi} = \frac{b_{oi} \sigma_{xi}}{\sigma_y}$$

tem-se

$$y = p_1 x_1 + p_2 x_2 + \dots + p_n x_n + p \varepsilon u$$

Por este modelo estimam-se os efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável-base, expressando-se os resultados conforme consta no Quadro 6. Para o caso de X_1 , por exemplo, têm-se

Quadro 6 Modelo das estimativas dos efeitos diretos e indiretos das variáveis explicativas sobre a variável básica.

Variável:	Esti
X_1	
Efeito direto sobre y	

Efeito indireto via x_2	P
Efeito indireto via x_3	P
...	
Efeito indireto via x_n	P
Total	

Os coeficientes de trilha são estimados a partir do sistema de equações $X'X \hat{\beta} = X'Y$, sendo

$$X'Y = \begin{bmatrix} r_{1y} \\ r_{2y} \\ \dots \\ r_{ny} \end{bmatrix} \quad X'X = \begin{bmatrix} 1 & \dots & r_{12} & \dots & r_{1n} \\ r_{12} & \dots & 1 & \dots & r_{2n} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ r_{1n} & \dots & r_{2n} & \dots & 1 \end{bmatrix} e$$

$$\hat{\beta} = \begin{bmatrix} P_1 \\ P_2 \\ \dots \\ P_n \end{bmatrix}$$

Assim, tem-se que

$$R_{iy} = P_i + \sum_{j=i}^n p_j r_{ij}$$

Sendo

R_{ij} = correlação entre a variável principal (y) e a i-ésima variável explicativa;

P_i = medida do efeito direto da variável i sobre a variável principal; e

$P_j r_{ij}$ = medida do efeito indireto da variável i, via variável j, sobre a variável principal.

O coeficiente de determinação do diagrama de trilha é dado por

$$R^2 = p_1 r_{1y} + p_2 r_{2y} + \dots + P_n r_{ny}$$

O efeito residual é assim estimado:

$$P_e = \sqrt{1 - R^2}$$

A análise de trilha foi realizada utilizando-se do Sistema de Análise Estatística e Genética – SAEG, versão 5.0 (UFV, 1992).

Embora o modelo matemático da produção seja multiplicativo ($PRD = VAG \times SEM \times MCS$), não

se adotou a transformação das variáveis primárias do modelo multiplicativo para o modelo aditivo, pela logaritimização dos dados, como sugerem Cruz e Regazzi (1997), haja vista, que resultados semelhantes, com e sem transformação dos dados foram obtidos por Parodi *et al.*(1970), fato que levou alguns pesquisadores, conforme citação de Vencovsky e Barriga (1992) à não adoção da transformação logarítmica.

Figura 5 Diagrama causal em cadeia, mostrando o inter-relacionamento das variáveis secundárias(caracteres morfofisiológicos) sobre alguns componentes primários da produção e PRPL(variáveis primárias) e destas sobre a produção de grãos do feijoeiro em kg.ha^{-1} .

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização fenotípica

Os resultados da caracterização fenotípica dos genótipos, nos três ambientes onde foram avaliados, são apresentados nos Quadros de 7 a 12. Na interpretação dos resultados considerou-se apenas a magnitude dos valores médios encontrados não tendo sido aplicados sobre as médias testes estatísticos.

4.1.1 Caracteres fisiológicos

Nos Quadros 7 e 8 constam os resultados obtidos no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS). Quando se analisa o caráter início do florescimento, observa-se uma certa discrepância no comportamento dos genótipos. Embora o período médio para a população em estudo tenha sido de aproximadamente 43 dias, tal período variou de 38 dias para o genótipo CNF 4996 BAT 477 a 49 dias para o cultivar Pérola (Quadro 7) .

A duração média do caráter início da maturação foi de 72 dias, sendo os genótipos EMGOPA 201 Ouro (77 dias) e Pérola (76 dias) os que apresentaram ciclo mais tardio, enquanto o IAC-Carioca Eté (66 dias) e o CNF 4996 BAT 477 (67 dias) foram os mais precoces. A duração do ciclo de um cultivar é uma característica influenciada pelo ambiente, podendo um mesmo genótipo comportar-se de maneira diferente quando submetido a diferentes ambientes (Zimmermann *et al.*, 1996).

Cultivares precoces (ciclo de aproximadamente 70 dias para a colheita) podem ser importantes nos cultivos “da seca” e “de inverno”. No cultivo “da seca” por completarem seu ciclo durante o período chuvoso; no cultivo “de inverno” ou “irrigado”,

por apresentarem vantagens claras no manejo de cultivos ao facilitarem as rotações (Zimmermann *et al.*,1996). Observa-se, no Quadro 7, que nenhum dos genótipos testados no ambiente A apresentou o caráter precocidade, sendo todos de ciclo intermediário (colheita com 90 a 95 dias, aproximadamente).

O período médio para o início da floração no ambiente B (Quadro 9) foi de 37 dias, inferior, portanto, ao observado no ambiente A (Quadro 7), oscilando de 30 e 31 dias, respectivamente, para os genótipos Diamante Negro e Ouro Negro, que nessas circunstâncias, de acordo com Costa e Zimmermann (1988) podem ser considerados como precoces a 42, 41, e 40 dias, respectivamente, para os genótipos CNF 7135 Bambuí, CNF 4129 A 54 e Rio Tibagi, que foram os mais tardios.

Nesse ambiente, o período médio para a expressão do caráter início da maturação, na população em estudo, foi de 68 dias sendo os genótipos Rudá (73 dias) e CNF 4129 A54 (72 dias) os de comportamento mais tardios enquanto que o Ouro Negro (64 dias), o Aporé o Carioca 1030 e o Diamante Negro (66 dias) os mais precoces. Observa-se comportamento contrastante, principalmente dos genótipos Pérola, Aporé, EMGOPA 201 Ouro e Ouro Negro, em função da diferença observada nos seus ciclos, nos ambientes A e B, refletindo a influência do ambiente na determinação do ciclo dos genótipos e estabelecendo relações de interações genótipos por ambientes.

A maior influência do ambiente no comportamento dos genótipos, principalmente na duração do ciclo, foi observada no ambiente C (safra “da seca” 2000/2001, Aquidauana-MS). O caráter início do florescimento variou de 32 dias para o genótipo Diamante Negro a 44 dias para o cultivar Pérola, com duração média de 39 dias (Quadro 11). Para o caráter início da maturação a duração média foi de 69 dias sendo os genótipos CNF 4996 BAT 477 e o Diamante Negro (62 dias) os mais precoces enquanto que o cultivar Pérola (79 dias) foi o mais tardio (Quadro 11). Costa e Zimmermann (1988) consideram como precoces os materiais que atingem a floração num período inferior a 32 dias a partir da emergência. Tal fato permite considerar o genótipo Diamante Negro como precoce nos ambiente B e C (Quadros 9 e 11) e o Ouro Negro no ambiente B (Quadro 9).

4.1.2 Caracteres morfológicos

A arquitetura da planta, caracterizada fenotipicamente pelos descritores:

comprimento da haste principal (CP); hábito de crescimento (Quadro 2); número de nós (NÓS), comprimento dos internódios e altura de inserção das estruturas reprodutoras (A.I. e A.V.) é fundamental na seleção dos cultivares mais adequados para o cultivo nas mais variadas condições. Assim, para áreas irrigadas, onde se adota alto nível de tecnologia e busca-se mecanizar a colheita para a redução no custo da mão-de-obra empregada no arranquio e no enleiramento das plantas, os cultivares desejáveis são aqueles com porte ereto e baixa estatura de planta (tipo II), com menor acamamento e vagens altas em relação ao solo, acima de 12 cm) (Zimmermann *et al.*, 1996).

Tais características além de propiciarem a colheita mecânica direta, com colhedoras adaptadas com plataforma especial para o feijoeiro, atenuam os problemas de doenças causadas por fungos do solo, mais especificamente o mofo branco, e minimizam as perdas no cultivo das águas onde expressiva parcela da produção é perdida pelo contato das vagens com o solo, principalmente nos cultivares prostrados (tipo III), quando a colheita coincide com o excesso de chuvas (Zimmermann *et al.*, 1996).

Analisando-se o caráter comprimento da haste principal na maturação (CPM), observa-se que os cultivares Pérola e Aporé, ambos do tipo III, foram os que apresentaram maiores comprimentos nos três ambientes, destacando-se ainda os genótipos CNF v. 8025 (tipo II), nos ambientes B e C (Quadros 10 e 12) e o genótipo CNF 7135 Bambuí (tipo III), no ambiente A (Quadro 8). Por outro lado, os genótipos IAC-Carioca Eté (tipo III); IAPAR 14 (tipo III); Rio Tibagi (tipo II) e CNF 4999 Rio Tibagi (tipo II) apresentaram os menores comprimentos de haste em pelo menos um dos ambientes estudados.

Ramalho (1997) afirma que o ambiente exerce efeito marcante no porte da planta e, por conseguinte, no comprimento da haste principal. Sob condições de alta umidade e menor luminosidade há tendência das plantas se tornarem decumbentes, com haste principal mais comprida, fato que justifica o comportamento diferenciado que se verifica de um mesmo genótipo em ambientes diversos.

Quanto ao caráter altura de inserção da primeira vagem (AV), os genótipos, em nenhum dos ambientes em que foram avaliados, apresentaram-no em condições favoráveis para a colheita mecânica direta, mostrando-se pouco promissores para a sua seleção.

A amplitude de variação no número de nós na haste principal na maturação (NNM), nos três ambientes, foi de 17,46 a 22,13 evidenciando a existência de pouca variabilidade para esse caráter na população. Segundo Vilhordo e Muller (1981), o número de nós no caule principal está relacionado com o tipo de hábito de crescimento, sendo geralmente de 4 a 8 nos cultivares de hábito de crescimento determinado (tipo I); de 15 a 20 nos cultivares de crescimento indeterminado de porte baixo (tipos II e III) e de 20 a 24 nos de porte alto, associação que pôde ser observada nos cultivares Aporé e CNF v. 8025, nos ambientes B e C (Quadros 10 e 12) e Aporé no ambiente A (Quadro 8). Contudo, o cultivar Pérola que mostrou expressivo crescimento nos três ambientes não apresentou o número de nós na mesma proporção do comprimento da haste.

4.1.3 Caracteres de produtividade de grãos

No ensaio conduzido em Dourados-MS, safra “da seca” 2000/2001 (ambiente B), cujos resultados são apresentados nos Quadro 9 e 10, a ocorrência de

geada no dia 21.06.01, com as plantas em fase final de maturação (final da etapa R9) afetou, fisiologicamente, a qualidade dos grãos no interior dos legumes, comprometendo o seu uso como sementes, não afetando, contudo, a produção quantitativa como pode ser observada no Quadro 10.

Portes (1988) afirma que a flutuação na produtividade de grãos do feijoeiro comum, de um ambiente para outro, é muito grande e que a estabilidade de produção é precária. Tal fato constata-se na análise do desempenho individual dos genótipos nos três ambientes. Embora a variação entre as médias dos ambientes não tenha sido expressiva, variando a produtividade de grãos de 1451,84 kg.ha⁻¹, no ambiente A, a 1762,17 kg.ha⁻¹ no ambiente C, genótipos como: CNF 7135 Bambuí; CNF v. 8025; CNF 4129 A 54; Rio Tibagi; Ouro Negro; Carioca 1030 e IAC-Carioca Eté, apresentaram grande instabilidade na produtividade de grãos, com acentuada variação de um ambiente para outro, sugerindo ser tais materiais bastante influenciados pelas interações genótipos por ambientes.

Quadro 7 .Média dos caracteres morfofisiológicos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001,Dourados-MS).





^(*) = bege com estrias marrons (tipo carioca)

CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = número de nós na haste principal na maturação; VAG = número médio de vagens por planta; SEM = número médio de sementes por vagem; MCS = massa de 100 sementes; PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas; PROD = produtividade de grãos em kg.ha⁻¹.

