



**SCHEILA ROBERTA GUILHERME**

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ASSOCIADOS AO ENCHIMENTO DE  
GRÃOS EM FEIJÃO**

**LAVRAS – MG  
2018**

**SCHEILA ROBERTA GUILHERME**

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ASSOCIADOS AO ENCHIMENTO DE  
GRÃOS EM FEIJÃO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e melhoramento de plantas, área de concentração em Produção de espécies de importância na região, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Magno Antonio Patto Ramalho

Coorientadora

Dra. Ângela de Fátima Barbosa Abreu

**LAVRAS – MG  
2018**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo (a) próprio (a) autor (a).**

Guilherme, Scheila Roberta.

Controle genético de caracteres associados ao enchimento de grãos em feijão. : Controle genético do feijoeiro. / Scheila Roberta Guilherme. - 2018.

68 p. : il.

Orientador(a): Magno Antonio Patto Ramalho.

Coorientador(a): Ângela de Fátima Barbosa Abreu.

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Lavras, 2018.

Bibliografia.

1. *Paseolus vulgaris*. 2. Melhoramento genético. 3. fisiologia da produção. I. Ramalho, Magno Antonio Patto. II. Abreu, Ângela de Fátima Barbosa. III. Título.

**SCHEILA ROBERTA GUILHERME**

**CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERES ASSOCIADOS AO ENCHIMENTO DE  
GRÃOS EM FEIJÃO  
GENETIC CONTROL FOR TRAITS ASSOCIATED TO FILLING GRAINS IN  
COMMON BEANS**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e melhoramento de plantas, área de concentração em Produção de espécies de importância na região, para a obtenção do título de Doutor

APROVADA em 17 de janeiro de 2018

Dra. Flávia Barbosa da Silva Botelho UFLA

Dr. Silvino Guimarães Moreira UFLA

Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa UFLA

Dr. José Eustáquio de Souza Carneiro UFV

Magno Antonio Patto Ramalho  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2018**

A meus pais Rogério Carlos Guilherme e  
Maria Terezinha G. Guilherme, pela  
dedicação, pelo exemplo, pela firmeza de  
caráter, pelo carinho, amor, dedicação,  
pelos ensinamentos de vida, e honestidade.

*Dedico...*

## AGRADECIMENTOS

A Deus e Nossa Senhora por me guiar, iluminar e me dar tranquilidade para seguir em frente com os meus objetivos e não desanimar com as dificuldades.

Aos meus pais, Rogério e Maria Terezinha por todo o amor, compreensão, apoio e por sempre se fazerem presentes na minha vida.

As minhas irmãs, Mônica, Priscila e Ana Carolina por todo cuidado e carinho, pela força e orações. Amo vocês.

Ao meu amor e melhor amigo Everton Vinicius Zambiazzi, por me entender, por me ajudar, por me dar força, por me acalmar quando muitas vezes o desespero falou mais alto, se não fosse você meu amor, sem o teu apoio, sem a tua presença ao meu lado, eu não conseguiria.

Ao Professor Magno Antonio Patto Ramalho, pela orientação, paciência, disponibilidade, amizade, conselhos e exemplo de profissional; foi um grande privilégio tê-lo como orientador.

A Ângela pela co-orientação, pela amizade e companheirismo, pela ajuda incansável em todos os momentos que precisei. Pela paciência e mansidão com que acalmou minha correria frente a tantas dificuldades encontradas.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, pela contribuição para minha formação.

A Professora Flávia Barbosa Silva Botelho e Professor Adriano Teodoro Bruzi pela amizade e companheirismo, pelo exemplo de pessoa e profissional, e principalmente por ter acreditado em mim.

As minhas amigas e irmãs de coração Bruna, Cinthia, Lala, Jéssica, Narjara e Marcela que, desde o início, sempre me deram seu carinho, sua atenção e amizade; principalmente nos momentos mais difíceis, sempre estiveram ao meu lado, me ajudando em tudo.

Aos amigos do GEN, pela amizade e companheirismo, e principalmente por toda ajuda durante o todo tempo.

Aos amigos do feijão, pela ajuda incansável, e por momentos mais que agradáveis durante a condução dos experimentos, em especial ao Reberth, pela incansável ajuda na condução do trabalho de tese.

Aos funcionários do DBI Zélia, Rafaela e D. Iron e do Programa de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas Lilian pela amizade, prazerosa convivência e disposição sempre oferecidas.

Aos funcionários de campo, Leo e Lindolfo, pela ajuda e disposição na condução dos experimentos.

À FAPEMIG, pelo financiamento para a realização deste trabalho, e pela concessão da bolsa de doutorado sanduíche.

A Iowa State University, e todos os queridos amigos, Gabriel, Henrique, Jofran, Conceição e Laurinha, Anderson e Grazielle, Arthur e Joana, pela amizade, carinho e convivência maravilhosa.

A todos que de alguma forma contribuíram para que eu concluísse mais esse sonho.

Muito Obrigada!

“Tudo posso Naquele que me fortalece...”

Filipenses 4:13

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Identificação e principais características dos genitores utilizados durante a realização dos experimentos em que se avaliou os caracteres associados ao florescimento e enchimento de grãos no feijão..... 19
- Tabela 2 - Análise de variância da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para o florescimento (NDF - dias), número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias), taxa de enchimento de grãos (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> x10<sup>3</sup>) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela). Dados obtidos na avaliação das três gerações de um cruzamento dialélico..... 26
- Tabela 3- Médias dos pais e híbridos para os caracteres: número de dias para o florescimento (NDF - dias), número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) (g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x103) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela). Dados obtidos nas avaliações das três gerações do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG..... 26
- Tabela 4- Médias para os caracteres: número de dias para o florescimento (NDF - dias) (acima da diagonal) e número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias) (abaixo da diagonal). Dados obtidos nas avaliações das três gerações do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG..... 27
- Tabela 5- Médias para o caráter taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x103) (acima da diagonal) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela) (abaixo da diagonal). Dados obtidos nas avaliações das três gerações do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG..... 28
- Tabela 6- Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para o Florescimento (NDF). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG. .... 29
- Tabela 7- Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG..... 30
- Tabela 8 - Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para taxa de enchimento de grãos (TAXA). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG..... 31

Tabela 9 - Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para a produtividade de grãos (PROD). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG.....32

Tabela 10 - Estimativas da correlação para o número de dias para o florescimento (NDF) e para a maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) e produtividade de grãos (PROD) na média dos híbridos e genitores. .... 33

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	7
2	REFERENCIAL TEÓRICO .....	9
2.1	A cultura do Feijão no Brasil.....	9
2.2	Época de semeadura.....	9
2.3	Estádios Fenológicos do feijoeiro.....	10
2.1	Biologia floral e formação dos frutos de feijão .....	13
2.2	Acúmulo de matéria seca e período de enchimento dos grãos.....	15
2.3	Obtenção de informações a respeito do controle genético dos caracteres .....	16
3	MATERIAL E MÉTODOS .....	18
3.1	Local.....	18
3.2	Genitores.....	19
3.4	Variáveis analisadas.....	20
4	RESULTADOS .....	23
5	DISCUSSÃO.....	33
6	CONCLUSÕES.....	41
	REFERÊNCIAS.....	42

## RESUMO

Um dos desafios dos melhoristas de feijão é, sem alterar o ciclo da planta, obter linhagens que possuam a maior duração possível do período de acúmulo de matéria seca nos grãos (NDMF) associado a uma grande taxa diária de matéria seca (TAXA). A principal alternativa é obter linhagens com o menor número de dias para o florescimento (NDF). Objetivou-se com esse trabalho obter informações a respeito do controle genético da duração do período de acúmulo de matéria seca e da taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos de feijão; verificar se é possível selecionar linhagens que floresçam precocemente, porém que apresentem maior período de efetivo enchimento de grãos e mostrar se é viável usar esses caracteres como estratégia para a seleção indireta visando a produtividade. Para isso foi realizado na Universidade Federal de Lavras um dialelo de dez genitores envolvendo linhagens de florescimento precoce e tardio, diferindo no tamanho dos grãos e pertencentes a dois pools gênicos, Andino e Mesoamericano. Das 45 combinações híbridas possíveis, foram obtidas 39. Esses híbridos juntamente com os genitores foram avaliados a partir da geração F<sub>2</sub>, no delineamento de blocos casualizados em três safras. Na primeira a semeadura em novembro de 2014 com três repetições; a segunda em fevereiro de 2015 e a terceira em julho de 2015. As duas últimas com quatro repetições. Os caracteres avaliados foram a data do início do florescimento; Matéria seca dos grãos (MSG). Ela foi obtida a partir de sete dias após a data do florescimento e posteriormente a intervalos de cinco dias até a colheita e a produtividade de grãos (PROD). A partir dos dados da MSG foi ajustada uma equação de regressão quadrática entre a variável independente X, número de dias da amostragem e a variável dependente Y, matéria seca por grão. Com essa equação foi estimado o ponto de máximo. A partir dessa estimativa foi obtido o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF). Para estimar a taxa de acúmulo de matéria seca foi obtido uma equação linear entre a variável independente X, data até a maturidade fisiológica e a variável dependente Y, matéria seca. A partir das estimativas de NDF, NDMF, TAXA e PROD foram realizadas as análises de variância e as análises dialélicas segundo o modelo II de Griffing (1956). Constatou-se que: Para todos os caracteres avaliados foi encontrado variabilidade; Para o NDF, NDMF e a TAXA a capacidade geral de combinação explicou a maior parte da variação. Já a PROD tanto a CGC como a CEC foram importantes. Para esse caráter a heterose foi relativamente expressiva, porém na média geral é negativa, pois muitas combinações híbridas envolveram genitores de pool gênico Andino x Mesoamericano; Nenhuma das populações segregantes avaliadas mostrou ser viável a obtenção de novas linhagens que sejam precoces para o florescimento, com período mais longo de acúmulo de matéria seca nos grãos e alta TAXA.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris*; Melhoramento vegetal; Genética Quantitativa; Fisiologia da produção de grãos.

## ABSTRACT

One of bean breeders's challenge is to obtain a line with the dry grain period possible associated with a high daily dry matter rate (RATE), without changing the plant cycle. the main alternative is to obtain lines with the lowest number of days to flowering (NDF). The objective of this research was to provide information of the dry grain period and the dry matter accumulation rate genetic control; to verify if it is possible to select lines with early flowering, but with a longer period of effective grain filling, and show if it is feasible to use these traits as a strategy for an indirect selection aiming grain yield. For this, a diallel of ten parents involving early and late flowering lines, differing in grain size and belonging to two gene pools, Andean and Mesoamerican, was conducted at the Federal University of Lavras. Of the 45 possible hybrid combinations, 39 hybrid combinations were obtained. These hybrids with the parents were evaluated from the F<sub>2</sub> generation, in the randomized block design in three harvests. The first sowing was in November 2014 with three replicates. The second one in February 2015 and the third one in July 2015, the latter two with four replicates. The evaluated characters were three: the date of beginning of flowering; Dry matter of the grains (MSG) and Grain yield (YIELD). MSG was obtained seven days after the date of flowering and subsequently every five days until harvest. From the MSG data, a quadratic regression equation was fitted between the independent variable X, number of days of sampling and the dependent variable Y, dry matter per grain. With this equation, the maximum point was estimated. From this estimate the number of days for physiological maturity (NDFM) was obtained. To estimate the dry matter accumulation rate, a linear equation was obtained between the independent variable X, date until the physiological maturity and the dependent variable Y, dry matter. From the NDF, NDFM, RATE and YIELD estimates, analyzes of variance and diallel analyzes according to Griffing's model II (1956) were performed. It was verified that: for all evaluated characters variability was found; for NDF, NDFM and RATE the overall combining ability explained most of the variation. In grain yield, both CGC and CEC were important. For this character, the heterosis was high, but in the general average it is negative, since many hybrid combinations involved parents of Andino x Mesoamerican gene pool; None of the segregating populations evaluated showed that it is feasible to obtain new lines that are early flowering, with a longer period of accumulation of dry matter in the grains and high RATE.