Quadro 9. Média dos caracteres morfofisiológicos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente B (safra “da seca” 2000/2001, Dourados-MS)





Abreviaturas: DE= dias para emergência; FL= início do florescimento; A.I. = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste principal no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = início da maturação e A.V. = altura de inserção da 1ª vagem.

Quadro 10 Média dos caracteres estruturais e de produtividade genótipos de feijoeiro-comum no ambiente B (safra “da seca” 2000/2001, Dourados-MS



(*) = bege com estrias marrons

Abreviaturas: CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = número de nós na haste principal na maturação; VAG = número médio de vagens por planta; SEM = número médio de sementes por vagem; MCS = massa de 100 sementes; PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas; PROD = produtividade de grãos em kg.ha⁻¹.

Quadro 11 .Média dos caracteres morfofisiológicos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente C (safra “da seca” 2000/2001, Aquidauana-MS)

Genótipo	DE(dias)	FL(dias)	A.I.(cm)	CPF(cm)	NNF	Cor da flor	MAT(dias)	A.V.(cm)
	6,00	40,00	9,59	53,04	15,84		70,00	6,42
	7,00	41,00	9,26	54,67	15,92		69,00	7,52
	6,00	35,00	10,16	66,79	15,83		62,00	7,84

6,00	36,00	7,27	54,96	16,83	71,00	5,92
------	-------	------	-------	-------	-------	------

7,00	36,00	8,09	35,75	14,92	65,00	5,65
------	-------	------	-------	-------	-------	------

7,00	43,00	8,77	78,25	16,87	73,00	7,54
------	-------	------	-------	-------	-------	------

6,00	43,00	8,41	96,42	17,83	79,00	6,33
------	-------	------	-------	-------	-------	------

6,00	40,00	9,31	72,08	18,21	65,00	8,21
------	-------	------	-------	-------	-------	------

7,00	42,00	6,73	56,54	17,83	73,00	8,37
------	-------	------	-------	-------	-------	------

7,00	40,00	8,25	97,96	19,38	72,00	6,50
------	-------	------	-------	-------	-------	------

6,00	40,00	6,43	89,13	22,13	70,00	7,38
------	-------	------	-------	-------	-------	------

8,00	40,00	9,25	71,88	16,88	72,00	7,60
7,00	37,00	7,31	98,50	18,54	66,00	7,95
6,00	34,00	9,71	83,87	16,92	68,00	6,40
7,00	38,00	8,73	70,00	16,92	67,00	6,98

7,00	32,00	7,63	91,21	15,14		62,00	6,17
------	-------	------	-------	-------	--	-------	------

6,63	38,56	8,43	73,19	17,25		69,00	7,05
------	-------	------	-------	-------	--	-------	------

7,46	8,67	13,16	25,74	10,32	-	6,41	12,05
------	------	-------	-------	-------	---	------	-------

Abreviaturas: DE= dias para emergência; FL= início do florescimento; A.I. = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste principal no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = início da maturação e A.V. = altura de inserção da 1ª vagem

Quadro. 12. Média dos caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001), Aquidauana-M

(*) bege com estrias marrons

Abreviaturas: CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = número de nós na haste principal na maturação; VAG = número médio de vagens por planta; SEM = número médio de sementes por

vagem; MCS = massa de 100 sementes (gramas); PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas;
PROD = produtividade de grãos em $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$

Os genótipos EMGOPA 201 Ouro (2458,10 kg.ha⁻¹); Aporé (2376,65 kg.ha⁻¹) e IAC-Carioca Eté (2239,00 kg.ha⁻¹) foram os que apresentaram maior produtividade de grãos no ambiente A (Quadro 8), mantendo, com exceção do cultivar IAC-Carioca Eté, a mesma performance nos demais ambientes, demonstrando possuir potencial para serem utilizados em programas de melhoramento com o objetivo de seleção para aumento de produtividade de grãos. Nesse ambiente, os genótipos com piores desempenhos foram: CNF 7135 Bambuí (458,66 kg.ha⁻¹); CNF 4129 A54 (578,63 kg.ha⁻¹); Rio Tibagi (781,66 kg.ha⁻¹) e o CNF v. 8025 (860,46 kg.ha⁻¹) (Quadro 8).

No ambiente B os genótipos mais produtivos foram: Rudá (2370,67 kg.ha⁻¹); CNF 4999 Rio Tibagi (2060,67 kg.ha⁻¹) e o EMGOPA 201 Ouro (2016,86 kg.ha⁻¹), não podendo ser desconsiderado a boa performance dos genótipos CNF v. 8025 (1941,18 kg.ha⁻¹); CNF 4996 BAT 477 (1933,12 kg.ha⁻¹); Rio Tibagi (1848,93 kg.ha⁻¹) e Aporé (1840,66 kg.ha⁻¹) (Quadro 10).

Observa-se que os genótipos CNF v. 8025 e o Rio Tibagi, que tiveram um baixo desempenho no ambiente A, sobressaíram-se no ambiente B, onde as condições ambientais lhes foram mais favoráveis. O cultivar Rudá não apresentou nos ambientes A (1542,52 kg.ha⁻¹) e C (1576,26 kg.ha⁻¹) a mesma performance obtida no ambiente B, mantendo, contudo, uma média satisfatória de produtividade de grãos o que permite incluí-lo ao grupo de genótipos com potencial para seleção visando melhoria deste caráter. No ambiente B, os genótipos CNF 7135 Bambuí, Carioca 1030 e Ouro Negro tiveram os piores desempenhos. (Quadro 10).

O ambiente C, de um modo geral, foi o que propiciou melhores condições para a expressão do potencial genético dos materiais em estudo. Os genótipos que se destacaram com produtividade de grãos acima de 2000 kg.ha⁻¹, foram: Xamego (2564,00 kg.ha⁻¹); Aporé (2460,00 kg.ha⁻¹); EMGOPA 201 Ouro (2397,21 kg.ha⁻¹); CNF 4996 BAT 477 (2225,25 kg.ha⁻¹) e Carioca 1030 (2136,14 kg.ha⁻¹). Os menos produtivos foram o CNF 4129 A54 (888,89 kg.ha⁻¹); o IAC-Carioca Eté (1024,47 kg.ha⁻¹) e o Pérola (1214,07 kg.ha⁻¹) (Quadro 12).

Ressalta o comportamento contrastante dos genótipos IAC-Carioca Eté, nos ambientes A e C (Quadros 8 e 12) e do Carioca 1030, nos ambientes B e C (Quadro 10 e 12), evidenciando a existência de elevadas interações genótipo por ambiente, fator, entre outros, que tem contribuído para o insucesso dos programas de melhoramento com vista à

seleção para produtividade de grãos (Zimmermann *et al.*, 1996). Considerando a produtividade de grãos (acima de 1800,00 kg.ha⁻¹) e a estabilidade de produtividade de grãos, o cultivar Xamego também inclui-se no grupo de genótipos com potencial para ser empregado nos trabalhos de melhoramento, para seleção ao incremento à produtividade de grãos.

Segundo Zimmermann *et al.* (1996) a produtividade de grãos do feijoeiro é o produto de três componentes denominados de componentes primários da produção, que são: número médio de vagens por planta; número médio de sementes por vagem e o peso de sementes. O número médio de vagem por planta (VAG) variou de 2,73 para o genótipo CNF 7135 Bambuí, no ambiente A (Quadro 8), a 13,50 para o genótipo Rio Tibagi, no ambiente C (Quadro 12). As médias por ambientes foram 6,82; 7,95 e 8,59 vagens por planta, respectivamente, para os ambientes A, B e C (Quadros 8, 10 e 12). O número médio de semente por vagem (SEM) variou de 2,98 para o genótipo Rio Tibagi, no ambiente A (Quadro 8) a 5,34 para o genótipo CNF 4999 Rio Tibagi, no ambiente B (Quadro 10). As médias por ambiente foram de 3,63; 4,31 e 4,39 sementes por vagem, respectivamente, para os ambientes A, C e B. (Quadros 8, 12 e 10).

A massa média de 100 sementes (PCS) foi de 21,34; 19,13 e 20,11 gramas, respectivamente, para os ambientes A, B e C (Quadros 8, 10 e 12). O tamanho médio das sementes (peso) de um cultivar oscila, acentuadamente, em função da ação de fatores como a temperatura, umidade, fertilidade do solo, espaçamento, época de plantio, entre outros (Vieira, 1967). Dessa forma, a variação observada no peso de 100 sementes, notadamente em relação aos genótipos IAC-Carioca Eté, Diamante Negro, Xamego, CNF v.8025, Aporé e Pérola, de um ambiente para outro, pode ser atribuída às diferentes ações desses fatores.

Os dados obtidos para os componentes primários da produção, apresentados nos Quadros 8, 10 e 12 pouco diferiram dos encontrados por Pereira Filho *et al.* (1987), em Patos de Minas-MG, avaliando progênies de feijoeiro. Os autores encontraram as seguintes médias para esses caracteres: 8,4 vagens por planta; 4,3 sementes por vagem; 20,7 g a massa de 100 sementes.

Os caracteres qualitativos cor da flor e cor da semente, por serem controlados por poucos genes e pouco influenciados pelo ambiente (Ramalho *et al.*, 2000 a), evidentemente, não apresentaram variações nos ambientes em que foram avaliados. O caráter “cor da flor” foi avaliado por constituir-se em importante descritor na identificação

dos genótipos (Silva, 1981), e a “cor da semente” pela sua importância na aceitação comercial do produto (Zimmermann *et al.*, 1996).

A estimativa do coeficiente de variação (C.V.), parâmetro que mede a confiabilidade do experimento (Pimentel Gomes, 1990), variou de 3,50% para o caracterer dias para maturação (MAT) a 41,97% para o caráter produtividade de grãos (PROD), valores esses próximos aos obtidos por Pereira Filho *et al.* (1987).

4.2 Estimação de parâmetros genéticos

A estimação dos componentes de variância e dos parâmetros genéticos e fenotípicos, em ambientes diferentes e combinados, foi feita empregando-se duas metodologias de avaliação (Cruz, 2001): a) avaliação por planta e estimativa da variância entre e dentro de genótipos (resíduo): b) avaliação por parcelas, com três repetições para cada genótipo.

Na estimativa dos parâmetros, considerando-se a avaliação por planta, os caracteres avaliados foram: dias para a emergência (DE); início do florescimento (FL); altura de inserção (AI); comprimento da haste principal no florescimento (CPF); número de nós na haste principal no florescimento (NNF); início da maturação (MAT); altura de inserção da primeira vagem (AV); comprimento da haste principal na maturação (CPM); número de nós na haste principal na maturação (NNM); número médio de vagens por planta (VAG); número médio de sementes por vagem (SEM) e produtividade por planta (PRPL). Quando se consideraram as médias por parcela, acrescentaram-se além das características mencionadas, os caracteres: produtividade de grãos, em quilograma por ha (PROD) e massa de 100 sementes (MCS).

4.2.1. Estimação de Parâmetros em ambientes diferentes

Os quadrados médios obtidos nas análises de variância, para todos os caracteres, em cada ambiente experimental, utilizando-se da avaliação individual por planta, encontram-se nos Quadros 13, 14, 17, 18, 21 e 22 e, utilizando-se das médias por parcela, nos Quadros 15, 16, 19, 20 ,23 e 24 para os ambientes A, B e C, respectivamente.

Os dados permitem evidenciar a existência de ampla variabilidade genética na população uma vez que as diferenças observadas foram significativas, ($p < 0,01$) para todos os caracteres em cada um dos ambientes, Considerando que a existência de variabilidade genética numa população é fator determinante para qualquer programa de melhoramento (Ramalho *et al.*, 2000a), o germoplasma em estudo, mostra-se, a princípio, promissor para trabalhos de seleção ou hibridações objetivando a melhoria dos caracteres avaliados.

Analisando a estimação dos componentes de variância no ambiente A, pelas duas metodologias de avaliação utilizadas (Quadros 13, 14, 15 e 16), observa-se que a estimativa da variância genética responde por mais de 80% da variação fenotípica total para, praticamente, todos os caracteres analisados, exceto a “AP” e a “AV”, onde a variância genética respondeu, respectivamente, por 49,42 e 45,40% da variação total (Quadro 13 e 14.) Tal fato também se verifica nos ambientes B e C, onde a participação do componente genético da variância, na expressão fenotípica dos caracteres é expressiva (acima de 80%). Apenas nos caracteres “DE”, nos ambientes B (Quadro 17) e C (Quadro 21), e “AV”, no ambiente C (Quadro 22), a variância genética respondeu por menos de 80% da variação fenotípica.

O alto grau de variabilidade genética entre os genótipos sugere que os métodos de melhoramento podem ser utilizados, proporcionando ganho genético na seleção. Coimbra *et al.* (1998) estimando parâmetros genéticos e fenotípicos em feijoeiro-comum, encontraram para os caracteres “FL”, “MAT”, “CPM” e massa de mil sementes “MMS”, proporção superior a 70% entre as variâncias genética e fenotípica, na variação total destes caracteres. Para o caráter “AV”, observaram que a estimativa da variância genética respondeu por apenas 55%, aproximadamente, da sua variação total, evidenciando a influência marcante do ambiente na expressão deste caráter e ratificando os dados obtidos nesta pesquisa. Segundo os autores, estimativas de σ^2_P , σ^2_E , σ^2_G e h^2_a (CVp), são influenciadas pelo número de repetições e de ambientes, por diferenças genéticas entre os parentais e pelo tipo de avaliação (individual ou por família).

A avaliação por parcela, propiciou maior participação do componente genético da variação na expressão fenotípica dos caracteres, do que a avaliação individual, proporcionando, conseqüentemente, valores de coeficiente de variação experimental mais

baixos (Quadros 15, 16, 19, 20, 23 e 24), reduzindo a influência do ambiente e aumentando a precisão experimental.

O coeficiente de determinação genotípica por incluir todas as influências genéticas na expressão do fenótipo e não apenas os efeitos aditivos, não pode ser tomado como um indicador preciso do ganho genético esperado pela seleção, fornece, contudo, indícios do desempenho esperado de uma dada população na seleção de caracteres. As estimativas do coeficiente de determinação genotípica foram altas (acima de 75%) para quase todos os caracteres, nos três ambientes experimentais. Apenas os caracteres “AI”, no ambiente A (48,87%); “A V”, no ambiente A (65,29%); “CPM”, no ambiente C e “D E”, nos ambientes B (70,90%) e C (72,38%) apresentaram estimativas de coeficiente de determinação genotípica abaixo de 75% (Quadros 7, 9 e 11), evidenciando prováveis dificuldades na seleção destes caracteres, principalmente nas gerações com elevado percentual de heterozigotos.

As mais altas estimativas de coeficiente de determinação genotípica (R^2) (acima de 98%) foram observadas para os caracteres: “PRPL”; “PROD”, “MCS”; “CPF”; “NÓS”; “FL” e “MAT”. Segundo Fehr (1987), coeficiente de determinação genotípica mais alto pode ser associado com menor variação de ambiente e menor interação genótipo x ambiente. O caráter “MCS”, dentre os componentes primários da produção, foi o que apresentou mais alto coeficiente de determinação genotípica, superando, em todos os ambientes, os caracteres “VAG” e “SEM”, equiparando-se ao da produtividade de grãos por ha.

Observa-se que os coeficientes de determinação genotípica (R^2) para todos os caracteres, quando se adotou a avaliação por parcela (Quadros 15, 16, 19, 20, 23 e 24), foi superior às obtidas quando se utilizou da avaliação por plantas (Quadros 13, 14, 17, 18, 21 e 22), sugerindo, exercer esta metodologia, melhor controle na influência do ambiente, aumentando, conseqüentemente, a proporção da variância genética na expressão fenotípica do caráter. Os valores estimados dos parâmetros genéticos e fenotípicos, de um modo geral, foram superiores aos relatados por Ramalho *et al.* (1979) e por Coimbra *et al.* (1998).

Além das estimativas das variâncias fenotípica, genéticas e de ambiente, de acordo com procedimento de Coimbra *et al.* (1998), estimou-se, também, o coeficiente de variação genético (CVg) e o quociente b (CVg/Cve). Assim como a herdabilidade, o coeficiente de variação genético permite fazer inferência sobre a variabilidade genética nos

diferentes caracteres. Valores elevados de CVg são indicativos de que a população é promissora para a seleção do caráter em estudo.

Os mais altos valores de CVg (acima de 25%) foram obtidos, nos três ambientes, para os caracteres: “CPF”; “VAG”, PRPL” e “PROD” e os mais baixos (abaixo de 10%) para os caracteres: “FL”; “MAT”; “DE” e “NNF”, sendo que para os demais os valores oscilaram entre estes dois limites.

Quadro 13. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se avaliação por planta.

F. V.	DE	FL	AI	CPF	NNF	MAT
			Q. M.			
Genótipo(GL=15)	5,79**	242,75**	20,40**	9965,88**	82,58**	323,22**
Resíduo(GL=368)	0,51	12,92	10,43	259,97	3,10	62,46
Média	6,65	42,04	6,95	76,18	15,59	71,06
CV (%)	10,81	8,38	45,75	21,38	11,49	11,07
Parâmetros genéticos						
σ^2_P	0,24	10,11	0,85	415,24	3,44	13,46
σ^2_E	0,02	0,53	0,43	10,83	0,12	2,60
σ^2_G	0,22	9,58	0,42	404,41	3,31	10,86
R^2	91,08	94,67	48,87	97,39	96,24	80,67
CVg (%)	7,05	7,22	9,13	26,67	11,87	4,62
b (CVg/CVe)	0,65	0,86	0,19	1,24	1,03	0,41

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

DE = dias para emergência; FL = dias para o início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = dias para o início da maturação

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica; CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 14. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres, estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se avaliação por planta.

F. V.	AV	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL
	Quadrado médio.					
Genótipo(GL=15)	65,77**	11313,23**	100,22**	125,03**	7,12**	157,60**
Resíduo(GL=368)	22,82	263,83	2,65	9,73	0,53	7,10
Média	8,26	116,96	19,00	6,82	4,21	6,21
C V (%)	54,95	13,96	8,61	46,19	16,73	42,43
	Parâmetros genéticos					
σ^2_P	2,74	471,38	4,17	5,20	0,29	6,56
σ^2_E	0,95	10,99	0,11	0,40	0,02	0,29
σ^2_G	1,79	460,39	4,06	4,80	0,27	6,27
R^2	65,29	97,66	97,69	92,22	92,43	95,49
CVg (%)	15,38	18,44	10,65	32,44	11,94	39,87
b (CVg/CVe)	0,28	1,32	1,23	0,70	0,71	0,93

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

AV = altura de inserção da 1ª vagem; CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = nº de nós na haste principal na maturação;

VAG = número médio de vagens por planta; SEM = número médio de sementes por planta; PRPL = produtividade por planta em gramas.

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica R^2 = coeficiente de determinação genotípica;

CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 15. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.

F. V.	DE	FL	AI	CPF	NNF	MAT	AV
Quadrado Médio							
Blocos (GL=2)	0,03**	9,36**	0,82**	78,93**	0,53**	12,12**	0,54**
Genótipos(GL=15)	0,71**	30,75**	2,07**	1342,54**	10,41**	27,25**	73,99**
Resíduo(GL=30)	0,42	0,82	0,15	44,12	0,42	1,12	14,37
Média	6,65	42,06	6,95	76,18	15,59	72,06	8,26
CV (%)	3,11	2,11	5,57	8,71	4,26	1,47	8,44
Parâmetros genéticos							
σ^2_P	0,23	10,25	0,69	447,51	3,47	9,08	1,64
σ^2_E	0,01	0,25	0,05	14,70	0,14	0,37	0,15
σ^2_G	0,22	9,97	0,64	432,80	3,32	8,71	1,48
R^2	93,97	97,32	92,76	96,74	95,90	95,88	90,28
CVg (%)	7,10	7,35	11,52	27,30	11,91	4,08	15,38
b (CVg/Cve)	2,28	3,48	2,06	3,13	2,79	2,78	1,76

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

DE = dias para emergência; FL = dias para o início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = dias para o início da maturação; AV = altura de inserção da 1ª vagem

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica
CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 16. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente A (safra “das águas”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.

F. V.	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
Quadrado Médio							
Blocos (GL=2)	85,92**	0,54**	0,12**	0,17**	0,40**	37159,97**	0,05**
Genótipos(GL=15)	1520,85**	12,00**	15,72**	1,13**	20,52**	1105623,34**	66,41**
Resíduo(GL=30)	15,73	0,21	0,85	0,16	0,48	33682,33	0,32
Média	116,96	19,00	6,82	4,21	6,21	1491,05	21,34
CV (%)	3,39	2,42	13,51	9,63	11,16	12,43	2,67
Parâmetros genéticos							
σ^2_P	506,95	4,00	5,24	0,37	6,84	368541,11	22,13
σ^2_E	5,24	0,07	0,28	0,05	0,16	11227,44	0,10
σ^2_G	501,71	3,93	4,95	0,32	6,67	357313,67	22,03
R^2	98,96	98,22	94,58	85,21	97,63	96,95	99,50
CVg (%)	19,15	10,43	32,60	13,35	41,44	40,50	21,99
b (CVg/CVe)	5,64	4,29	2,41	1,38	3,71	3,25	8,21

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade.

CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = número de nós na haste principal na maturação; VAG = n° de vagens por planta

SEM = número médio de sementes por vagem; PRPL = produtividade por planta; PROD = produtividade em kg. ha⁻¹; MCS = massa de 100 sementes

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica

CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 17. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se avaliação por planta.

F. V.	DE	FL	AI	CPF	NNF	MAT
	Quadrado Médio					
Genótipo(GL=15)	11,65 **	263,14**	12,71**	1 008,13**	33,48**	159,69**
Resíduo(GL=368)	3,39	9,64	2,16	207,03	1,70	10,52
Média	6,86	36,98	8,80	70,47	17,35	68,49
C V (%)	26,96	8,36	16,61	18,95	7,51	4,75
	Parâmetros genéticos					
σ^2_p	0,48	10,96	0,52	417,00	1,39	6,65
σ^2_e	0,14	0,40	0,09	8,62	0,07	0,43
σ^2_G	0,34	10,56	0,43	408,37	1,32	6,21
R^2	70,90	96,33	82,97	97,93	94,92	93,40
CVg (%)	8,59	8,75	7,48	26,61	6,63	3,63
b (CVg/Cve)	0,31	1,04	0,45	1,40	0,88	0,76

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade.

DE = dias para emergência; FL = dias para o início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = dias para o início da maturação

Parâmetros genéticos: σ^2_p = variância fenotípica; σ^2_e = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica; CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/Cve

Quadro 18. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se avaliação por planta.

F. V.	A V	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL
Quadrado Médio.						
Genótipo(GL=15)	23,58**	9925,11**	36,01**	130,16**	5,08**	385,71**
Resíduo(GL=368)	2,32	257,60	2,32	8,04	0,41	5,83
Média	7,89	101,93	19,02	8,19	4,42	6,67
C V (%)	19,73	15,78	8,03	36,69	14,50	36,79
Parâmetros genéticos						
σ^2_P	0,98	413,54	1,50	5,42	0,21	3,57
σ^2_E	0,09	10,73	0,09	0,33	0,01	0,24
σ^2_G	0,89	402,81	1,41	5,08	0,19	3,32
R^2	90,12	97,40	93,54	93,81	91,93	93,18
CVg (%)	12,16	19,74	6,24	28,38	9,99	27,77
b (CVg/Cve)	0,61	1,25	0,77	0,79	0,68	0,75

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

AV = altura de inserção da 1ª vagem; CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = nº de nós na haste principal na maturação;

VAG = número médio de vagens por planta; SEM = número médio de sementes por planta; PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas.

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica;

CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 19. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.