Keywords: *Phaseolus vulgaris*; Plant breeding; Quantitative Genetics; Physiology of grain production.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do feijoeiro apresenta um ciclo de cultivo, em comparação com outras espécies, bem curto. Da sementeira a colheita, o ciclo dificilmente ultrapassa dos 80-90 dias, para as cultivares atuais. Contudo, ainda existem algumas tentativas de reduzir esse ciclo ainda mais, sobretudo para que a cultura possa ter mais flexibilidade para participar em sistemas de sucessão com outras espécies, especialmente em áreas irrigadas.

O incremento na produtividade por área é o objetivo prioritário de qualquer programa de melhoramento. Esse caráter certamente depende de praticamente todos os genes da planta. Todavia, existem alguns genes/alelos que estão mais diretamente relacionados à produtividade. São os genes/alelos envolvidos na manifestação dos componentes primários da produção. No caso do feijoeiro, por exemplo, são o número de vagens/planta, o número de sementes/vagem e o peso de 100 grãos (COSTA; ZIMMERMANN, 1988; ZILIO et al., 2011; LIMA; RAMALHO, 2016). Desses caracteres, o peso de 100 grãos está diretamente associado ao acúmulo de matéria seca durante o período de enchimento de grãos. Esse período tem três etapas, uma fase inicial, denominada de *lag*, de aumento do número de células. Uma segunda fase que é o período linear do máximo acúmulo de matéria seca e um terceiro que é a perda de água. A fase com maior reflexo na produtividade de grãos é a segunda, ou seja, a fase linear. Qualquer incremento no número de dias nessa fase evidentemente deverá ter reflexo expressivo na produtividade de grãos final.

No caso específico do feijoeiro, alguns trabalhos já foram realizados visando o entendimento de como ocorre o acúmulo de matéria seca nos grãos (CRUZ et al. 1993; ANDRADE et al. 2009; TAIZ; ZEIGER, 2013). Contudo, nesses trabalhos não foram obtidas informações detalhadas a respeito da variabilidade dos caracteres associados à taxa de enchimento de grãos, e sobretudo do controle genético e de uma possível associação entre eles e a produtividade de grãos. Gasura et al. (2013) mostraram que, em milho, a taxa de enchimento dos grãos e a duração da fase linear possuem alto coeficiente de determinação genética e são positivamente associados com a produtividade e com pequena interação com o ambiente. Em trigo, Aude et al. (1994) relataram que o aumento do período de enchimento dos grãos proporciona resposta similar no peso dos grãos e conseqüentemente na produtividade dos grãos.

No Brasil, as cultivares de feijão diferem notadamente no tamanho dos grãos e em vários casos, no ciclo. Conforme já mencionado, verifica-se que existe tendência de redução ainda

maior no ciclo das linhagens de feijão e ao mesmo tempo os dados disponíveis apontam que para se ter produtividade média de feijão, que ultrapasse os níveis atuais, seria necessário ampliar o ciclo de cultivo, ou sobretudo a duração do período do acúmulo de matéria seca nos grãos, sem afetar a duração do ciclo como um todo.

Do exposto, objetivou-se com esse trabalho obter informações a respeito do controle genético da duração do período de acúmulo de matéria seca e da taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos de feijão; verificar se é possível selecionar linhagens que floresçam precocemente, porém que apresentem maior período de acúmulo de enchimento de grãos e mostrar se é viável usar esses caracteres como estratégia para a seleção indireta visando a produtividade de grãos.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 A cultura do Feijão no Brasil**

O feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma cultura de grande importância econômica e social para o Brasil e o mundo. Sua importância extrapola o aspecto econômico, por sua relevância enquanto fator de segurança alimentar e nutricional na culinária de diversos países. Seus grãos constituem uma das principais e mais acessíveis fontes de proteína e de energia para a população, sobretudo de menor renda (TSUTSUMI; BULEGON; PIANO, 2015; MESSINA, 2014; WANDER, 2014).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial dessa leguminosa, seu cultivo é difundido em todo o território nacional. O seu cultivo envolve agricultores familiares, com baixo uso de insumos externos, e voltado, sobretudo para a subsistência das famílias bem como, empresários rurais que adotam todas as tecnologias disponíveis (SILVA; WANDER, 2013). A área ocupada com o feijoeiro no Brasil é superior a 3,0 milhões de hectares, e produção total de grãos está acima de 3,3 milhões de toneladas, os principais estados produtores são Paraná, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso e Bahia (CONAB, 2017).

O estado de Minas Gerais, é responsável por cerca de 20,7% da produção nacional, sendo o segundo maior produtor do Brasil, com área semeada de, aproximadamente, 348,2 mil hectares, o feijão é cultivado em quase todo o Estado (CONAB, 2017).

### **2.2 Época de semeadura**

O feijoeiro é cultivado no estado de Minas Gerais durante praticamente todo o ano. Contudo, para fins didáticos, os cultivos têm sido agrupados em três safras definidas pela época de semeadura, que são: “safra das águas”, com semeadura de outubro a novembro, “safra da seca”, de fevereiro a março, e a “safra de outono-inverno” com semeadura nos meses de abril a julho (ANDRADE, 2014). Cada uma dessas safras tem suas particularidades. A das águas, por exemplo, como o próprio nome enfatiza, normalmente não há problemas com a falta de chuva, muito pelo contrário, o seu excesso pode contribuir para grandes perdas, especialmente quando essa ocorre no momento da colheita.

Na semeadura da safra da seca, a falta de chuva pode ser um fator limitante à cultura, mas em muitos casos a colheita pode ainda coincidir com períodos de precipitação intermitente. No cultivo de outono-inverno, a cultura tem que ser irrigada, especialmente nas primeiras fases

do cultivo. Normalmente a sementeira é realizada entre os meses de maio a julho. Em regiões de inverno mais rigoroso, a sementeira é realizada mais tarde, frequentemente, em agosto, nesse caso, a colheita coincide com os meses de outubro e novembro, quando ocorre o início das precipitações de verão. Assim, na colheita também se tem o risco de coincidência com período de precipitações intermitentes. Depreende-se então, que o cultivo do feijão em Minas Gerais é submetido a diferentes condições ambientais de clima, solos e tipo de agricultor (ARAÚJO; FERREIRA, 2006). Não foram encontrados relatos de um possível efeito da época de sementeira no acúmulo de matéria seca dos grãos. No entanto, na prática, especialmente no feijão de inverno, pode ocorrer alongamento do ciclo da cultura, em anos com baixas temperaturas durante o cultivo.

### **2.3 Estádios Fenológicos do feijoeiro**

As fases de desenvolvimento da cultura do feijão não apresentam uma nítida separação, principalmente quando considerado plantas de hábito de crescimento indeterminado, em que a planta em uma mesma fase estará emitindo folhas, flores e vagens. Assim, uma lavoura encontra-se em um determinado estágio quando 50% das plantas presentes na área manifestam características indicativas do estágio fenológico considerado. Um esquema dos estádios de desenvolvimento da planta nas diferentes fases de desenvolvimento é apresentado na figura 1 (FANCELLI, 2009).

Uma descrição do que ocorre em cada uma desses estádios é apresentado por Fancelli (2009) e será descrita nessa revisão. Essa escala divide o ciclo biológico do feijoeiro nas fases vegetativa, a qual começa quando a semente é semeada em condições para iniciar a germinação e termina quando os primeiros botões florais aparecem, em cultivares de hábito de crescimento determinado, ou os primeiros cachos, em cultivares de hábito de crescimento indeterminado (FERNÁNDEZ; GEPTS; LOPES, 1985). Na fase vegetativa, as estruturas desenvolvem-se o necessário para iniciar a atividade reprodutiva da planta, sendo subdividida em cinco etapas:

*Germinação (V0): Refere-se ao dia em que a semente tem umidade suficiente para começar o processo de germinação. Em seguida, a radícula emerge (geralmente no lado de hilo), e torna-se a raiz principal.*

*Emergência (V1): Tem início quando os cotilédones aparecem ao nível do solo. Em seguida o hipocótilo se endireita e continua crescendo atingindo o seu tamanho máximo. Posteriormente, iniciam-se o desenvolvimento das folhas primárias.*

*Folhas primárias (V2): inicia quando as folhas primárias estão desenvolvidas por completo. As folhas primárias do feijoeiro são unifolioladas e opostas, estando localizadas no segundo nó da haste principal, e quando totalmente desenvolvidas encontram-se geralmente em uma posição horizontal.*

*Primeira folha trifoliada (V3): Tem início quando a planta apresenta o primeiro trifólio completamente aberto e plano, apresentando também a segunda folha trifoliada, e os cotilédones completamente secos, caem.*

*Terceira folha trifoliada (V4): Se inicia quando a terceira folha trifoliada está desenvolvida. É a partir desta fase que são claramente distinguíveis algumas estruturas vegetativas, tais como hastes, ramos e outras folhas trifoliadas. As gemas dos nós inferiores da planta, geralmente se desenvolvem produzindo ramos. Esta fase é a mais extensa da fase vegetativa.*

*A fase reprodutiva (R) transcorre desde a emissão dos primeiros botões florais até o ponto de maturidade fisiológica e é constituída por cinco etapas:*

*Prefloração (R5): Esta fase se inicia quando aparece o primeiro botão floral, o aparecimento da inflorescência é seguido do desenvolvimento das gemas laterais como botões florais. Em seu estado inicial de desenvolvimento as inflorescências podem se confundir com as ramos.*

*Floração (R6): A planta apresenta a primeira flor aberta. A floração ocorre nos ramos da mesma ordem que no tronco, ou seja, do ápice para a base em cultivares de hábito determinado e da base para o ápice nas de hábito indeterminado. Dentro de cada racimo, a floração começa na primeira inserção floral e continua para a próxima. Uma vez que a flor foi fecundada e se encontra aberta, devido ao crescimento da bainha, a corola murcha e a vagem começa o seu crescimento.*

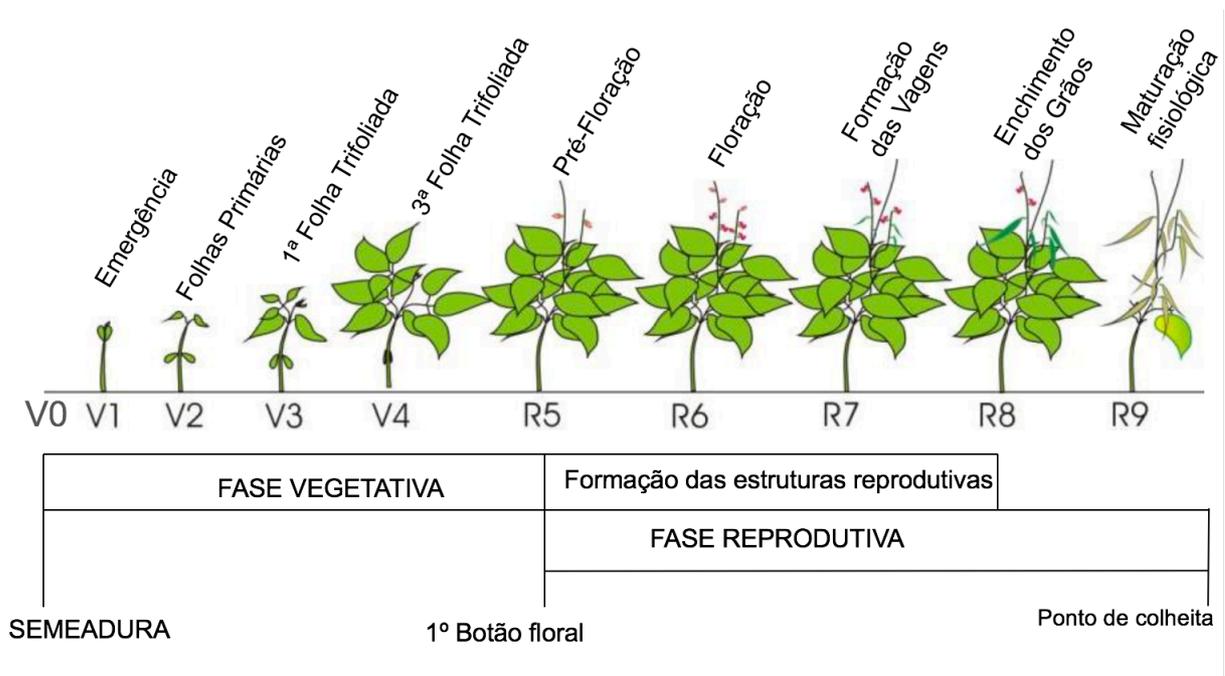
*Formação das vagens (R7): A planta apresenta a primeira vagem com a corola pendurada ou recém-desprendida. A formação das vagens inicialmente compreende o desenvolvimento das valvas, durante os 10 - 15 dias depois da floração ocorre principalmente um crescimento longitudinal das vagens e pouco crescimento das sementes. Quando as valvas alcançam seu tamanho final e peso máximo, se inicia o enchimento das vagens.*

*Enchimento das vagens (R8): Tem início quando 50% das plantas apresentam a primeira vagem preenchida e começa então o crescimento das sementes. A vagem cresce durante os 10 - 12 dias após a floração. O peso das valvas aumenta entre 15 a 20 dias após a floração. O peso dos grãos só aumenta acentuadamente quando as vagens atingiram o seu tamanho e peso máximo; então, os grãos atingem o seu peso máximo de 30 -35 dias após o florescimento. Ao finalizar esta fase também se observa o início da desfolha das plantas.*

*Maturação fisiológica (R9): Considerada a última fase do desenvolvimento da planta, o qual é caracterizado pelo início da descoloração e seca das vagens. Estas mudanças na coloração das vagens indicam o início da maturação da planta, continua o amarelecimento e todas as folhas e demais partes da planta secam. As sementes com 15% de umidade apresentam sua coloração típica, dependendo da cultivar, culminando assim com o fim do ciclo biológico e a planta se torna apta a ser colhida (DEBOUCK; HIDALGO, 1985; FANCELLI, 2009).*

Outras características morfológicas como, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e massa de grãos estão altamente correlacionadas com a produtividade de grãos no feijão (COSTA; ZIMMERMANN, 1988). Dependendo das condições, alguns componentes da produção podem aumentar e outros diminuir, facilitando a manutenção da estabilidade produtiva (CASQUERO et al., 2006).

Figura 1- Etapas do desenvolvimento de uma planta de feijão.



Fonte: Adaptada de Debouck e Hidalgo (1985).

## 2.4 Biologia floral e formação dos frutos de feijão

A inflorescência do feijoeiro ocorre normalmente em cachos, com a corola constituída de cinco pétalas brancas, rosadas ou violáceas, dependendo da cultivar. A maior das pétalas é denominada de estandarte, as médias recebem a denominação de asas, e as duas menores são isoladas formando a quilha que é enroscada em espiral. O androceu é formado de dez estames diadelfos, isto é, nove aderentes pelo filete e um livre. Descrição mais detalhada da biologia floral do feijoeiro é apresentada por Peternelli e Borém (1999) e Santos et al. (2015).

As flores do feijoeiro não são isoladas, isto é, estão sempre agrupadas em duas, três ou mais, e são compostas por um pedúnculo que sustenta os botões florais, formando a inflorescência floral (SANTOS et al. 2015; GUILHERME et al., 2014; SILVA, 2008; SILVA; COSTA, 2003). Cada flor é constituída por um cálice formado de sépalas unidas e uma corola de cinco pétalas coloridas, com formatos diferentes: uma pétala mais externa e maior (denominada estandarte); duas laterais menores, estreitas (denominadas asas) e duas inferiores, unidas e enroladas em forma de espiral (denominadas quilha). O aparelho reprodutor masculino (androceu) é constituído de nove estames (estruturas que contém os grãos de pólen) unidos na base e um livre e o feminino (gineceu) possui ovário com vários óvulos (pluriovulado), um estilete (filamento que liga o estigma ao ovário) encurvado e um estigma terminal (parte apical do estilete que recebe os grãos de pólen). As flores podem ter a cor branca, rósea ou violeta, de distribuição uniforme para toda a corola ou ser bicolor, isto é, as pétalas podem ter mais de uma cor ou tonalidades diferentes.

No feijoeiro observa-se a ocorrência de cleistogamia, fenômeno pelo qual a fecundação ocorre antes da flor abrir-se completamente, ou seja, ocorre a liberação do pólen antes da abertura do botão floral. O feijão é então uma planta autógama, isto é, ocorre autopolinização, que consiste na transferência de grão de pólen (gameta masculino) do estigma para a antera da mesma flor. Após o grão de pólen atingir o estigma, ele absorverá água e nutrientes e iniciará a germinação para formar tubos polínicos, que se desenvolvem no interior do estilete até alcançar o ovário (BEWLEY; BLACK, 1994; GUTIERREZ et al., 2007).

Em vegetais acontece a chamada dupla fertilização, isto é, um dos núcleos reprodutivos do grão de pólen fecundará a oosfera (gameta feminino), originando o zigoto (diplóide). O

outro fecundará os dois núcleos polares, formado uma célula triplóide, que originará o endosperma. (RAMALHO et al., 2012).

Contudo, em leguminosas o endosperma é digerido nos primeiros dias após a fertilização, passando então, a ser o órgão de reserva os cotilédones. Os cotilédones ao contrário do endosperma é diplóide e oriundo de informações produzida pelo embrião da semente. São escassas as informações a respeito da duração (número de dias) em que o endosperma permanece na semente em crescimento. Contudo, sabe-se que enquanto ele permanece, fornece energia para o zigoto-embrião desenvolverem (DUTE; PETERSON, 1992).

Os tegumentos do óvulo desenvolvem-se no envoltório da semente; as paredes do ovário e estruturas associadas desenvolvem-se no fruto (BOESEWINKEL; BOUMAN, 1995). O fruto é uma vagem constituída por duas valvas unidas por duas suturas: a dorsal e a ventral. A presença de fibras nas suturas e nas capas pergaminosas, aderidas à superfície interna das valvas, determina a capacidade de deiscência (VIEIRA; RAVA, 2000). As vagens são geralmente alongadas e comprimidas, com as sementes em uma fileira central. Os óvulos alternam-se na sutura placentar e, conseqüentemente, as sementes serão alternadas nas duas valvas. A vagem, de uma maneira geral, é aplanada, reta ou encurvada, com ápice encurvado ou reto (VIEIRA; RAVA, 2000).

Para o tamanho dos grãos a diversidade também é enorme, são encontrados grãos cujo peso de 100 sementes varia de 17g a 100g (SINGH et al., 1991). E no controle genético devem estar envolvidos alguns genes (PEREIRA; RAMALHO; SANTOS, 1990). O grão possui alto teor de carboidratos e proteínas, sendo constituída, externamente, de tegumento, hilo, micrópila e rafe e, internamente, de um embrião formado pela plúmula, duas folhas primárias, o hipocótilo, dois cotilédones e radícula. A semente pode apresentar várias formas: arredondada, elíptica, reniforme ou oblonga. Os tamanhos podem variar de muito pequenas a grandes. Apresentam ampla variabilidade de cores, variando do preto, bege, roxo, róseo, vermelho, marrom, amarelo até o branco (SILVA, 2008). O conhecimento da morfologia das sementes tem importância agrônômica e comercial. Agrônômica, no que se refere a aspectos relacionados à semeadura e comercial, porque a aceitação de uma cultivar é dependente da cor, tamanho e formato dos grãos.

## 2.5 Acúmulo de matéria seca e período de enchimento dos grãos

O acúmulo de matéria seca nos grãos é uma etapa importante na formação da produtividade de grãos da planta (COSTA; TEIXEIRA; MARQUEZAN, 1991). A produtividade de grãos é função da taxa de acúmulo de matéria seca e do período de enchimento dos grãos. A taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos, por sua vez, é função do número do número de células nos cotilédones (EGLI et al. 1985) e, posteriormente, do suprimento de fotossintatos.

A duração e a taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos são medidas de eficiência fisiológica (MUKESHIMANA et al., 2014). Os resultados de alguns autores mostram a existência de variabilidade genética para ambos os caracteres (CRUZ et al., 1993). A taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos e a duração do enchimento são influenciados, entre outros fatores, pelo genótipo, pelo fotoperíodo, pela temperatura e pela deficiência hídrica (CRUZ et al., 1993, BERGONCI et al., 2001, MAEHLER et al., 2003, MUKESHIMANA et al., 2014).

A produtividade de grãos de uma cultura depende da duração e da taxa de enchimento dos grãos. Não foram encontrados na literatura relatos a respeito das fases de enchimento de grãos no feijoeiro, contudo, Gasura et al. (2013) relata a existência de variabilidade genética para a duração do período de enchimento dos grãos em milho. Os autores relatam que a taxa de enchimento e a duração de enchimento dos grãos afetam o rendimento e podem ser usados como caracteres de seleção indireta para rendimento de grãos em milho, tanto para maturação precoce como tardia. O enchimento dos grãos de milho ocorre em três fases: a fase de latência, durante a qual, ocorre uma divisão e diferenciação celular rápida (fase *Lag*), a fase linear, onde o acúmulo de matéria seca ocorre de forma acentuada, e a fase final, quando a semente atinge a maturação fisiológica e irá apenas perder água (LEE; TOLLENAAR, 2007). Segundo Lee e Tollenaar (2007) mais de 90% da matéria seca total no grão é acumulada durante a fase linear e este período é, portanto, chamado de período efetivo do enchimento de grãos. Para que esse período possa ser ampliado sem afetar a duração do ciclo final da planta, há duas alternativas. Uma delas seria tornar o início do florescimento mais precoce. A outra seria reduzir a fase *lag*. Informações a esse respeito não foram encontradas com a cultura do milho ou outra espécie produtora de grãos.