F. V.	DE	FL	AI	CPF	NNF	MAT	AV
	Quadrado Médio						
Blocos (GL=2)	1,30*	3,3**	0,75*	4,07**	0,11**	5,96**	0,53**
Genótipos(GL=15)	1,38**	33,85**	1,65**	1223,28**	4,00**	17,32**	2,69**
Resíduo(GL=30)	0,29	0,64	0,33	21,39	0,18	1,49	0,44
Média	6,86	37,98	8,80	70,47	17,38	68,44	7,89
CV (%)	7,95	2,16	6,53	6,09	2,45	1,78	8,61
	Parâmetros genéticos						
σ^2_P	0,46	11,28	0,55	407,76	1,33	5,77	0,89
σ^2_E	0,09	0,21	0,11	7,13	0,06	0,49	0,14
σ^2_G	0,37	11,07	0,44	400,63	1,27	5,28	0,75
R^2	78,50	98,09	79,86	98,25	95,44	91,38	83,64
CVg (%)	8,77	8,97	7,51	26,35	6,49	3,35	11,25
b (CVg/Cve)	1,10	4,13	1,14	4,32	2,64	1,87	1,30

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

* = significativo pelo teste F com 5% de probabilidade

DE = dias para emergência; FL = dias para o início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = dias para o início da maturação; AV = altura de inserção da 1ª vagem
 Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica; CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/Cve

Quadro 20 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente B (safra “da seca”, 2000/2001, Dourados-MS) considerando-se a avaliação por parcela.

F. V.	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
	Quadrado Médio						
Blocos (GL=2)	23,21**	0,67**	1,14**	0,06**	0,60**	38305,59**	0,02**
Genótipos(GL=15)	1235,03**	4,26**	16,21**	1,04**	11,92**	694546,90**	29,60**
Resíduo(GL=30)	28,36	0,18	0,64	0,11	0,31	17979,59	0,10
Média	101,93	19,02	8,19	4,42	6,67	1533,19	18,44
CV (%)	5,22	2,28	10,06	7,76	8,64	8,53	1,71
	Parâmetros genéticos						
σ^2_P	411,67	1,42	5,40	0,34	3,97	231515,63	9,86
σ^2_E	9,45	0,06	0,21	0,03	0,11	5993,19	0,03
σ^2_G	402,22	1,36	5,19	0,31	3,86	225552,44	9,83
R^2	97,70	95,55	96,04	88,85	97,32	97,41	99,63
CVg (%)	19,67	6,12	28,64	12,66	30,09	30,24	16,45
b (CVg/CVe)	3,76	2,67	2,84	1,63	3,48	3,54	9,59

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = número de nós na haste principal na maturação; VAG = n° médio de vagens/planta
SEM = número médio de sementes por vagem; PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas; PROD = produtividade de grãos em kg. ha⁻¹; MCS
= massa de 100 sementes

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica
CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 21. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se avaliação por planta.

F. V.	DE	FL	AI	CPF	NNF	MAT
	Quadrado Médio					
Genótipo(GL=15)	6,24**	292,87**	24,04**	8591,19**	50,48**	498,92**
Resíduo(GL=368)	1,72	16,95	4,37	240,44	3,30	46,54
Média	6,70	38,46	8,43	73,19	17,25	69,02
C V (%)	19,62	10,79	25,22	21,19	10,72	9,98
	Parâmetros genéticos					
σ^2_P	0,26	12,20	1,00	357,96	2,10	20,78
σ^2_E	0,07	0,71	0,18	10,01	0,13	1,93
σ^2_G	0,19	11,49	0,82	347,94	1,96	18,84
R^2	72,38	94,21	81,81	97,20	93,45	90,67
CVg (%)	6,48	8,89	10,92	25,49	8,27	6,35
b (CVg/CVe)	0,33	0,82	0,43	1,20	0,77	0,63

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

DE = dias para emergência; FL = dias para o início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = dias para o início da maturação

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica
CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 22. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se avaliação por planta.

F. V.	A V	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL
Quadrado Médio						
Genótipo(GL=15)	18,05**	6969,47**	54,89**	122,87**	3,31**	101,01**
Resíduo(GL=368)	3,97	1836,78	4,00	8,35	0,51	7,94
Média	7,05	104,33	19,95	8,59	4,31	7,37
C V (%)	28,23	40,31	10,06	34,62	16,67	38,25
Parâmetros genéticos						
σ^2_P	0,75	290,39	2,28	5,11	0,13	4,20
σ^2_E	0,17	76,53	0,16	0,34	0,02	0,33
σ^2_G	0,58	213,86	2,12	4,77	0,11	3,87
R^2	78,00	73,64	92,69	93,20	84,56	92,13
CVg (%)	10,85	13,75	7,32	26,17	7,96	26,71
b (CVg/Cve)	0,38	0,34	0,72	0,75	0,47	0,69

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade.

AV = altura de inserção da 1ª vagem; CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = n° de nós na haste principal na maturação;

VAG = número médio de vagens por planta; SEM = número médio de sementes por planta; PRPL = produtividade por planta em gramas.

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica;

CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 23 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se a avaliação por parcela.

F. V.	DE	FL	AI	CPF	NNF	MAT	AV
Quadrado Médio							
Blocos (GL=2)	0,07**	1,50**	1,25**	14,65**	0,08**	0,29**	1,52**
Genótipos(GL=15)	0,73**	33,47**	3,72**	1065,33**	5,45**	58,86**	2,21**
Resíduo(GL=30)	0,82	0,68	0,41	16,92	0,24	0,55	0,50
Média	6,70	38,46	8,43	73,19	17,25	69,02	7,05
CV (%)	4,29	2,15	7,65	5,62	2,88	1,07	10,09
Parâmetros genéticos							
σ^2_P	0,24	11,15	1,24	355,11	1,81	19,62	0,73
σ^2_E	0,02	0,22	0,13	5,64	0,08	0,18	0,16
σ^2_G	0,22	10,93	1,11	349,47	1,73	19,43	0,57
R^2	88,73	97,94	88,80	98,41	95,56	99,06	77,14
CVg (%)	6,96	8,59	12,44	25,54	7,72	6,38	10,70
b(CVg/CVe)	1,62	3,98	1,62	4,54	2,68	5,94	1,06

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

DE = dias para emergência; FL = dias para o início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós na haste principal no florescimento; MAT = dias para o início da maturação; AV = altura de inserção da 1ª vagem

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica; CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Quadro 24 .Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum no ambiente C (safra “da seca”, 2000/2001, Aquidauana-MS) considerando-se a avaliação por parcela.

F. V.	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
	Quadrado Médio						
Blocos (GL=2)	47,18**	1,10**	4,26**	0,68**	0,08**	4281,74**	0,01**
Genótipos(GL=15)	707,21**	6,22**	15,44**	0,55**	13,18**	760405,20**	36,24**
Resíduo(GL=30)	41,50	0,55	0,51	0,05	0,18	10868,60	2,15
Média	104,33	19,95	8,59	4,31	7,33	1762,17	20,11
CV (%)	6,17	3,73	8,34	5,41	5,92	5,92	1,33
	Parâmetros genéticos						
σ^2_P	235,73	2,07	5,14	0,18	4,39	253468,40	12,08
σ^2_E	13,83	0,18	0,17	0,02	0,06	3622,86	0,02
σ^2_G	221,90	1,88	4,97	0,16	4,33	249845,54	12,05
R^2	94,13	91,05	96,67	90,20	98,56	98,57	99,80
CVg (%)	14,27	6,88	25,96	9,49	28,37	28,38	17,26
b (CVg/Cve)	2,31	1,84	3,11	1,75	4,78	4,79	12,96

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

CPM = comprimento da haste principal na maturação; NNM = número de nós na haste principal na maturação; VAG = n° médio de vagens/planta
SEM = número médio de sementes por vagem; PRPL = produtividade por planta em gramas; PROD = produtividade em kg. ha⁻¹; MCS = massa de 100 sementes

Parâmetros genéticos: σ^2_P = variância fenotípica; σ^2_E = variância de ambiente; σ^2_G = variância genotípica; R^2 = coeficiente de determinação genotípica; CVg = coeficiente de variação genético; b = razão CVg/CVe

Observa-se também, que os valores obtidos quando se utilizou da avaliação por parcela foram ligeiramente superiores aos obtidos pela avaliação individual das plantas. Os valores de CVg obtidos para os caracteres avaliados, estão de acordo, de um modo geral, com os obtidos no CIAT (CIAT, 1983).

O quociente b (razão CVg/Cve), estimativa que indica situação muito favorável à seleção quando $b \geq 1$ (Vencovsky, 1978), variou para todos os caracteres em função da metodologia de avaliação empregada. Foi sempre superior a 1, indicando, portanto, situação favorável à seleção, quando esta foi feita considerando-se a média por parcela, com três repetições por tratamento (Quadros 15, 16, 19, 20, 23 e 24), fato que se verifica devido ao menor Cve obtido por este método, reduzindo a influência do ambiente na expressão fenotípica dos caracteres.

Na avaliação por planta (Quadros 13, 14, 17, 18, 21 e 22), caracteres como “DE”, “MAT”, “AV”, “PROD” e os componentes primários do rendimento (“VAG” e “SEM”), nos três ambientes experimentais, apresentaram valores de quociente b inferiores a 1, enquanto que os caracteres “FL” (Quadros 13 e 21), “AI” e “NNF” (Quadros 17 e 21, respectivamente) apresentaram, em dois dos três ambientes em que os genótipos foram avaliados, valores de quociente b inferiores a 1. Os únicos caracteres que, nos três ambientes, apresentaram valores da razão CVg/Cve maiores que 1 foram o “CPF” e “CPM”, o que associado à ampla variabilidade genética (elevadas estimativas de h_a^2 e de CVg) existente na população a torna muito favorável para a obtenção de ganhos genéticos expressivos na seleção dos mesmos.

A análise mais detalhada dos parâmetros contidos nos Quadros 13, 14, 17, 18, 21 e 22 permite inferir que, apesar da existência de variabilidade genética no germoplasma em estudo, para caracteres como a “PRPL” e “PROD” e “VAG”, o quociente b não indica a possibilidade de sucesso para seleção dos mesmos, evidenciando serem bastante influenciados pelo ambiente nas suas expressões fenotípicas. A adoção de metodologia de avaliação que reduza a interferência do ambiente, como já visto, aumenta o valor de b tornando a situação mais favorável à seleção. Os caracteres para os quais a população se mostra menos promissora para seleção, em função da menor variabilidade genética existente (baixos valores de CVg) são a “DE”, “FL” e “MAT”, que foram também os caracteres que apresentaram os menores valores de quociente “b” (razão CVg/Cve).

O coeficiente de variação experimental (CV%) foi baixo, para todos os caracteres testados, quando a metodologia de avaliação adotada foi a das médias por parcela, variando de 1,07% para o caráter “MAT” no ambiente C (Quadro 23) a 10,09 e 10,06% (Quadros 23 e 20), respectivamente, para os caracteres “AV”, no ambiente C e “VAG”, no ambiente B, dados que, segundo Pimentel Gomes (1990), indicam boa confiabilidade ao experimento. A avaliação considerando-se cada planta, individualmente, como uma repetição, apresentou valores de CV(%) bastante variáveis denotando baixa precisão do experimento na estimação de parâmetros para caracteres como: “AI”; “AV”; “VAG”; “PRPL” e “CPM”, em pelo menos um dos ambientes experimentais (Quadros 13, 14, 17, 18, 21, 22) e alta precisão para caracteres como o “FL”; “NNF”; “NNM” e “MAT”.

4.2.2. Estimação de Parâmetros em ambientes combinados

O resumo das análises de variância e a estimação de parâmetros genéticos, quando os ambientes foram combinados e a avaliação dos caracteres feita pela média das parcelas, encontram-se nos Quadros 25 e 26.

Observa-se pelo efeito de genótipos, na análise de variância conjunta, a existência de ampla variação para todos os caracteres no material avaliado ($p < 0,01$), fato que, praticamente, também se verificou quando os parâmetros foram estimados em ambientes diferentes.