No estudo do enchimento dos grãos, duas hipóteses são possíveis: o tamanho final dos grãos depende da duração do período do seu enchimento ou, então, a duração é regulada pelo tamanho do potencial do grão. Qualquer que seja a hipótese aceita, ela indicará uma associação positiva

entre duração e peso final do grão. A taxa de enchimento dos grãos, é dependente do número de células do endosperma formadas durante as duas primeiras semanas após a antese (BROCKLEHURST, 1977) e varia apenas moderadamente com a temperatura (CHOWDHURY; WARDLAW, 1978; SPIERTZ, 1977). Segundo Borráz et al. (2003), déficit hídrico durante o período de enchimento de grãos faz com que o processo de dessecação natural, inicie prematuramente em milho, bem como em trigo e cevada (AUDE et al., 1994), e diminua a duração efetiva do período de enchimento de grão.

Em função disso, sugerem que a variabilidade genética existente na taxa de enchimento dos grãos deve ser utilizada em programas de melhoramento, porque fatores genéticos determinam largamente a taxa de enchimento e fatores ambientais determinam largamente a duração do período de enchimento (GASURA et al., 2013).

## **2.6 Obtenção de informações a respeito do controle genético dos caracteres**

Informações a respeito do controle genético dos caracteres no feijoeiro e outras plantas cultivadas podem ser obtidas por inúmeras metodologias (WRICKE; WEBER, 1986; JINKS; POONI, 1976; BERNARDO, 2010; RAMALHO et al., 2012). Os cruzamentos dialélicos devem ter sido o método de escolha dos parentais mais utilizado para todas as espécies (RAMALHO et al., 2012). No feijoeiro o seu emprego tem sido enorme (MENDES; RAMALHO; ABREU, 2009; MOURA et al., 2016), comentários a respeito dessas metodologias estão disponíveis em várias literaturas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012; RAMALHO et al., 2012). Nessa revisão a ênfase será direcionada aos cruzamentos dialelos, que foi a metodologia utilizada no trabalho.

Cruzamentos dialélicos é a denominação dada quando se cruza  $n$  genitores em combinações dois a dois. Dependendo do modo em que eles são cruzados pode-se ter dialelos completos, que incluem os híbridos nas gerações  $F_1$  ou  $F_2$ , ou qualquer outra geração entre todos os pares de combinações dos genitores, dialelos parciais, circulantes, incompletos e desbalanceados (RAMALHO et al., 2012; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012).

Entre os métodos que foram desenvolvidos para análise dos dialelo, destacam-se: o método de Jinks e Hayman (1953); o método de Gardner e Ebehart (1966); e o método de Griffing (1956). Esse último é o que foi usado nessa pesquisa e receberá maior ênfase. O método de Griffing (1956) é classificado em quatro métodos. O método I inclui todas as combinações

$n^2$ , ou seja, os híbridos seus recíprocos e os genitores; o método II é semelhante ao anterior não incluindo os recíprocos; o método III inclui os híbridos e seus recíprocos sem os genitores e o método IV apenas as combinações híbridas. Detalhes desses métodos podem ser encontrados em Cruz; Regazzi e Carneiro (2012). Contudo, é importante salientar que os mais utilizados são os métodos 2 e 4. As análises podem ser utilizadas também para os demais tipos de dialelos e a literatura dispõe de várias informações a respeito.

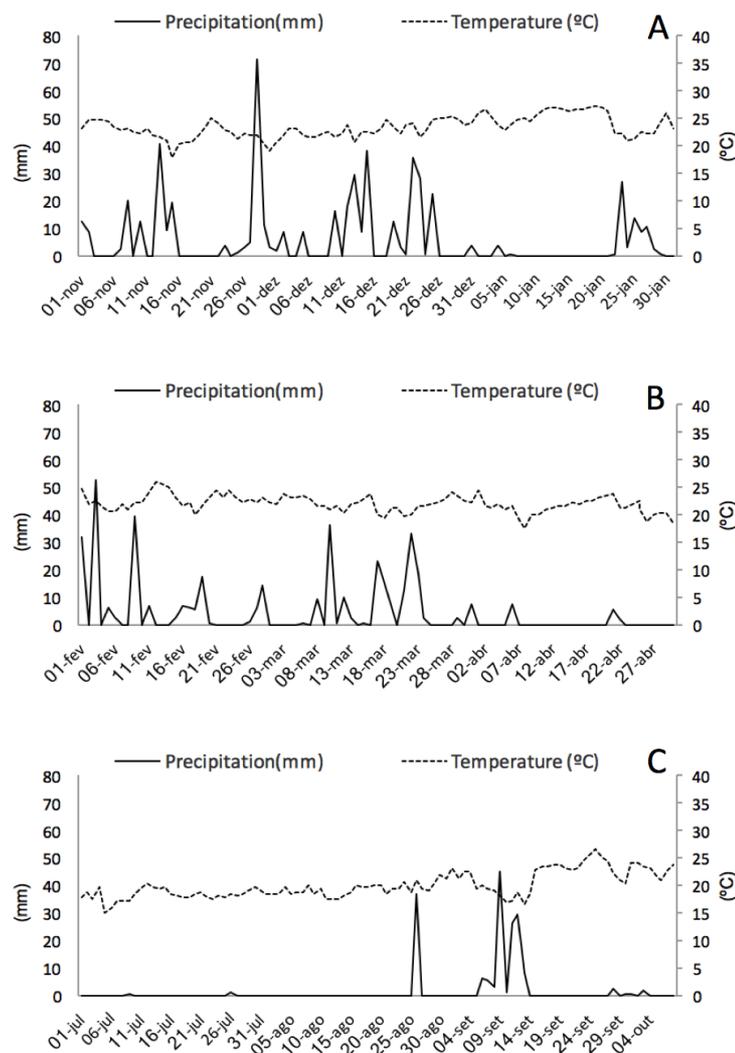
O método de Griffing (1956) permite estimar a capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) dos genótipos. O termo capacidade de combinação (CC) foi proposto por Sprague e Tatum (1942). Posteriormente, Griffing (1956) desenvolveu o modelo descrito anteriormente que subdivide a CC em: i) capacidade geral de combinação (CGC) que é utilizada para designar a performance média de um genitor qualquer em combinações híbridas. ii) capacidade específica de combinação (CEC) é usada para designar aqueles casos nos quais certas combinações se mostram relativamente melhores ou piores do que poderia ser esperado com base na performance média dos dois genitores do referido híbrido. É comum na literatura mencionar que, quando a CGC é de maior magnitude, superior a CEC, no controle do caráter há predomínio dos efeitos aditivos. Pela expressão da CGC fica claro que essa observação só é válida se a frequência alélica média do testador, ou seja, a frequência alélica média dos genitores for de 0,5. Nesse caso a contribuição dos locos em heterozigose, o  $d$ , não contribui com a estimativa da CGC. Contudo, quando há dominância e a frequência média dos genitores é diferente de 0,5, o que deve ser a maioria dos casos, não é correto inferir que a ocorrência de CGC indica predomínio de efeitos aditivos como é frequentemente propalado (RAMALHO et al., 2012; CUNHA, 2005).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Local

Os experimentos foram conduzidos na área experimental do Centro de Desenvolvimento Tecnológico da Universidade Federal de Lavras (UFLA), situado na região Sul do estado de Minas Gerais, a 919 metros de altitude, 21°14' de latitude Sul e 45° de longitude Oeste. Os experimentos foram conduzidos nas três épocas de semeadura que são comuns na região, durante os anos 2014/2015. Os dados de temperatura e precipitação ocorridos durante a realização dos experimentos estão mostrados na figura 2.

Figura 2 - Precipitação e temperatura média durante a realização dos experimentos. A – Semeadura em novembro de 2014, B – semeadura em fevereiro de 2015, e C – semeadura em julho de 2015. Lavras, MG, 2014/2015.



Fonte: Do Autor (2017), a partir dos dados do INMET (2017).

### 3.2 Genitores

Para a execução do trabalho, foram utilizadas dez linhagens de feijão, todas do banco de germoplasma da Universidade Federal de Lavras (UFLA). Estão incluídas linhagens dos dois principais pools gênicos do feijão, Andino e Mesoamericano, diferindo em vários caracteres que notavelmente estejam associados com o enchimento de grãos, tais como, ciclo, massa dos grãos e hábito de crescimento da planta (Tabela 1).

Tabela 1 - Identificação e principais características dos genitores utilizados durante a realização dos experimentos em que se avaliou os caracteres associados ao florescimento e enchimento de grãos no feijão.

Linhagens	Pool Gênico	Hábito de crescimento	Cor dos Grão	Ciclo	Massa 100 grãos (g)
Eriparsa	Andino	Determinado	Creme	Precoce	30
Madrepérola	Mesoamericano	Indeterminado	Carioca	Precoce	25
Manteigão Fosco	Andino	Determinado	Branco	Precoce	35
Talismã	Mesoamericano	Indeterminado	Carioca	Precoce	24
Goiano Precoce	Andino	Determinado	Creme	Precoce	30
Flor de Mayo	Mesoamericano	Indeterminado	Creme-rosa	Tardio	22
Pérola	Mesoamericano	Indeterminado	Carioca	Tardio	25
MAII-22	Mesoamericano	Indeterminado	Carioca	Tardio	25
Amarelinho	Mesoamericano	Indeterminado	Amarelo	Tardio	20
Paraná	Mesoamericano	Indeterminado	Carioca	Tardio	20

Fonte: Do Autor (2017).

### 3.3 Condução dos Experimentos

#### 3.3.1 Obtenção das populações segregantes

O cruzamento dialélico realizado envolveu as dez linhagens, como já comentado, no início do ano de 2014. Das 45 combinações híbridas possíveis foram obtidas 39 híbridos  $F_1$ 's. As sementes da geração  $F_1$ , foram multiplicadas obtendo-se a geração  $F_2$ . Utilizando sementes da geração  $F_2$ , os 39 híbridos juntamente com os genitores foram avaliados em três épocas. A primeira época/geração  $F_2$  teve a semeadura em novembro de 2014 com três repetições; a segunda, geração  $F_3$ , a semeadura foi realizada em fevereiro de 2015 e a terceira, geração  $F_4$ ,

a semeadura foi em julho de 2015. As duas últimas com quatro repetições. O delineamento experimental utilizado foi em blocos completos casualizados. As parcelas foram constituídas por três linhas de 4 m de comprimento com 10 sementes/m linear. O espaçamento entre linhas foi de 60 cm. Na época de fevereiro de 2015 foi utilizado irrigação suplementar e na época de julho de 2015 o cultivo foi realizado com irrigação. Os demais tratos culturais foram os normalmente adotados na região para a cultura (ANDRADE, 2014).

### 3.4 Variáveis analisadas

- a) Número de dias para o início do florescimento (NDF - Dias). Anotou-se o número de dias da semeadura até o momento em que 50% das plantas da parcela apresentaram pelo menos uma flor aberta.
- b) Matéria seca dos grãos (MSG – g/grão). Ela foi obtida a partir de sete dias após a data do início do florescimento. Posteriormente, as coletas foram realizadas a intervalos regulares de cinco dias. Em cada amostragem eram colhidas cinco vagens no mesmo estágio de crescimento. Essas amostras foram obtidas em duas das três linhas da parcela até a colheita. As vagens foram levadas para o laboratório, onde eram cortadas com auxílio de um estilete. Os grãos foram contados e pesados para obtenção da matéria verde. Em seguida foram colocados em sacos de papel e colocados para secar em estufa de circulação forçada de ar com aproximadamente 65° C, por um período de 72 horas. Após a secagem, eles foram novamente pesados, obtendo-se a matéria seca.
- c) Produtividade de grãos (PROD – kg/parcela). Foi utilizada uma das duas linhas laterais da parcela, em que a amostra das vagens não foi realizada. As plantas foram trilhadas obtendo-se o peso de grãos por parcela.
- d) Número de dias para atingir a maturidade fisiológica (NDMF –Dias).

Com os dados da matéria seca, por grão, por data de amostragem, foi estimada a equação do acúmulo de matéria seca, utilizando-se a equação de segundo grau (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1990). Como o ajustamento foi realizado por parcela, a partir dessa equação foi estimado o ponto de máximo. Esse ponto foi referência para se obter o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF), ou seja, o número de dias do início do florescimento até a maturação fisiológica.

e) Taxa diária de acúmulo de matéria seca por grão (TAXA – g/grão/dia).

Com os dados da equação de segundo grau obtida por parcela, estimou-se os dados de matéria seca por grão, por dia. A partir desses dados foi estimada a equação de regressão linear entre a variável independente (X) número de dias da amostragem e a variável dependente (Y) matéria seca. A estimativa do  $b$  da equação linear foi utilizada como sendo a TAXA. Isto é, o acúmulo da matéria seca por grão por dia.

### 3.5 Análise de variância dos dados.

Os dados da produtividade de grãos (PROD), número dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturidade fisiológica (NDMF) e taxa diária de acúmulo de matéria seca no grão (TAXA) foram submetidos à análise de variância, inicialmente por época de semeadura. Posteriormente, foram efetuadas as análises conjuntas das três gerações utilizando o seguinte modelo estatístico:

$$Y_{ijk} = \mu + p_i + b_{j(k)} + a_k + pa_{(ik)} + e_{ijk}$$

Em que:

$Y_{ijk}$  : é o valor observado relativo à parcela que recebeu o tratamento  $i$  no bloco  $j$  na época  $k$ .

$\mu$  : é a média geral;

$p_i$  : é o efeito do tratamento  $i$  ( $i = 1, 2, \dots, 49$ ), sendo que os tratamentos;

$b_{j(k)}$  : é o efeito do bloco  $j$  ( $j = 1, 2, 3$  ou  $4$ );

$a_k$  : é o efeito da geração  $k$  ( $k = 1, 2, 3$ );

$pa_{(ik)}$  : é o efeito da interação tratamentos e épocas;

$e_{ijk}$  : é o erro experimental médio ( $e_{ijk} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$ );

### 3.6 Análise dialélica

Utilizando as médias das análises de variância individual e posteriormente conjunta foram obtidas estimativas de parâmetros genéticos por meio da análise dialélica, adotando-se o procedimento de Griffing, método II (1966), dado pelo seguinte modelo:

$$Y_{ij} = \mu + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$$

Em que:

$Y_{ij}$ : valor médio da combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do genitor ( $i = j$ );

$\mu$ : média geral

$g_i, g_j$ : efeitos da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo e do  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;

$s_{ij}$ : efeito da heterose específica de combinação para os cruzamentos entre genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;

$e_{ij}$ : erro experimental médio.

Neste modelo é considerado que  $s_{ij} = s_{ji}$ .

Como o dialelo era incompleto, os efeitos das capacidades gerais e específicas (CGC e CEC, respectivamente) foram estimados pelo método dos quadrados mínimos. Assim, as soluções foram obtidas baseado na equação.

$$\hat{B} = (X'X)^{-1}(X'Y)$$

em que:

$\hat{B}$  é a matriz dos parâmetros

$X$  é a matriz dos modelos

$Y$  é a matriz dos resultados

As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do software GENES (CRUZ, 2013) e do software R (R CORE TEAM, 2017).

### 3.7 Correlação entre os caracteres

Foram estimados também os coeficientes de correlação fenotípica dos caracteres utilizando-se o estimador:

$$r_{XY} = \frac{COV_{XY}}{\sqrt{(\sigma_X^2 \cdot \sigma_Y^2)}}$$

em que:

$COV_{XY}$  corresponde à covariância fenotípica entre os caracteres  $X$  e  $Y$ ;

$\sigma_X^2$  e  $\sigma_Y^2$  correspondem a variância fenotípica entre os caracteres  $X$  e  $Y$ .

#### 4 RESULTADOS

As equações de segundo grau obtida para o acúmulo de matéria seca, em função do tempo, considerando a média de cada tratamento estão apresentadas na tabela 1A. Observa-se que os coeficientes de determinação ( $R^2$ ) foram todos de grande magnitude,  $R^2$  acima de 0,80, indicando um bom ajustamento do acúmulo de matéria seca à equação proposta. Essa é uma condição favorável pois essas equações foram o ponto de partida para as estimativas da maioria dos parâmetros considerados.

Os resultados das análises de variância individuais para todos os caracteres avaliados, nas diferentes gerações, encontram-se na tabela 2A. Todos os experimentos apresentaram elevada acurácia, variando de 86% para o número de dias para maturidade fisiológica (NDMF) na geração  $F_2$ , conduzida na safra das “águas” em 2014 a 99% para o número de dias para o florescimento (NDF) na mesma safra. Essas estimativas indicam uma boa precisão experimental. Observou-se diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) para a fonte de variação tratamentos para todos os caracteres, condição essa fundamental para as inferências a serem realizadas.

Nas análises conjuntas foram detectadas diferenças significativas entre gerações/ambientes para todos os caracteres (Tabela 2). Com relação ao NDF, ele foi semelhante nas gerações  $F_2$  e  $F_3$ . Já para a geração  $F_4$  o florescimento foi mais tardio (Tabela 3). Observou-se, contudo, que para o NDMF a diferença foi de apenas um dia quando se compara a geração de maior média ( $F_3$ ) e a mais precoce ( $F_4$ ). Essa diferença só foi significativa, provavelmente, devido a alta acurácia ( $r_{gg}$ ) dos experimentos para esse caráter. Quanto à taxa de acúmulo diário de matéria seca (TAXA) a amplitude de variação entre gerações foi 18,86% da estimativa da média geral. Na média das três épocas/gerações, o acúmulo diário de matéria seca foi de  $6,52 \times 10^{-3}$  g/grão/dia. Para a produtividade de grãos (PROD) observou-se que a amplitude de variação, entre as gerações, foi de 63,6% da estimativa da média geral (Tabela 3).

As fontes de variação tratamentos e tratamentos x gerações (T x G) foram significativas para todos os caracteres (Tabela 2). As médias dos genitores e dos híbridos, por geração, são apresentados nas tabelas 3A a 8A. Embora as interações T x G tenham sido significativas, a ênfase será direcionada aos resultados envolvendo a média das três gerações. Inicialmente deve ser salientado que o contraste (Pais vs Híbridos) foi significativo para os caracteres NDMF e TAXA (resultado não apresentado na análise de variância). Observa-se que, para NDMF houve diferença de apenas um dia entre os pais e os híbridos, ou seja, heterose de 2,6% em relação a média dos pais. Em relação a TAXA, a média geral dos híbridos foi 7,64% menor que a observada para os pais. Veja que para ambos os caracteres a heterose estimada foi no sentido de reduzir a expressão do caráter. Já para o NDF, a média geral dos híbridos foi muito semelhante a observada para os pais em todas as gerações, ou seja, heterose praticamente nula.

Com relação aos genitores constatou-se para o NDF (Tabela 4) que a variação foi acentuada. Os do pool gênico Andino (“Eriparsa” e “Goiano Precoce”) foram os que necessitaram de menor número de dias para iniciar o florescimento. Já entre os genitores do grupo Mesoamericano, a diferença entre eles variou de 44,33 dias a 45,67 dias.

O resultado para o NDMF foi bem semelhante ao observado para o NDF. Novamente os feijões do pool gênico Andino foram, em média, aqueles que apresentaram menor número de dias para se obter o máximo acúmulo de matéria seca. Vale salientar que, em média, os feijões Andinos (35 dias) foram 6,28 dias mais precoces na maturação fisiológica que os Mesoamericanos (41,28 dias).

Uma informação importante é a taxa média de acúmulo de matéria seca nos grãos. Observa-se na tabela 5 que o genitor de menor TAXA foi “Amarelinho” ( $4,90 \times 10^{-3}$  g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e o maior “Manteigão Fosco” ( $9,24 \times 10^{-3}$  g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>), ou seja, a amplitude de variação dos genitores foi de 88,6% em relação ao obtido pelo “Amarelinho”. Já entre os híbridos, os pares “Goiano Precoce” x “Madrepérola” ( $5,11 \times 10^{-3}$  g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) e “Manteigão Fosco” x “Eriparsa” ( $8,45 \times 10^{-3}$  g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) ocuparam as posições extremas, ou seja, uma amplitude de variação de 65,3% em relação ao híbrido de menor TAXA.

A produtividade de grãos também se apresenta como uma informação de grande importância a ser observada. Na média das três gerações observou-se que os genitores “Flor de Mayo” e “Amarelinho” foram os de menor média e o “Talismã” com a melhor performance. A amplitude de variação foi de 0,28 kg/parcela. No caso das combinações híbridas (CH), a

variação também foi expressiva de 0,30 kg/parcela (“Pérola” x “Manteigão Fosco”) a 0,76 kg/parcela (“Pérola” x MAII-22).

Na análise dialélica, pelo método II de Griffing (1956), constatou-se que houve diferença significativa ( $P \leq 0,01$ ) para a capacidade geral de combinação (CGC) para todos os caracteres avaliados, observou-se também diferença significativa na capacidade específica de combinação (CEC) para NDMF e TAXA (Tabela 2). Contudo, a proporção da soma de quadrado (SQ) explicada pela CGC foi muito superior à da CEC, ou seja, 71,25% da SQ dos tratamentos para NDMF e 54,6% para TAXA. Esses resultados corroboram os comentários anteriores que a heterose foi de pequena magnitude. Em relação a PROD observou-se diferença significativa tanto para CGC como para a CEC, contudo, observa-se para este caráter que a SQ explicada pela CEC foi superior à da CGC (56,4%).

Com relação ao NDF, os genitores “Eriparsa” e “Goiano Precoce” contribuíram para diminuir a expressão do caráter, pois apresentaram maiores estimativas, negativas, da CGC ( $g_i$ ) (Tabela 6). Já os genitores “Amarelinho” e “Pérola” também se destacaram por contribuir para aumentar o NDMF nos cruzamentos que participaram, com estimativas de  $g_i$  positivas (Tabela 7). As estimativas positivas de  $g_i$  para a TAXA foram observadas pelo genitor “Flor de Mayo” (Tabela 8) e para a PROD pelo genitor “Paraná” (Tabela 9).