O coeficiente de variação experimental (CV%) foi baixo (abaixo de 10%) para todos os caracteres, exceto para o caráter “VAG”, sendo os valores encontrados inferiores aos que são normalmente relatados na literatura para experimentos desta natureza. Tal fato comprova a boa eficiência do delineamento adotado. Os valores encontrados se equivalem àqueles obtidos para os ambientes separados (Quadros 15, 16, 19, 20, 23 e 24).

A diferença entre os ambientes não foi significativa, estatisticamente, para os caracteres “DE”, “CPF”, “NNM”, “SEM” e “PRD”, diferiu a 5% de probabilidade pelo teste F para os caracteres “AV” e “VAG” e a 1% para os demais. Justificam a não significância do efeito ambiente entre os tratamentos para o caráter “DE”, as condições relativamente homogêneas dos fatores umidade, aeração e temperatura do solo, em cada um dos ambientes, por ocasião das sementeiras. Quanto ao número de nós na haste principal

(NNM), tal caráter está relacionado com o tipo de hábito de crescimento, sendo pouco influenciado pelo ambiente (Vilhordo e Muller, 1981).

A não ocorrência de estresse abiótico (estiagem; excesso de precipitação pluviométrica; temperaturas muito baixas ou muito altas) durante os estádios R7 e R8 (formação e enchimento de vagens), nos três ambientes, explicam a não existência de diferenças estatísticas significativas do efeito ambiente na expressão do caráter “SEM”. Tais fatores, dependendo da intensidade com que se manifestem, podem afetar drasticamente os componentes primários da produtividade de grãos (Dickson e Boettger, 1984; Hostalácio e Valio, 1984; Portes, 1996). A interação genótipo x ambiente foi altamente significativa ($p < 0,01$) para todos os caracteres, exceto o caráter “DE” ($p < 0,05$), mostrando comportamento não coincidente dos materiais nos três ambientes.

Constata-se ainda, nos Quadros 25 e 26, que os coeficientes de determinação genotípica (R^2) foram altos (acima de 90%) para todos os caracteres avaliados, fato não verificado para os caracteres “DE” (Quadro 19) e “AV” (Quadro 23) quando avaliaram-se os ambientes separadamente. Os coeficientes de variação genética (CVg) e o quociente b (razão CVg/Cve) não diferiram daqueles obtidos para os ambientes diferenciados quando adotou-se a mesma metodologia de avaliação (Quadros 15, 16, 19, 20, 23 e 24).

4.2.3 Correlações entre os caracteres

Nos Quadros 27, 28 e 29, estão apresentadas as estimativas de correlações fenotípica (r_P), genotípica (r_G) e de ambiente (r_E), para todos os caracteres avaliados. Com relação à magnitude das r_P , r_G e r_E os valores variaram de -0,68 a 1,00

Para Santos e Vencovsky (1986a) as correlações são explicadas, em geral, pelo efeito aditivo dos genes afetando dois caracteres simultaneamente. Daí, a importância para os melhoristas, do conhecimento do grau de associação entre caracteres de importância agrônômica, principalmente porque a seleção sobre determinado caráter altera o comportamento do outro. Falconer e Mackay (1996) afirmam que a ocorrência de correlação genética positiva ou negativa é devida, principalmente à pleiotropia.

A correlação fenotípica mede o grau de associação entre dois caracteres proveniente dos efeitos do ambiente e genético, sendo este último o principal responsável pela fração herdável dos progenitores para as progênies.

.Quadro 25. Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres fisiológicos e estruturais de genótipos de feijoeiro-comum nos ambientes combinados, considerando-se a avaliação por parcela.

F V	D E	FL	A I	CPF	NNF	MAT	A V
Quadrado Médio							
Genótipos(GL=15)	2,66**	69,41**	3,42**	3366,60**	14,95**	47,07**	6,27**
Ambientes(GL=02)	0,66 ^{ns}	557,90**	55,71**	0,99 ^{ns}	69,18**	229,39**	8,84*
G x A (GL =30)	0,40**	14,52**	0,97**	211,28**	1,74**	7,41**	2,02**
Resíduo (GL =90)	0,21	0,70	0,27	28,97	0,25	1,36	0,45
Média	6,79	39,02	8,19	76,01	16,69	69,68	7,94
CV (%)	6,79	2,15	6,35	7,08	3,05	1,67	8,47
Parâmetros genéticos							
var. genotípica	0,27	7,63	0,35	370,84	1,63	5,07	0,64
var. G x A	0,04	3,07	0,15	40,51	0,33	1,34	0,34
var. residual	0,21	0,70	0,27	28,97	0,25	1,36	0,45
R ²	92,02	98,98	92,06	99,13	98,26	97,09	92,76
CVg (%)	7,69	7,08	7,21	25,33	7,65	3,23	10,11
b (CVg/Cve)	1,13	3,29	1,13	3,57	2,50	1,92	1,19

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

* = significativo pelo teste F com 5% de probabilidade

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

DE = dias para emergência; FL = início do florescimento; AI = altura de inserção da 1ª inflorescência; CPF = comprimento da haste no florescimento; NNF = número de nós no florescimento; MAT = início da maturação; AV = altura de inserção da 1ª vagem.

Quadro 26 Resumo das análises de variância e estimação de parâmetros genéticos para caracteres estruturais e de produtividade de grãos de genótipos de feijoeiro-comum nos ambientes combinados, considerando-se a avaliação por parcela.

F V	CPM	NNM	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
				Quadrado Médio			
Genótipos(GL=15)	3327,55**	15,04**	36,79**	2,04**	24,44**	1403736,76**	109,60**
Ambientes(GL=02)	3614,31**	0,01 ^{ns}	20,24*	0,34 ^{ns}	1,27 ^{ns}	142371,01 ^{ns}	83,82**
G x A (GL =30)	331,69	2,65**	5,23**	0,59**	10,17**	545490,19**	8,00**
Resíduo (GL =90)	24,15	0,19	0,71	0,13	0,37	23213,83	0,18
Média	1064,94	19,02	7,57	4,34	6,44	1538,81	19,82
CV (%)	4,59	2,33	11,12	8,40	9,55	9,90	2,14
				Parâmetros genéticos			
var. genotípica	367,04	1,69	4,10	0,21	9,55	153391,44	12,15
var. G x A	68,34	0,52	1,00	0,10	2,67	116061,41	1,73
var. residual	24,15	0,19	0,71	0,13	0,37	23213,83	0,18
R ²	99,27	98,71	98,11	93,45	98,45	98,34	99,83
CVg (%)	17,91	6,83	26,74	10,59	25,38	25,45	17,59
b (CVg/Cve)	3,89	2,92	2,40	1,25	2,65	2,57	8,21

^{ns} = não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F

* = significativo pelo teste F com 5% de probabilidade

** = significativo pelo teste F com 1% de probabilidade

CPM = comprimento da haste na maturação; NNM = número de nós na maturação; VAG = número de vagens por planta; SEM = número de sementes por vagens; PRPL = produtividade em gramas por planta; PROD = produtividade em kg.ha⁻¹ e MCS = peso de 100 sementes

Analisando os Quadros 27, 28 e 29, pode-se observar uma boa concordância na direção das r_P , r_G e r_E para maioria dos pares de caracteres, todavia, para alguns outros, tais como “SEM” x “MCS”; “NNF e NNM” x “PROD”; “MAT” x “AV”, “FL” x “PROD” e “SEM x VAG” observam-se correlações genética (r_G) e de ambiente (r_E) com sinais trocados. Tal discordância, segundo Falconer e Mackay (1996) evidencia que as causas de variação genética e de ambiente influenciaram os caracteres por meio de diferentes mecanismos fisiológicos.

Cruz e Regazzi (1997) comentam que, embora não comum, a correlação genotípica e a fenotípica, para um mesmo par de caracteres, podem apresentar sinais contrários, sendo, em geral, o fato atribuído a erro de amostragem. Comparando os Quadros 27 e 28, observa-se a ocorrência de tal fato para o par de caracteres “NNF” x “SEM”. Os autores esclarecem ainda que valores negativos de r_E evidenciam que o ambiente pode favorecer um caráter em detrimento do outro, como se verifica para os pares de caracteres “VAG” x “SEM”; “VAG” x “MCS”; “MCS” x “PRPL” e “PROD” e valores positivos, que os dois caracteres são beneficiados ou prejudicados com a interação com o ambiente.

A análise dos Quadros 27 e 28 permite também inferir que não existem associações entre os caracteres estruturais “COM” e “NNM” com a produtividade de grãos (PROD), uma vez que as estimativas de r_P e r_G ficaram muito próximas de zero, o mesmo ocorrendo com os pares de caracteres “NNF” x “MCS”; “AI” x “MCS”; “CPF” x “MAT” e “NNM” x “MAT”.

Correlações positivas e elevadas como as observadas entre “PRPL” x “PROD”, número de sementes por vagem (SEM), o número médio de vagens por planta (VAG) com a produtividade de grãos (PROD) (Quadros 27 e 28) indicam que a melhoria em um caráter se reflete de forma positiva no outro, sendo o caráter “VAG”, o componente primário que apresenta a mais alta correlação positiva com a produtividade de grãos (PROD). Tal fato sugere que a seleção para aumento do número de vagem deve contribuir para o incremento na produtividade de grãos.

Estimativas negativas de correlações fenotípica e genotípica para o caráter “MCS” com a produtividade de grãos (PROD) ocorrem devido a compensação entre os componentes do rendimento (Castoldi, 1991), de forma que, aumento na massa de sementes pode acarretar redução no número de sementes por vagem. Resultados de certa forma,

semelhantes a estes, foram obtidos por Ramalho *et al.* (1979), Santos *et al.* (1986) e Pereira Filho *et al.* (1987).

4.2.4 Análise de trilha

O desdobramento dos coeficientes das correlações genotípicas entre as variáveis básicas, número de vagens por planta (VAG), número de sementes por vagens (SEM) e produtividade por planta (PRPL) e as variáveis explicativas (caracteres morfofisiológicos) encontra-se nos Quadros 30, 31 e 32. A influência das variáveis explicativas dias para maturação (MAT) e altura de inserção da primeira vagem (AV) sobre o número de vagens por planta (VAG) e a produtividade por planta (PRPL), expressa pelos coeficientes de trilha (efeitos diretos) de mesmo sinal e magnitude que os apresentados pelos coeficientes de correlação (Quadro 27), indicam essas variáveis como determinantes para o comportamento das variáveis básicas “VAG” e “PRPL”, o mesmo ocorrendo com a variável explicativa comprimento da haste principal na maturação (CPM) em relação à variável básica “VAG”. Constata-se, quando se analisa as correlações “FL” x “VAG” e “FL” x “PRPL”, que o caráter dias para maturação (MAT) tem contribuição indireta relevante sobre estas duas variáveis básicas, devendo, portanto, ser levado em consideração em programas de melhoramento que visem o aumento de produção de grãos.

O coeficiente de correlação foi negativo entre os caracteres “AI” x “VAG” e “NNM” x “VAG”, mas o efeito direto dos coeficientes de trilha, positivo e relativamente elevados, indicam que as variáveis “AI” e “NNM” não devem ser descartadas em programas de melhoramento para incremento à produtividade de grãos via número de vagens por planta (VAG). Os caracteres “CPM” e “AV” apresentaram correlação (negativa) semelhante em sinal e magnitude com seus efeitos diretos sobre o número de vagens por planta (VAG) e a produtividade por planta (PRPL), mostrando relação inversa sobre essas variáveis, fato que pode ser explicado pelo crescimento contínuo da haste principal (cultivares de hábito indeterminado) competir por nutrientes com a formação de vagens. Por outro lado, pressupõe-se que, quanto maior a altura de inserção da primeira vagem menor deverá ser o número de vagens por planta. A situação mais favorável ao melhoramento para a produtividade de grãos, é observada com a variável “MAT”, que apresentou valores relativamente altos e positivos tanto na correlação como no efeito direto.