As estimativas da CEC variaram amplamente, para todos os caracteres (Tabelas 6 a 9). Para o NDF chama a atenção as combinações “Goiano Precoce” x “Pérola”, “Paraná” x “Manteigão Fosco” e MAII-22 x “Manteigão Fosco”, que apresentaram CEC negativa. Para NDMF as combinações híbridas que apresentaram maiores estimativas, positiva de CEC, foram “Flor de Mayo” x “Amarelinho” e “Talismã” x “Madrepérola”. Já para TAXA as CH que mais se destacaram em relação a estimativa da CEC foram “Talismã” x “Amarelinho”, “Eriparsa” x “Goiano Precoce” e “Manteigão Fosco” x “Goiano Precoce”. Quanto a PROD os melhores desempenhos foram observados para as CH “Eriparsa” x “Manteigão Fosco” e “Pérola” x “Madrepérola”.

As estimativas das correlações ( $r$ ) dos caracteres dois a dois, na média das gerações, foram todas significativas, exceto para TAXA e PROD (Tabela 10). Observou-se que a maior estimativa positiva foi entre NDF x NDMF. Vale salientar que para alguns pares as estimativas foram negativas, NDF x TAXA ( $r = -0,52$ ) e NDMF x TAXA ( $r = -0,43$ ).

Tabela 2 - Resumo das análises de variância conjuntas e da análise dialélica (Método II de Griffing, 1956) para os caracteres, número de dias para o florescimento (NDF - dias), número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias), taxa de enchimento de grãos (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup> x10<sup>3</sup>) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela). Dados obtidos na avaliação das três gerações de um cruzamento dialélico.

FV	GL	NDF	NDMF	TAXA	PROD
Tratamento (T)	48	52,56**	102,72**	10,38**	0,14**
C.G.C. <sup>1</sup>	9	252,63**	390,23**	30,22**	0,28**
C.E.C. <sup>1</sup>	39	5,27 <sup>ns</sup>	35,86**	5,44**	0,11**
Geração (G)	2	11338,25**	33,65**	69,85**	13,12**
T x G	96	20,45**	21,99**	2,73**	0,07**
CGC X G	18	71,24**	136,72**	9,85**	0,07**
CEC X G	78	1,00 <sup>ns</sup>	5,78 <sup>ns</sup>	1,32**	0,02**
Resíduo	384	4,05	7,8	0,87	0,02
Média Geral		43,17	38,43	6,52	0,57

Fonte: Do Autor (2017).

\*\*Significativo pelo teste F ao nível de 1% de probabilidade. <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F.

<sup>1</sup>CGC: capacidade geral de combinação; CEC: capacidade específica de combinação.

Tabela 3- Médias dos pais e híbridos para os caracteres: número de dias para o florescimento (NDF - dias), número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA) (g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela). Dados obtidos nas avaliações das três gerações do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG.

		F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	Média Geral
NDF	Pais	40,37	37,85	51,95	43,39
	Híbridos	39,56	37,57	51,69	42,94
	Média	39,97	37,71	51,82	43,17
NDMF	Pais	39,10	39,88	38,98	39,32
	Híbridos	37,22	37,91	37,48	37,54
	Média	38,16	38,90	38,23	38,43
TAXA	Pais	7,44	6,97	6,37	6,93
	Híbridos	7,03	6,62	5,54	6,40
	Média	7,06	6,66	5,83	6,52
PROD	Pais	0,91	0,52	0,35	0,59
	Híbridos	0,84	0,49	0,29	0,54
	Média	0,88	0,51	0,32	0,57

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 4 - Médias para os caracteres: número de dias para o florescimento (NDF - dias) (acima da diagonal) e número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias) (abaixo da diagonal). Dados obtidos nas avaliações das três gerações do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG.

	Par	MAII	Erip	M.Fosc	F.May	Tal	Amar	G.Prec	Pero	Madre	Pais
Paraná		44,33b	40,33a	41,33a	44,67b	44,67b	46,33b	40,33b	45,33b	45,33b	45,67b
MAII-22	43,00b		41,33a	41,33a	44,33b	-	45,33b	41,00b	44,67b	44,00b	45,00b
Eriparsa	35,67a	35,00a		39,67a	-	41,33b	41,33b	38,33a	40,67b	41,00b	39,00a
M.Fosco	38,00a	36,67a	35,67a		-	-	42,67b	39,67b	42,67b	42,67b	41,67b
F.Mayo	41,67b	43,00b	-	-		-	44,67b	-	45,00b	44,33b	44,67b
Talismã	38,67b	-	35,67a	-	-		45,00b	41,00b	45,67b	44,33b	45,00b
Amarel	42,67b	41,33b	36,00a	38,33a	41,00b	40,33b		41,67b	46,33b	45,33b	45,67b
G.Precece	36,33a	34,00a	35,33a	36,00a	-	36,00a	34,67a		40,00b	40,00b	38,67a
Pérola	41,67b	39,67b	37,33a	38,00a	41,33b	38,67a	36,00a	34,00a		45,33b	45,67b
Madrep	38,67b	38,33a	34,67a	36,00a	37,67a	36,00a	37,33a	35,00a	39,67b		44,33b
Pais	43,33b	44,00b	35,00a	34,33a	43,33b	34,67a	43,00b	36,33a	43,67	36,67a	

Fonte: Do Autor (2017).

Médias seguidas de mesma não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade.

Tabela 5 - Médias para o caráter taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>) (acima da diagonal) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela) (abaixo da diagonal). Dados obtidos nas avaliações das três gerações do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG.

	Par	MAII	Erip	M.Fosc	F.May	Tal	Amar	G.Prec	Pero	Madre	Pais
Paraná		5,59a	5,53a	6,54b	6,35b	5,87a	5,52a	6,83b	6,32b	6,38b	5,17a
MAII-22	0,64a		7,63b	6,51b	5,43a	-	5,92a	7,44b	6,80b	6,51b	7,48b
Eriparsa	0,53b	0,48b		8,45b	-	6,43	6,26b	8,27b	6,88b	6,36b	8,81b
M.Fosco	0,52b	0,36b	0,67a		-	-	5,40a	7,46b	6,67b	6,30b	9,24b
F.Mayo	0,60a	0,62a	-	-		-	6,59b	-	6,03b	6,49b	5,34a
Talismã	0,75a	-	0,46b	-	-		5,61a	5,66a	6,25b	6,80b	6,60b
Amarel	0,66a	0,62a	0,45b	0,32b	0,47b	0,62a		6,59b	5,85a	5,90a	4,90a
G.Precoce	0,55b	0,51b	0,61a	0,50b	-	0,42b	0,44b		6,72b	5,11a	8,34b
Pérola	0,73a	0,76a	0,48	0,30b	0,60a	0,60a	0,49	0,51b		6,85b	7,32b
Madrep	0,62a	0,67a	0,47	0,34b	0,59a	0,62a	0,49	0,42b	0,73a		6,09b
Pais	0,70a	0,66a	0,57a	0,61a	0,43b	0,71a	0,43	0,59a	0,64a	0,58a	

Fonte: Do Autor (2017).

Médias seguidas de mesma não diferem entre si, pelo teste de Scott-Knott (1974) a 5% de probabilidade

Tabela 6 - Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para o Florescimento (NDF - dias). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0,84	-0,24	-1,10	-1,37	0,03	-0,15	1,00	-0,86	0,25	0,75	0,90
MAII-22		0,69	0,16	-1,12	-0,05	-	0,26	0,07	-0,15	-0,32	0,64
Eriparsa			0,96	0,36	-	-0,09	-0,60	0,54	-1,02	-0,18	-2,50
M.Fosco				1,08	-	-	-0,54	0,60	-0,29	0,21	-1,22
F.Mayo					0,22	-	-0,47	-	0,11	-0,06	0,71
Talismã						0,19	-0,32	-0,18	0,60	-0,24	0,89
Amarelinho							-0,16	-0,02	0,75	0,25	1,40
G.Precoce								1,12	-1,44	-0,94	-2,74
Pérola									0,34	0,50	1,15
Madrepérola										0,01	0,65
DP <sub>(Sii)</sub>	1,08	DP <sub>(Sii-Sjj)</sub>	1,51	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	1,68					DP <sub>(Gi)</sub>	0,36
DP <sub>(Sij)</sub>	1,20	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	1,77							DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0,53

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 7 - Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG.

	Paraná	MAII-22	Erip	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amar	G.Preco	Pero	Madrep	CGC
Paraná	-0,27	-0,51	-1,16	-0,09	0,69	0,11	0,23	0,38	0,24	0,64	0,34
MAII-22		0,72	-0,28	-0,79	-0,90	-	-0,02	-0,33	0,06	0,11	0,42
Eriparsa			0,86	0,56	-	-0,59	-0,28	0,56	-0,46	-0,64	-0,72
M.Fosco				1,41	-	-	-1,08	-0,18	-0,61	-0,63	-0,66
F.Mayo					-0,56	-	1,08	-	-0,28	0,53	0,31
Talismã						0,51	0,01	-1,12	-0,16	0,73	-0,21
Amarelinho							-0,23	0,29	-0,08	0,32	0,69
G.Precoce								0,88	-0,37	-1,64	-0,47
Pérola									0,59	0,47	0,50
Madrepérola										0,05	-0,24
DP <sub>(Sii)</sub>	0,51	DP <sub>(Sii-Sij)</sub>	0,95	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	0,29					DP <sub>(Gi)</sub>	0,13
DP <sub>(Sij)</sub>	0,75	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	0,45							DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0,30

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 8 - Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para taxa de enchimento de grãos (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	1,29	1,40	-2,25	-0,62	-0,60	-0,50	1,40	-1,46	0,40	-0,35	1,95
MAII-22		2,84	-2,48	-1,51	1,17	-	0,51	-3,35	-1,16	-0,24	1,51
Eriparsa			1,21	1,17	-	0,62	-1,14	1,67	0,20	-0,22	-2,18
M.Fosco				-0,86	-	-	0,49	1,63	0,16	0,41	-1,48
F.Mayo					0,83	-	-0,49	-	-0,16	-1,58	2,18
Talismã						-1,63	1,94	1,08	0,27	-0,14	-0,92
Amarelinho							2,51	-2,35	-4,49	-0,90	1,17
G.Precoce								2,79	-3,02	0,23	-2,30
Pérola									3,18	1,43	1,17
Madrepérola										0,68	-1,08
DP <sub>(Sii)</sub>	0,70	DP <sub>(Sii-Sjj)</sub>	0,98	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	1,10					DP <sub>(Gi)</sub>	0,35
DP <sub>(Sij)</sub>	0,78	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	1,15							DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0,53

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 9 - Estimativas médias da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para a produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela). Dados obtidos na média das três gerações do cruzamento dialélico de feijão. Lavras, MG.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0,01	-0,04	-0,08	-0,03	-0,01	0,07	0,08	-0,04	0,06	-0,01	0,08
MAII-22		0,01	-0,09	-0,17	0,05	-	0,07	-0,05	0,13	0,07	0,05
Eriparsa			0,06	0,21	-	-0,12	-0,02	0,12	-0,08	-0,06	-0,02
M.Fosco				0,20	-	-	-0,11	0,06	-0,21	-0,14	-0,07
F.Mayo					-0,07	-	0,01	-	0,04	0,06	-0,02
Talismã						0,06	0,08	-0,14	-0,03	0,01	0,05
Amarelinho							-0,01	-0,02	-0,04	-0,01	-0,05
G.Precoce								0,11	-0,04	-0,10	-0,04
Pérola									0,02	0,14	0,03
Madrepérola										0,02	0,01
DP <sub>(Sii)</sub>	0,02	DP <sub>(Sii-Sjj)</sub>	0,02	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	0,05					DP <sub>(Gi)</sub>	0,01
DP <sub>(Sij)</sub>	0,04	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	0,05							DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0,02

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 10 - Estimativas das correlações dos caracteres dois a dois, número de dias para o florescimento (NDF - dias) e para a maturidade fisiológica (NDMF - dias), taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela) na média dos híbridos e genitores.

	<b>PROD</b>	<b>NDF</b>	<b>NDMF</b>	<b>TAXA</b>
<b>PROD</b>	1	0,40**	0,35**	0,18 <sup>ns</sup>
<b>NDF</b>		1	0,72**	-0,52**
<b>NDMF</b>			1	-0,43*
<b>TAXA</b>				1

\*: Teste t significativo a 1% de probabilidade;

Fonte: Do Autor (2017).

## 5 DISCUSSÃO

O feijoeiro possui dois centros principais de domesticação, que são o Mesoamericano e o Andino (BITOCCHI et al. 2012). Os feijões dessas regiões são bem distintos em uma série de caracteres que vão desde o padrão de faseolina predominante até o tamanho dos grãos (KOENIG; SINGH; GEPTS, 1990; SINGH, 2001). No Brasil, feijões representativos desses dois centros, ou desses dois pools gênicos, são cultivados há longo tempo, embora ocorra predominância dos feijões Mesoamericano. Na escolha do parentais, para a realização desse trabalho, optou-se por envolver linhagens dos dois pools gênicos. No caso dos Andinos, eles se caracterizam por serem normalmente mais precoces, grãos maiores e crescimento vegetativo menos agressivo que os Mesoamericanos. Assim, procurou-se ter o máximo de variabilidade para os caracteres de interesse do estudo.

Deve ser enfatizado que algumas combinações híbridas não foram obtidas envolvendo o cruzamento das linhagens mesoamericanas “Flor de Mayo” e “Talismã” com os feijões Andinos “Eriparsa”, “Goiano Precoce” e “Manteigão Fosco”. Isso ocorre devido a um fenômeno de incompatibilidade que já foi amplamente estudado (SHII; MOK; MOK, 1981; VILARINHO et al., 2004; BRUZI; RAMALHO; ABREU, 2007; BOREL; RAMALHO; ABREU, 2016). No controle genético desse caráter, estão envolvidos dois genes e ocorre epistasia recessiva dupla. As linhagens Andinas normalmente têm o genótipo  $d_1d_1D_2D_2$  e as mesoamericanas  $D_1D_1d_2d_2$ . Quando elas são cruzadas a  $F_1$  tem o genótipo  $D_1d_1D_2d_2$ . A presença dos alelos dominantes dos dois genes, no mesmo indivíduo, afeta o crescimento e desenvolvimento das plantas  $F_1$ . Os sintomas são dependentes da temperatura, quando alta,

ocorre nanismo acentuado, as folhas ficam encarquilhadas e praticamente não produz semente. Ao que tudo indica o alelo  $Dl_1$  produz uma substância nas raízes e o  $Dl_2$  na parte aérea. Quando essas substâncias estão presentes no mesmo indivíduo ocorre a incompatibilidade. Quando a geração  $F_1$  do cruzamento Andino x Mesoamericano é viável é porque um dos genitores ou ambos têm o genótipo  $dl_1dl_1dl_2dl_2$  (BOREL; RAMALHO; ABREU, 2016).

Na condução de uma pesquisa dessa natureza, especialmente com leguminosa, existem algumas dificuldades. Tanto é assim, que as pesquisas envolvendo a taxa de acúmulo de matéria seca existentes na literatura são predominantemente com a cultura do milho (BORRÁZ et al., 2003; BORRÁZ et al., 2009; GASURA et al., 2013). Uma das dificuldades é a questão de amostragem. No feijoeiro, o florescimento se estende por dez ou mais dias (RAMALHO; FERREIRA, 1979; BATISTA<sup>1</sup>, 2017). Além do mais o vingamento floral é relativamente pequeno (REIS; RAMALHO; CRUZ, 1985; GUILHERME et al., 2014; MARTINS et al., 2017) e as flores/vagens que abortam são normalmente aquelas que ocorrem mais no final do florescimento (RAMALHO; FERREIRA, 1979).

Assim, como se anotou o início do florescimento, os períodos de coleta tiveram como referência essa data. Como as vagens surgem em diferentes momentos, nem sempre a vagem coletada representava a data da coleta que se desejava. Houve uma grande preocupação de, em cada coleta, escolher visualmente, vagens que estivessem no mesmo estágio de desenvolvimento. Uma outra variável é que dentro da mesma vagem ocorre variação no tamanho dos grãos, o que evidentemente pode mascarar os resultados da matéria seca obtida em cada época.

Como se utilizaram populações segregantes, o ideal era utilizar o maior número de vagens/planta possível para representar cada população segregante. Foram tomadas cinco vagens por parcela. Considerando que os experimentos tiveram na  $F_2$ , três repetições e na  $F_3$  e  $F_4$  quatro e que cada vagem tem em média de quatro a cinco sementes, pode-se inferir que cada população segregante tinha, por exemplo, nas gerações  $F_3$  e  $F_4$ , de 80 a 100 sementes. Esse número provavelmente representa cada população. Deve ser enfatizado, que o trabalho manual, em cada coleta, era enorme para abrir cada vagem e retirar os grãos em desenvolvimento com o menor dano possível. Essa dificuldade foi em especial, nas primeiras amostragens. Os grãos/sementes não estavam completamente formados e retirá-los das vagens era muito difícil.

---

<sup>1</sup> Informação Pessoal

Assim, utilizar número superior de vagem por parcela, considerando que foram avaliados 49 tratamentos, sem comprometer a qualidade dos dados obtidos, era praticamente inviável.

Uma outra dificuldade com o feijoeiro, é ter uma referência do momento de ocorrência do máximo acúmulo da matéria seca. No milho, por exemplo a ocorrência da camada negra é a referência de que naquele grão não mais irá ocorrer acúmulo de matéria seca (ARAÚJO et al., 2006). No feijão do tipo carioca, isto é, creme com estrias marrons, há informações que o máximo acúmulo de matéria seca ocorre quando aparecem as estrias no grão (VIEIRA; VIEIRA, 1997; MIGUEL<sup>2</sup>, 2017). Essa observação é fácil de ser feita, contudo só é válida para esse tipo de grão. A maioria dos genitores não tinham esse tipo de grão, e mesmo quando o genitor era carioca, no cruzamento com outra linhagem não carioca, ocorre segregação, com e sem estrias, assim não foi possível usar esse critério para identificar o momento do final da maturação fisiológica.

A estratégia para identificar esse momento foi por meio da equação de segundo grau (CRUZ et al., 1993). Estimou-se o ponto de máximo acúmulo de matéria seca. Esse momento foi considerado o final da maturidade fisiológica. Nem sempre foi fácil obter esse ponto de máximo, sobretudo devido a erros de amostragem que ocorreram por razões já apresentadas. Contudo, as altas estimativas do coeficiente de determinação (Tabela 1A) possibilitam ter credibilidade nas equações obtidas. A partir desse ponto de máximo, foi identificado o momento - dias - após a semeadura, em que o final da maturidade fisiológica ocorreu. Por diferença desse número de dias com o da ocorrência do início do florescimento, foi estabelecido o número de dias para a maturação fisiológica.

Na literatura existem algumas alternativas da estimativa da taxa de acúmulo de matéria seca por dia (CRUZ et al., 1992; BORRÁZ et al., 2009; GASURA et al., 2013). Nesse trabalho inicialmente foi utilizada a equação logística sugerida por Darroch e Baker (1990). Contudo, o ajustamento dos dados da equação logística em algumas parcelas não foi bom, dessa forma, optou-se por utilizar equações do segundo grau, o qual observou-se que o ajustamento foi bom, normalmente acima de 80% (Tabela 1A), como já foi mencionado. Com essa equação foi estimada a matéria seca para diferentes momentos. Por meio dessas estimativas obteve-se a equação de regressão linear entre a variável independente (X), número de dias do enchimento e a variável dependente (Y), matéria seca por grão, no momento especificado. Desse modo, a

---

<sup>2</sup> Informação Pessoal

TAXA correspondeu a estimativa do  $b$  da regressão, que é a resposta linear ao acúmulo de matéria seca por dia.

O inconveniente dessa TAXA é que ela considera que o acúmulo de matéria seca é o mesmo durante todo o período de enchimento dos grãos. Em realidade, o acúmulo de matéria seca não é constante durante todo o período decorrido do florescimento até o momento da colheita. Alguns pesquisadores consideram que ocorrem três fases durante esse período (LEE; TOLLENAAR, 2007). A primeira é relativamente curta, ela é denominada de fase *lag* e abrange o momento que ocorre a fertilização até quando se inicia a fase de intenso acúmulo de matéria seca nos grãos. Na fase *lag* o que predomina são inúmeras divisões celulares, visando ampliar o número de células nos grãos (LEE; TOLLENAAR, 2007). Para a cultura do milho, estima-se que ela dura de 7 a 15 dias e ao final os grãos tem aproximadamente 13% de matéria seca total no momento da colheita (GASURA et al., 2013). Para o feijoeiro não foi encontrado nenhum relato com relação a duração da fase *lag*. O emprego da equação linear, pelo menos em principio, possibilita uma boa comparação da taxa, sobretudo porque as equação de segundo grau foram bem semelhantes no diferentes tratamentos.

Nesse momento é preciso ressaltar que diferentemente das gramíneas, nas leguminosas o endosperma originado da união do núcleo reprodutivo do grão de pólen, com dois núcleos reprodutivos polares existentes no saco embrionário, são digeridos rapidamente (LACKEY, 2010). Segundo Dute e Peterson (1992), em leguminosas o endosperma é digerido nos primeiros dias após a fertilização, passando então, a ser o órgão de reserva os cotilédones. Os cotilédones ao contrário do endosperma são diplóides e oriundo de informações produzidas pelo embrião da semente. São escassas as informações a respeito da duração (número de dias) em que o endosperma permanece na semente em crescimento. Contudo, sabe-se que enquanto ele permanece, fornece energia para o zigoto-embrião no início do desenvolvimento. Depreende-se que a fase *lag* do feijoeiro deve ser bem distinta do que ocorre com o milho. Contudo, a duração provavelmente não é muito diferente.