Quadro 27. Estimativas de correlação fenotípica (r_p) entre caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro - comum avaliados em ambientes conjugados, considerando-se a avaliação por parcela.

Carac.	DE	FL	NNF	CPF	AI	MAT	NNM	CPM	AV	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
DE	1,00	0,17	0,09	-0,03	0,25	0,43	-0,05	-0,22	-0,24	0,17	0,09	0,23	0,23	0,16
FL	-	1,00	0,36	0,00	0,06	0,73	0,21	0,11	-0,42	0,08	0,36	0,14	0,15	-0,05
NNF	-	-	1,00	0,27	-0,34	0,26	0,88	0,29	-0,39	-0,12	0,27	-0,06	-0,05	0,00
CPF	-	-	-	1,00	-0,15	-0,02	0,18	0,86	-0,10	-0,26	-0,18	0,07	0,09	0,66
AI	-	-	-	-	1,00	-0,36	-0,27	-0,05	0,28	-0,01	0,05	0,04	0,02	0,14
MAT	-	-	-	-	-	1,00	0,02	-0,12	-0,65	0,41	0,45	0,50	0,49	-0,12
NNM	-	-	-	-	-	-	1,00	0,35	-0,26	-0,02	0,14	0,02	0,02	-0,07
CPM	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,04	-0,40	-0,06	0,00	0,00	0,69
AV	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,49	-0,27	-0,62	-0,62	0,06
VAG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,44	0,73	0,73	-0,60
SEM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,67	0,67	-0,24
PRPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,99	-0,02
PROD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,03
MCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

DE= dias para emergência; FL=dias para o início do florescimento; NNF= n° de nós na haste principal no florescimento; CPF= comprimento da haste principal no florescimento; AI=altura de inserção da primeira inflorescência; MAT=dias para o início da maturação; NNM= n° de nós na haste principal na maturação; CPM=comprimento da haste principal na maturação; AV=altura de inserção da 1ª vagem; VAG= n° de vagens por planta; SEM = n° de sementes por vagem; PRPL= produtividade por planta em gramas; PROD=produtividade em kg.ha⁻¹; MCS = massa de 100 sementes.

Quadro 28. Estimativas de correlação genotípica (r_G) entre caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro-comum avaliados em ambientes conjugados, considerando-se a avaliação por parcela.

Carac.	DE	FL	NNF	CPF	AI	MAT	NNM	CPM	AV	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
DE	1,00	0,18	0,10	-0,03	0,25	0,44	-0,05	-0,23	-0,25	0,17	0,10	0,23	0,22	0,17
FL	-	1,00	0,37	0,07	0,06	0,74	0,22	0,11	-0,44	0,08	0,38	0,15	0,16	-0,05
NNF	-	-	1,00	0,27	-0,36	0,27	0,89	0,30	-0,42	-0,13	-0,02	-0,06	-0,05	-0,01
CPF	-	-	-	1,00	-0,16	-0,02	0,19	0,87	-0,10	-0,27	-0,19	0,07	0,09	0,66
AI	-	-	-	-	1,00	-0,04	-0,28	-0,05	0,31	-0,02	0,05	0,04	0,02	0,15
MAT	-	-	-	-	-	1,00	0,02	-0,12	-0,68	0,43	0,48	0,51	0,51	-0,12
NNM	-	-	-	-	-	-	1,00	0,35	-0,27	-0,02	0,15	0,02	0,03	-0,08
CPM	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,04	-0,41	-0,07	0,00	0,01	0,69
AV	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,49	-0,33	-0,65	-0,65	-0,06
VAG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,49	0,74	0,74	-0,60
SEM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,69	0,71	-0,25
PRPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	1,00	-0,02
PROD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,03
MCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

DE= dias para emergência; FL=dias para o início do florescimento; NNF= n° de nós na haste principal no florescimento; CPF= comprimento da haste principal no florescimento; AI=altura de inserção da primeira inflorescência; MAT=dias para o início da maturação; NNM= n° de nós na haste principal na maturação; CPM=comprimento da haste principal na maturação; AV=altura de inserção da 1ª vagem; VAG= n° de vagens por planta; SEM = n° de sementes por vagem; PRPL= produtividade por planta em gramas; PROD=produtividade em kg.ha⁻¹; MCS = massa de 100 sementes.

Quadro 29. Estimativas de correlação de ambiente (r_E) entre caracteres estruturais, fisiológicos e de produtividade de grãos para genótipos de feijoeiro-comum avaliados em ambientes conjugados, considerando-se a avaliação por parcela.

Carac.	DE	FL	NNF	CPF	AI	MAT	NNM	CPM	AV	VAG	SEM	PRPL	PROD	MCS
DE	1,00	-0,06	-0,12	-0,04	0,18	0,23	-0,20	0,22	-0,11	0,22	0,03	0,31	0,28	0,05
FL	-	1,00	-0,11	0,01	0,04	0,06	0,09	0,03	-0,01	-0,13	-0,03	-0,15	-0,20	0,03
NNF	-	-	1,00	0,54	-0,08	0,18	0,21	0,14	0,05	-0,04	0,11	0,03	0,11	0,05
CHF	-	-	-	1,00	0,31	0,01	0,32	0,35	0,06	-0,11	0,21	0,01	0,05	0,12
AI	-	-	-	-	1,00	0,15	-0,07	0,07	-0,07	-0,02	0,07	0,13	0,08	0,14
MAT	-	-	-	-	-	1,00	-0,01	0,08	0,01	0,07	0,07	0,09	0,08	-0,01
NNM	-	-	-	-	-	-	1,00	0,51	0,12	-0,15	0,14	-0,07	-0,07	0,07
CHM	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,03	0,02	0,07	0,18	0,16	0,24
AV	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,39	0,41	-0,06	-0,11	0,09
VAG	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,58	0,57	0,49	-0,28
SEM	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,25	0,21	0,10
PRPL	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	0,83	-0,05
PROD	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00	-0,01
MCS	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1,00

DE= dias para emergência; FL=dias para o início do florescimento; NNF= nº de nós na haste principal no florescimento; CPF= comprimento da haste principal no florescimento; AI=altura de inserção da primeira inflorescência; MAT=dias para o início da maturação; NNM= nº de nós na haste principal na maturação; CPM=comprimento da haste principal na maturação; AV=altura de inserção da 1ª vagem; VAG= nº de vagens por planta; SEM = nº de sementes por vagem; PRPL= produtividade por planta em gramas; PROD=produtividade em kg.ha⁻¹; MCS = massa de 100 sementes

Quadro 30. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres “DE”, “FL” e “NNF” do feijoeiro sobre os componentes primários da produção e produtividade de grãos por planta.(PRPL).

Caracteres/ descrição dos efeitos		Variável	Básica	
		VAG	SEM	PRPL
DE:				
Efeito direto				
Efeito indireto	via FL	-0,101	-0,035	-0,049
	via NNF	-0,015	0,001	-0,000
	via CPF	-0,271	0,003	-0,028
	via AI	0,002	0,002	-0,002
	via MAT	0,073	0,066	0,084
	via NNM	0,084	0,021	0,077
	via CPM	-0,024	-0,001	-0,017
	via AV	0,068	-0,010	0,004
Total		0,143	0,073	0,151
FL:				
Efeito direto				
Efeito indireto	via DE	-0,170	0,205	-0,083
	via NNF	-0,008	0,000	0,000
	via NNF	0,089	0,010	0,094
	via CPF	-0,001	0,001	- 0,001
	via AI	-0,178	-0,134	-0,171
	via MAT	0,306	0,077	0,280
	via NNM	0,025	0,001	0,019
	via CPM	-0,122	0,018	-0,007
	via AV	0,044	0,015	0,051
Total		0,021	0,175	0,180
NNF:				
Efeito direto				
Efeito indireto	via DE	-0,385	0,046	-0,407
	via DE	-0,007	-0,002	-0,003
	via FL	0,039	-0,047	0,019
	via CPF	0,046	-0,042	0,041
	via AI	0,100	0,090	0,115
	via MAT	-0,060	-0,015	-0,055
	via NNM	0,215	0,012	0,160
	via CPM	-0,014	0,002	0,000
	via AV	0,124	0,043	0,143
Total		0,058	0,087	0,012

DE=dias para emergência; FL=dias para o início do florescimento; NNF = nº de nós na haste principal no florescimento; CPF = comprimento da haste principal no florescimento; AI=altura de inserção da primeira inflorescência; MAT=dias para o início da maturação; NNM = nº de nós na haste principal na maturação; COM =comprimento da haste principal na maturação; AV=altura de inserção da 1ª vagem; VAG= nº de vagens por planta; SEM = nº de sementes por vagem; PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas;

Quadro 31 Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres “CPF”, “AI” e “MAT” sobre os componentes primários da produção e produtividade de grãos por planta.(PRPL)

Caracteres/ descrição dos efeitos		Variável	Básica	
		VAG	SEM	PRD ¹
CPF:				
Efeito direto		0,162	-0,149	0,145
Efeito indireto	via DE	0,001	0,000	0,000
	via FL	0,002	-0,002	0,000
	via NNF	-0,109	0,013	-0,116
	via AI	-0,011	-0,010	-0,013
	via MAT	0,002	0,000	0,002
	via NNM	0,082	0,004	0,060
	via CPM	-0,335	0,051	-0,020
	via AV	0,023	0,083	0,026
Total		-0,183	-0,084	0,086
AI:				
Efeito direto		0,320	0,289	0,370
Efeito indireto	via DE	-0,023	-0,008	-0,011
	via FL	0,079	-0,954	0,038
	via NNF	-0,120	0,014	-0,127
	via CPF	-0,006	0,005	-0,005
	via MAT	0,171	-0,043	-0,156
	via NNM	-0,033	-0,001	-0,024
	via CPM	0,121	-0,018	0,007
	via AV	0,015	0,005	0,017
Total		0,181	0,148	0,107
MAT:				
Efeito direto				
Efeito indireto	via DE	0,404	0,102	0,369
	via FL	-0,021	-0,007	-0,104
	via NNF	-0,129	0,155	-0,063
	via CPF	0,057	-0,006	0,061
	via AI	0,001	0,000	-0,001
	via NNM	-0,135	-0,122	0,156
	via CPM	-0,060	0,009	-0,003
	via AV	0,078	0,0027	0,090
Total		0,193	-0,006	0,288

DE=dias para emergência; FL=dias para o início do florescimento; NNF = nº de nós na haste principal no florescimento; CPF = comprimento da haste principal no florescimento; AI=altura de inserção da primeira inflorescência; MAT=dias para o início da maturação; NNM = nº de nós na haste principal na maturação; COM =comprimento da haste principal na maturação; AV=altura de inserção da 1ª vagem; VAG = nº de vagens por planta; SEM = nº de sementes por vagem; PRPL = produtividade de grãos por planta em gramas;

Quadro 32. Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos caracteres “NNM”, “CPM” e “AV” do feijoeiro sobre os componentes primários da produção e da produtividade de grãos por planta.(PRPL)

Variável	Variável Básica		
	VAG	SEM	PRD ¹
NNM:			
Efeito direto	0,340	0,019	0,252
Efeito indireto			
via DE	0,007	0,002	0,003
Via FL	-0,012	0,015	0,006
Via NNF	0,244	0,029	0,258
Via CPF	0,039	-0,035	0,034
Via AI	-0,031	-0,028	0,036
Via MAT	-0,001	0,000	0,001
Via CPM	-0,159	0,024	0,009
Via AV	0,056	0,019	0,064
Total	-0,328	0,046	0,043
CPM:			
Efeito direto	-0,405	0,068	-0,027
Efeito indireto			
via DE	0,015	0,005	0,007
Via FL	-0,046	0,055	-0,022
Via NNF	-0,012	0,001	-0,013
Via CPF	0,121	-0,111	0,108
Via AI	-0,086	0,078	-0,099
Via MAT	0,054	0,013	0,049
Via NNM	0,120	0,007	0,089
Via AV	-0,043	-0,015	-0,050
Total	-0,328	-0,052	0,040
AV:			
Efeito direto	-0,434	-0,152	-0,502
Efeito indireto			
via DE	0,017	0,005	0,008
Via FL	0,017	-0,021	0,008
Via NNF	0,109	-0,013	0,116
Via CPF	-0,008	0,007	-0,007
Via AI	-0,011	-0,010	-0,012
Via MAT	-0,073	-0,018	-0,066
Via NNM	-0,044	-0,002	-0,032
Via CPM	-0,045	0,006	-0,002
Total	-0,047	0,136	0,388
Coefficiente de determinação total R ²	0,417	0,136	0,388

DE = dias para emergência; FL=dias para o início do florescimento; NNF = nº de nós na haste principal no florescimento; CPF = comprimento da haste principal no florescimento; AI = altura de inserção da primeira inflorescência; MAT=dias para o início da maturação; NNM = nº de nós na haste principal na maturação; COM =comprimento da haste principal na maturação; AV = altura de inserção da 1ª vagem; VAG = nº de vagens por planta; SEM = nº de sementes por vagem; PRPL= produtividade de grãos por planta em gramas;

A análise do coeficiente de determinação total indica que as variáveis utilizadas explicam em 41,7% o comportamento da variável básica “VAG”. em 38,8% o da “PRPL” e em apenas 13,6% o da “SEM”.

Os componentes primários da produtividade de grãos (“VAG”, “SEM” e “MCS”), se relacionam entre si e esta interação afeta a relação de cada um deles com a produtividade de grãos (Viera da Costa *et al.*, 1997). Por isso, os coeficientes de correlação nem sempre são tão bons indicadores de associação entre a produtividade de grãos e esses caracteres. A análise dos coeficientes de trilha permite, pelo desdobramento de correlações, a separação do efeito direto em relação aos efeitos indiretos desses componentes sobre a produtividade de grãos (PROD).

Os resultados das estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes primários da produção e da produtividade de grãos por planta (PRPL) sobre a produtividade de grãos por área (PROD), se encontram no Quadro 33. Observa-se que, com exceção da variável explicativa “MCS”, todas as demais são determinantes para o comportamento da variável básica (PROD) por apresentarem coeficientes de análise de trilha (efeitos diretos) de mesmo sinal e magnitude que os apresentados pelos coeficientes de correlação fenotípica (Quadro 27).

A produtividade de grãos por planta (PRPL) é o caráter mais importante para a produtividade de grãos por área (PROD) por apresentar valores altos e positivos na correlação, no efeito direto e nos indiretos, exceto para a variável “MCS”, fato que deve ser levado em consideração na recomendação de densidade de semeadura para a cultura, uma vez que, altas densidades, por efeito de competição entre plantas, podem comprometer significativamente a produção por unidade de área.

Dos componentes primários da produção o número de vagens por planta (VAG) é o que exerce maior efeito direto na produção de grãos, em função da maior magnitude do seu coeficiente de análise de trilha. Embora a variável “MCS” apresente efeito direto positivo sobre a “PROD”, a magnitude do seu coeficiente de trilha é relativamente baixa, a sua correlação com a variável básica é negativa (Quadro 27.) Tais fatos sugerem que, embora esta variável não seja importante, diretamente, nos trabalhos de melhoramento visando o aumento de produtividade de grãos a mesma não deve ser descartada

Quadro 33 Estimativas dos efeitos diretos e indiretos dos componentes primários da produção e da produtividade de grãos por planta (PRPL) na produtividade de grãos (PROD) do feijoeiro.

		Estimativas			Estimador
		direta	indireta	total	
PRPL					
Efeito direto		0,874	-	0,874	\hat{P}_{01}
Efeito indireto	Via VAG	-	0,074	0,074	$\hat{P}_{02} r_{12}$
	Via SEM	-	0,033	0,033	$\hat{P}_{03} r_{13}$
	Via MCS	-	0,004	0,004	$\hat{P}_{04} r_{14}$
Total		0,874	0,111	0,985	r_{01}
VAG					
Efeito direto		0,099	-	0,099	\hat{P}_{02}
Efeito indireto	Via PRPL	-	0,656	0,656	$\hat{P}_{01} r_{12}$
	Via SEM	-	0,017	0,017	$\hat{P}_{03} r_{23}$
	Via MCS	-	-0,018	0,018	$\hat{P}_{04} r_{24}$
Total		0,099	0,655	0,754	r_{02}
SEM					
Efeito direto		0,051	-	0,051	\hat{P}_{03}
Efeito indireto	Via PRPL	-	0,566	0,566	$\hat{P}_{01} r_{13}$
	Via VAG	-	0,034	0,034	$\hat{P}_{02} r_{23}$
	Via MCS	-	-0,004	-0,004	$\hat{P}_{04} r_{34}$
Total	-	0,051	0,596	0,647	r_{03}
MCS					
Efeito direto	-	0,042	-	0,042	\hat{P}_{04}
Efeito indireto	Via PRPL	-	0,049	0,049	$\hat{P}_{04} r_{14}$
	Via VAG	-	-0,005	-0,005	$\hat{P}_{02} r_{24}$
	Via SEM	-	-0,097	-0,097	$\hat{P}_{03} r_{34}$
Total	-	0,042	0,049	0,091	r_{04}
R ²	-	-	-	0,975	-

PRPL = produtividade por planta; VAG = número de vagens por planta; SEM = número de sementes por vagem; MCS = massa de 100 sementes. \hat{P}_{0j} = efeito direto de cada um dos quatro caracteres explicativos (j) sobre a variável básica. r_{yj} = coeficiente de correlação genotípica entre os caracteres explicativos.

O coeficiente de determinação total (R^2) de 97,50% indica que as variáveis utilizadas explicam satisfatoriamente o comportamento da variável “PROD”, aqui considerada como variável básica. Os coeficientes de correlação entre as estimativas dos parâmetros, obtidas para todos os caracteres nos ambientes diferentes e combinados, foram positivos, de magnitude elevada e altamente significativos, demonstrando, desta forma, não terem as mesmas sido influenciadas pelos diferentes ambientes (Quadro 28).

Quadro 34 Coeficientes de correlação de Spearman entre as estimativas dos parâmetros obtidos para todos os caracteres nos diferentes ambientes

Parâmetros	h^2_a (B)	h^2_a (C)	h^2_a (D)	Parâmetros	CVg (B)	CVg (C)	CVg (D)	Parâmetros	Cve (B)	Cve ©	Cve (D)
h^2_a (A)	0,66**	0,63*	0,90**	CVg (A)	0,95**	0,97**	0,94**	Cve (A)	0,82**	0,69**	0,91**
h^2_a (B)	-	0,75**	0,64**	CVg (B)	-	0,97**	0,98**	Cve (B)	-	0,84**	0,97**
h^2_a (C)	-	-	0,75**	CVg (C)	-	-	0,97**	Cve (C)	-	-	0,82**

h^2_a = herdabilidade no sentido amplo

CVg = coeficiente de variação genética

Cve = coeficiente de variação experimental

** = significativo pelo teste t a 1% de probabilidade

* = significativo pelo teste t a 5% de probabilidade

(A) = ambiente experimental A

(B) = ambiente experimental B

(C) = ambiente experimental C

(D) = ambientes conjugados

Parâmetros	b (B)	b (C)	b (D)	Parâmetros	σ^2_G (B)	σ^2_G (C)	σ^2_G (D)	Parâmetros	\bar{X} (B)	\bar{X} (C)	\bar{X} (D)
b (A)	0,88**	0,74**	0,94**	σ^2_G (A)	1,00**	1,00**	1,00**	\bar{X} (A)	0,99**	0,99**	1,00**
b (B)	-	0,88**	0,98**	σ^2_G (B)	-	1,00**	1,00**	\bar{X} (B)	-	1,00**	1,00**
b (C)	-	-	0,85**	σ^2_G (C)	-	-	1,00**	\bar{X} (C)	-	-	0,99**

b = razão CVg/Cve

σ^2_G = variância genética média

\bar{X} = media de produtividade de grãos (kg.ha⁻¹).

** = significativo pelo teste t a 1% de probabilidade.

(A) = ambiente experimental A

(B) = ambiente experimental B

(C) = ambiente experimental C

(D) = ambiente combinados

5 CONCLUSÕES

Os resultados do presente trabalho permitem concluir que:

- a) As populações em estudo possuem ampla variabilidade genética para todos os caracteres avaliados;
- b) A população é promissora para seleção ao comprimento da haste principal (CPF e CPM) mas evidencia dificuldades na seleção para precocidade ou maturação tardia;
- c) As estimativas dos parâmetros genéticos e fenotípicos não diferiram quando consideraram-se os ambientes separados e combinados;
- d) A avaliação por parcela controlou melhor a variância residual sendo mais precisa do que a avaliação individual por planta;
- e) Dias para maturação (MAT) e altura de vagem (AV) são caracteres morfofisiológicos com contribuição indireta relevante na produtividade de grãos;
- f) Dos componentes primários da produção o número de vagens por planta (VAG) foi o que melhor se correlacionou com a produtividade de grãos (PROD). A massa de 100 sementes (MCS) correlacionou-se negativamente com a produtividade de grãos;
- g) Os genótipos Diamante Negro e CNF 4996 BAT 477 são mais precoces enquanto que o Pérola e o Rudá, mais tardios, em todos os ambientes experimentais;
- h) Os genótipos EMGOPA 201 Ouro, Aporé, Xamego e Rudá possuem potencial para serem empregados nos programas de melhoramento para incremento à produção de grãos por terem sido os mais produtivos nos três ambientes estudados. O CNF 4129 A 54 e o CNF7135 Bambui foram os que apresentaram menores produtividades de grãos.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRIANUAL 2001: Anuário da Agricultura Brasileira. **Feijão**. São Paulo: FNP Consultoria & Comércio: Argos Comunicação, {2000?}. 545 p. p. 329-336.

AGUIAR, A. M.; RAMALHO, M. A. P.; MARQUES JÚNIOR, O. Controle genético do Stay Green no feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 47, n. 20, p. 155-167, 2000.

CASTOLDI, F. L. **Análises das interpretações entre rendimentos e diversas características agronômicas do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa: UFV, 1991. 73 p. (Tese de Mestrado)

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT. **Condiciones de campo para realizar evaluaciones del germoplasma de frijol**. Cali, Colômbia, 1976. 11 p.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT. **Annual Report 1978**. Cali, Colômbia, p. F1-F10, 1979.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT. Genetic resources unit internal. **Annual Report 1982**. Cali, Colômbia, p. 5-17, 1983.

CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT. **Annual Report 1986**. Cali, Colômbia, 1987. 341 p.

COELHO, A. D. F.; CARDOSO, A. A.; ANDRADE ARAUJO, G. A.; FURTADO, M. R.; AMARAL, C. L. F. Herdabilidades e correlações da produção do feijão e dos seus componentes primários nas épocas de cultivo da primavera-verão e do verão-outone. **Ciência Rural**, santa Maria, v. 32, n. 2, p. 211-216, 2002.

COIMBRA, J. L. M.; GUIDOLIN, A. F.; CARVALHO, F. I. F. de.; DUARTE, I. A. Análise quantitativa de parâmetros genéticos e fenotípicos em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Pesq. Agropecuária Gaúcha**, v. 4, n. 2, p. 163-171, 1998.

COSTA, J. G. C. da.; ZIMMERMANN, M. J. de O. Melhoramento Genético. *In:* ZIMMERMANN, M. J. de O; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro**. Fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1988. p. 229-245.

CRUZ, C. D. **Programa GENES: versão Windows** Aplicativo computacional em genética. e estatística. Viçosa: Editora UFV, 2001. 648p.

CRUZ, J. L.; RAMALHO, M. A. P.; MARTINS, L. A.; PELACANI, C. R. Relação entre rendimento, componentes primários de rendimento e parâmetros de enchimento de grãos de feijoeiro. **Rev. Brasileira de Fisiologia Vegetal**, São Carlos, v. 5, n. 2, p. 159-162, 1993.

CRUZ, C. D; REGAZZI, A. J. **Modelos biométricos aplicados no melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. 390 p.

DEBOUCK, D. G. e TOHME, J. Implications for bean breeders of studies on the origin of common beans, *Phaseolus vulgaris* L. *In:* CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT (Cali, Colômbia). **Current Topics in Breeding of the Common Bean**. Cali, Colômbia: CIAT, 1989. p. 3-47.

DICKSON, M. K. e BOETTERGER, M. A. Effect of high and low temperaturas on pollen germination and seed set in snap beans. **J. Am. Soc. Hort. Sci.** v. 109, p. 372-374, 1984.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. UEPAE. **Cultura do feijão**. Dourados, 1990. 102 p. (EMBRAPA-UEPAE. Circular Técnica, 17).

ESTADO DE MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Planejamento e Coordenação Geral. **Atlas Multirreferencial**. Campo Grande. 1990. 28 p.

FALCONER, D. S. **Introdução à Genética Quantitativa**. Trad. SILVA, M. A. de e SILVA, J. C. Viçosa: Imprensa Universitária Federal de Viçosa, 1987. 279 p.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. England: Longman, 1996. 463 p.

FEHR, W.R. **Principles of cultivars development**. New York: MACmillan, 1987. 536p.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LÓPES, M. Etapas de desarrollo em la planta de frijol. *In:* LÓPES, M.; FERNÁNDEZ, F.; SCHOONHOVEN, A. van (eds). **Frijol: Investigacion y produccion**. Cali: CIAT, 1985. p. 61-78.

FISHER, R. A. The correlations between relatives on the supposition of mendelian inheritance. **Transition of Royal Society of Edinburg**, v. 52, p. 399-433, 1918.

FONSECA, T. C. **Estimação de parâmetros visando à seleção de híbridos artificiais de amoreira (*Morus alba*, L.)** Piracicaba, ESALQ/USP. 1978. 51p. (Tese de Mestrado).

FURTADO, R. M.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A.; COELHO, A. D. F.; PETTERNELLI, L. A. Análise de trilha do rendimento do feijoeiro e seus componentes primários em monocultivo e em consórcio com a cultura de milho. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 32, n.2, p.217-220, 2002.

GRAVOIS, K. A. e HELMS, R. S. Path analysys of rice yield and yield components as affected by seeding rate. **Agronomy Journal**, v. 84, p. 1-4, 1992.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses. **Genetics**, v. 39, p. 789-809, 1954.

HAYMAN, B. I. The theory and analysis of diallel crosses II. **Genetics**, v. 43, p. 63-85, 1958.

HEINS, D. C. **Quantitative Genetics**. <http://www.tulane.edu/~guill/quantitative-genetics.html>. 2000. Consultado em 25.02.01.

HIDALGO, R. Ciat's world. *In*: SCHOONHOVEN, A van e VOYSEST, D. (eds). **Common beans: Research for crop improvement**. Cali: C.A B. & CIAT, 1991. p. 163-191.

HIDALGO, R.; SONG, L.; GEPTS, P. **Diversidad genética de las espécies cultivadas del genero *Phaseolus***: guia de estudio. Cali, Colombia: CIAT, 1980. 52 p.

HOSTALÁCIO, S. e VALIO, I. F. M. Desenvolvimento de plantas de feijão cv. Goiano Precoce, em diferentes regime de irrigação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 19, p. 211-218, 1984.

HOWES, C. Guidelines for developing descriptor lists. **Plant Genetic Resources**. Newsletter, n. 45, p. 26-32, 1981.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro, 1991. v. 51, 1024 p.

IBPGR. (Internacional Board for Plant Genetic Resources). **Descriptors for *Phaseolus vulgaris* L.** Rome, Italy: IBPGR Secretarial, 1982. 32 p.

JINKS, J. L. e HAYAMAN, B. I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genet. Coop Newsl.** v. 27, p. 48-54, 1953.

JONES, R. M. Analysis of variance of the half diallel table. **Heredity**, v. 20, p. 117-121, 1965.

LI, C. C. **Populations genetics**. Chicago, The University of Chicago Press, 1955, p.144-185.

LI, C. C. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. **Biometrics**, v. 12, p. 190-210, 1956.

LI, C.C. **Path analysis – a primer**. California, Boxwood Press, 1975. 347 p.

MARTINS, L. A.; SOUZA, F. F. de S.; RAMALHO, A. P. R. ; ABREU, A. de F. B. Variabilidade da taxa do período de acúmulo de matéria seca nos grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, Lavras, v. 18, p. 165-170, 1994.

MATHER, K. e JINKS, J. L. **Biometrical genetics: the study of continuous variation**. Bed. London: Chapman and Hall, 1982. 396 p.

MATHER, K. e JINKS, J. L. **Introdução à genética biométrica**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1984. 242 p.

NUNES, R. P. **Métodos para a Pesquisa Agrônômica**. Fortaleza: Centro de Ciências Agrárias-UFC, 1998. 564 p.

PARODI, P.; PATTERSON, F. L.; NYQUIST, W. E. Interrelaciones entre los componentes principales y secundários de rendimento em trigo (*Triticum aestivum* L.) **Fitotecnia Latinoamericano**, v.7, p. 1-15, 1970.

PEREIRA FILHO, I. A.; RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, S. Avaliação de progênies de feijão e estimativas de parâmetros genéticos na região do Alto São Francisco em Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v. 22, ns. 9/10, p.987-993, 1987.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 13 ed. Piracicaba: Nobel, 1990. 468 p.

PINHO, R. G. von; RAMALHO, M. A. P.; GUEDES, G. A. Controle genético de tolerância ao feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) à baixas temperaturas na fase de germinação e emergência. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 15, n. 2, p. 412-419, 1991.

PORTES, T. de A. Ecofisiologia do feijoeiro. *In*: ZIMMERMANN, M. J. de O; ROCHA, M.; YAMADA, T. (eds). **Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, p. 1988. p. 125-174.

PORTES, T. de A. Ecofisiologia. *In*: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F. e ZIMMERMANN, M. J. de O. (eds). **Cultura do feijoeiro-comum no Brasil**, Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 101-137.

QUEROL, D. **Recursos genéticos, nosso tesouro esquecido: abordagem sócio econômica**. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 206 p.

RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijoeiro. *In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS*, 1997, Lavras, MG. **Anais ...** Lavras: UFLA, 1997. p. 169-196.

RAMALHO, M. A. P.; FERREIRA, D. F.; OLIVEIRA, A. C. de. **Experimentação em genética e melhoramento de plantas**. Lavras: UFLA, 2000b. 326 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; PINTO, C. A. B. P. **Genética na Agropecuária**. 7ª ed. São Paulo: Editora Globo, 2000a. 359 p.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; SANTA CECÍLIA, F. C. Seleção de progênies no feijão “Pintado” e estimativas de parâmetros genéticos e fenotípicos. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 3, n. 1, p. 51-57, 1979.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos; ZIMMERMANN, M. J. de O. **Genética quantitativa em plantas autógamias**: aplicação ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia: UFG, 1993. 271 p.

SANTOS, J. B. dos e GAVILANES, M. L. Botânica. *In: VIEIRA, E.; PAULA, T. J. de; BORÉM, A. (eds). Feijão: Aspectos gerais e cultura no Estado de Minas Gerais*. Viçosa: Editora UFV, 1997. p. 55-81.

SANTOS, J. B. dos e VENCOVSKY, R. Controle genético do início do florescimento em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 7, p. 841-845, 1985.

SANTOS, J. B. e VENCOSVSKY, R. Correlações fenotípicas e genética entre alguns caracteres agrônômicos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) **Ciência e Prática**, Lavras, v. 10, n. 3, p. 265-272, 1986a

SANTOS, J. B. dos e VENCOVSKY, R. Controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 21, n. 9, p. 957-963, 1986b

SANTOS, J. B. dos; VENCOSVSKY, R.; RAMALHO, M. A. P. Controle genético da produção de grãos e seus componentes primários em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 10, p. 1203-1211, 1985.

SANTOS, P. C. dos; CARDOSO, A. A.; VIEIRA, C.; SILVA, J. C. Herdabilidade e correlações do rendimento em dois cruzamentos de feijão. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 33, n. 189, p. 404-412, 1986.

SCHUSTER, I. **Correlações, coeficientes de trilha, composição de gluteínas e qualidade do trigo para panificação**. Viçosa: UFV, 1996. 98p.

SILVA, H. T. da. **Caracterização morfológica, agronômica e fenológica de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) comumente plantados em diversas regiões do Brasil.** Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1981. 51 p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica 15).

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. de F. B. Estimativa do número de genes envolvidos no controle da floração do feijoeiro usando a metodologia de JUNKS & TOWEY. **Ciência e Prática**, Lavras, v. 19, n. 3, p. 335-338, 1995.

UFV UNIVERSIDADE FEDERAL DE VIÇOSA. **SAEG – versão 5.0 – Software de sistema para análises.** Desenvolvido pelo prof. Ricardo F. Euclides e a Fundação Arthur Bernardes. UFRV. Viçosa, MG, 1992.

VASCONCELOS, M. E. da e ABREU, C. P. de. Emprego do coeficiente de caminhamento em clones de seringueira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 18, n. 7, p. 779-787, 1983.

VENCOVSKY, R. Genética Quantitativa. *In*: KERR, W. E. (org). **Melhoramento e Genética.** São Paulo: Melhoramento, 1969. p. 17-38.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. *In*: PATTERNIANI, E. (coord). **Melhoramento e Produção do milho no Brasil.** Piracicaba: Marprint, 1978. p. 122-201.

VENCOVSKY, R. Herança quantitativa. *In*: PATTERNIANI, E. (coord). **Melhoramento e produção de milho no Brasil.** Campinas: Fundação Cargil, 1980. p. 112-199.

VENCOVSKY, R. e BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento.** Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VIEIRA, C. **O feijoeiro-comum, cultura, doença e melhoramento.** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1967. 229 p.

VIEIRA, C. **Cultura do feijão.** 2ª ed. Viçosa: UFV, Imprensa Universitária, 1983. 146 p.

VIEIRA, C.; BORÉM, A.; RAMALHO, M. A. P. Melhoramento do feijão. *In*: BORÉM, A. (eds). **Melhoramento das plantas cultivadas.** Viçosa: UFV, 1999. p. 273-349.

VIEIRA COSTA da, A. S.; VIEIRA, C.; CRUZ, C. D.; CARDOSO, A. A.; Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em dez ambientes compreendendo sistemas de produção. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 44, n. 256, p. 676-700, 1997.

VILHORDO, B. W. e MULLER, L. **Correlação entre caracterização botânica e classificação comercial em cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).** Porto Alegre, Instituto de Pesquisas Agronômicas, 1981, 62 p. (IPAGRO Boletim Técnico 8).

VILLHORDO, B. W.; MULLER, L.; EWALD, L. F.; LEÃO, M. L. Hábito de crescimento em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Agronomia Sul riograndense**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 69-78, 1980.

VOYSEST, O. Mejoramiento del frijol por introduccion e selección. *In*: CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL-CIAT (org). **Investigacion e Produccion**. Cali: CIAT, 1985. p. 89-107.

VOYSEST, O. E DESSERT, M. Bean cultivars: classes and commercial seed types. *In*: SCHOONHOVEN, A. van e VOYSEST, O. (eds). **Common beans. Research for crop improvement**. Cali: C.A.B. International, CIAT, 1993. p. 119-162.

ZIMMERMANN, M. J. de O; CARNEIRO, J. E. S.; DEL PELOSO, M. J.; COSTA, J. G.; RAVA, C. A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P. A. A. Melhoramento genético e cultivares. *In*: ARAUJO, R. S.; RAVA, C. A.; STONE, L. F.; ZIMMERMANN, M. J. de O. (eds). **A cultura do feijoeiro-comum no Brasil**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1996. p. 223-262.

WRIGHT, S. Correlation and causation. **Journal of Agricultural Research**, v.20, p. 557-585, 1921.