O período subsequente, conhecido como período efetivo de acúmulo de matéria seca, é denominado de fase linear, isto porque tem-se um grande acúmulo linear de matéria seca no grão. Segundo Lee e Tollenaar (2007) mais de 90% da matéria seca total no grão é acumulada durante a fase linear, em gramíneas. Em última análise, esta fase é o foco de estudos, pois a duração e a taxa de acúmulo de matéria seca nesse período terá enorme reflexo na produtividade dos grãos da planta.

Embora o que foi comentado seja pertinente, nesse trabalho, por não ter sido possível diferenciar a fase *lag* e a linear, optou-se por considerar a taxa com acúmulo linear de matéria seca desde o momento da fertilização. Essa simplificação se justifica também porque, como o período de florescimento do feijoeiro pode se estender por mais de dez dias, evidentemente que identificar um período de duração média da fase *lag* é quase impossível.

Finalmente, foi proposto para a cultura do milho e pode ser extrapolado para a cultura do feijão a terceira fase da produção do grão/semente que é a fase *maturation drying*, ou seja, a perda de água após a maturidade fisiológica (GASURA et al., 2013). Sob o ponto de vista mais prático, esse período tem pouco significado, e não será considerado nesse trabalho. Já que aparentemente terá pouco reflexo na produtividade final da planta. Além do mais, o momento da colheita do feijão é muito variável, e ao contrário do milho, não é comum se obter o teor de umidade, como critério para se proceder a colheita dos grãos.

Observaram-se diferenças significativas na média geral das épocas/gerações para todos os caracteres (Tabela 2). Veja que as linhagens Andinas foram as que apresentaram as menores estimativas de NDF e NDMF. Em relação a TAXA, elas também foram as que apresentaram as maiores estimativas. Já para a PROD foram as linhagens Mesoamericanas que mostraram o melhor desempenho.

A explicação do efeito de gerações para os diferentes caracteres, só é possível considerando a ocorrência de dominância. Nessa condição com a endogamia a média da população segregante deveria cair, como ocorreu com a F<sub>4</sub>. Contudo, como será comentado a seguir, a dominância não foi expressiva para a maioria dos caracteres. Desse modo, sob o ponto de vista da genética, a média das gerações deveria ser semelhante. Deve ser salientado, entretanto, que as condições climáticas das três épocas que ocorrem na região são bem distintas em termos de temperatura e sobretudo de precipitação (SANTOS et al., 2015). Assim, grande parte do efeito devido às gerações avaliadas F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> ou F<sub>4</sub> foi relacionado à questão ambiental, devido as diferentes épocas de semeadura. A interação tratamentos x gerações/safras (T x G) também foi significativa para todos os caracteres. Esse fato é muito comum nos experimentos que são conduzidos com a cultura do feijoeiro na região (LIMA; RAMALHO; ABREU, 2012; FERREIRA et al., 2015). Embora ocorresse interação T x G, sob o ponto de vista prático, não tem como mitigar esse efeito, seria praticamente impossível recomendar um dado genótipo para cada época de semeadura. A opção é interpretar os dados considerando a média das três épocas/gerações. Assim as inferências realizadas, com relação aos tratamentos serão mais

acuradas sobretudo porque, cada média que está sendo considerada, é proveniente de 11 repetições, ou seja, a média das três safras com três a quatro repetições/safra em cada época/geração.

Em princípio, o que os melhoristas de feijão almejam é ter uma planta de crescimento indeterminado, o mais ereto possível e que inicie o florescimento precocemente. Além do mais que o florescimento dure de 10 a 15 dias, para atenuar possíveis efeitos de um problema climático. Adicionalmente, o foco deve ser direcionado em se ter a maior duração possível para o período de enchimento de grãos, isto porque em última análise é ele o responsável pela produtividade de grãos da planta.

Nesse trabalho foi constatado, na média geral, que o NDF foi superior ao NDMF, ou seja, NDF foi de 43,17 e NDMF foi de 38,43 (Tabela 3). Não foram encontrados relatos com a cultura do feijoeiro comparando NDF e NDMF. Para a cultura do milho, em pesquisa conduzida na região, NDF e NDMF foram semelhantes, médias de 66,3 e 64,2, respectivamente (TEIXEIRA, 2017). Entre os tratamentos foi observada diferença para o NDF e NDMF. Os genitores Andinos “Eriparsa”, “Goiano Precoce” e “Manteigão Fosco” foram na média, 5,28 dias mais precoce que os Mesoamericanos. Com relação ao NDMF a mesma tendência foi observada (Tabela 3).

Que os feijões Andinos são mais precoces já era conhecido, sobretudo porque todos os utilizados no presente trabalho, são de crescimento determinado. Contudo, não se encontraram relatos a respeito da duração no NDMF para esses genitores. Na literatura existem informações a respeito do controle genético do NDF (OLIVEIRA et al., 1996; MENDES et al., 2008). De modo geral, os trabalhos indicam que ocorre predominância do efeito aditivo, como foi observado nesse trabalho (Tabela 2). A média dos genitores foi 43,39 e dos híbridos de 42,94, isto é a heterose foi de pequena magnitude e no sentido de reduzir a expressão do caráter, na direção desejada pelos melhoristas (Tabela 3).

Um outro caráter de grande utilidade fisiológica é a taxa de acúmulo da matéria seca no grão (TAXA). A estimativa da TAXA é apresentada em gramas por grão, para refletir o que ocorre em cada grão. Observa-se que as fontes de variação associadas à heterose foram significativas. Sendo assim, depreende-se que a dominância também foi importante na manifestação desse caráter. Contudo, considerando a média geral dos genitores e dos híbridos, verifica-se que a heterose percentual foi pouco expressiva. A capacidade específica de combinação depende da divergência entre os genitores e a ocorrência de dominância

(FALCONER; MACKEY, 1996). Do que já foi mencionado, os genitores apresentaram divergência, mas não de grande magnitude (Tabela 3). Portanto, embora significativo, é esperado que o efeito da capacidade específica de combinação não seja expressivo para este caráter.

Na média geral, os genitores apresentaram desempenho superior ao dos híbridos, para a produtividade de grãos (g/parcela) (Tabela 3). Nessa condição para esse caráter, pode-se inferir que ocorre heterose, porém no sentido de reduzir a expressão do caráter. Na literatura há relatos de que a interação alélica de dominância tem menor importância que a aditiva (VIZGARRA; MORALES; RAMALHO, 1998; SILVA et al., 2004; MORETO et al., 2007; BALDONI; RAMALHO; ABREU, 2008; MARTINS et al., 2017). Entretanto, ocorrem relatos que a dominância pode ter efeito marcante na produtividade de grãos (CHUNG; STEVENSON, 1973; FOOLAD; BASSIRI, 1983; PEREIRA et al., 2007; GUILHERME et al., 2014). Contudo essa dominância é no sentido de melhorar a expressão do caráter e não reduzir a sua manifestação como ocorreu nesse trabalho. Deve ser enfatizado que a estimativa da heterose quando se consideram apenas os híbridos de Mesoamericano x Mesoamericano foi nula, o mesmo ocorreu quando se consideraram os híbridos Andino x Andino. Contudo, os híbridos entre os dois pools gênicos Mesoamericano x Andino a heterose foi - 27,69%, ou seja, a heterose foi de grande magnitude e negativa. Em inúmeras situações os melhoristas de feijão procuram ampliar a variabilidade por meio da hibridação de linhagens Andinas x Mesoamericanas. Em quase todas as ocasiões também constatou que a população híbrida tem desempenho inferior à média dos genitores, isto é, também ocorreu heterose negativa (SILVA et al., 2004; BOREL; RAMALHO; ABREU, 2016). A explicação da ocorrência de heterose negativa para a produtividade de grãos tem sido pesquisada e as informações disponíveis apontam um possível efeito de epistasia (MORETO; RAMALHO; BRUZI, 2012; BOREL et al., 2013; BOREL; RAMALHO; ABREU, 2016). Deve ser enfatizado, contudo, que esses dois pools gênicos são originados de regiões bem distintas e provavelmente durante o cultivo sucessivo nessas regiões desenvolveram combinações genótípicas favoráveis a cada condição. Assim, mesmo que esses genitores, dos dois pools gênicos, já sejam cultivados no Brasil a longo tempo, as combinações genótípicas favoráveis, desenvolvidas no passado, são mantidas ligadas nos cromossomos como se fossem blocos gênicos. Quando se cruza Andino x Mesoamericano, parte dessas combinações são desfeitas e as novas combinações genótípicas obtidas apresentam adaptação menor que dos genitores.

Independente do caráter, quando não ocorre dominância ou ela é de pequena magnitude, a escolha dos genitores pode ser realizada em função das estimativas da capacidade geral de combinação ( $g_i$ ). Por seu turno, nessa condição a associação da estimativa do  $g_i$  com a média deve ser alta e positiva (RAMALHO et al., 2012). Esse fato, foi comprovado para a maioria dos caracteres.

O conhecimento da associação entre caracteres é de grande importância nos trabalhos de melhoramento. Quando ela é nula, é necessário verificar se ocorre variação entre os indivíduos para os dois caracteres. Se não ocorrer, não é possível inferir que não ocorre associação, pois a correlação depende da existência de variabilidade para os dois caracteres (STEEL; TORRIE; DICKEY, 1997). Nesse trabalho, embora em algumas situações como o NDF e NDMF a variação não fosse aparentemente alta, a estimativa de  $r$  foi de maior magnitude e positiva. O que se desejava era que ela fosse negativa e no sentido de menor número de dias para o florescimento e maior número de dias para a maturidade fisiológica. Essa estimativa mostra que a possibilidade de sucesso dos melhoristas na seleção dos dois caracteres na direção desejada pode ser dificultada. A estimativa da correlação TAXA e NDMF foi também na direção não almejada, isto é, os genitores ou populações segregantes com maior número de dias para a maturidade fisiológica apresentaram menor acúmulo de matéria seca nos grãos. Não foram encontrados relatos a esse respeito com a cultura do feijoeiro. Existem relatos, em milho, que os resultados obtidos foram semelhantes aos relatados aqui (TEIXEIRA, 2017). Entretanto, Gasura et al. (2013) obtiveram resultados em que esses caracteres são positivamente associados com a produtividade e com pequena interação com o ambiente. Em função desses resultados as estimativas de  $r$  envolvendo a produtividade variaram de acordo com o caráter. Com a TAXA ela não foi significativa e com o NDF e NDMF foi significativa e positiva, porém não de grande magnitude. Depreende-se, sobretudo no caso de NDMF - TAXA e a PROD que a planta tem algum mecanismo de ajuste – plasticidade – isto é se o NDMF é pequeno, a produtividade é compensada por meio do incremento da taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos. Esse fato já foi comprovado no feijoeiro quando se avalia os três componentes primários da produção de grãos, número de vagens por planta (X), número de grãos/sementes por vagem (Y) e peso dos grãos (Z). A produtividade de grãos (W) é o produto de X.Y.Z. Se um dos eixos foi prejudicado por algum fator ambiental, o outro pode compensar mantendo a produtividade (LIMA; RAMALHO, 2016). Assim, é praticamente inviável tentar incrementar a TAXA e o NDMF

simultaneamente, a menos que seja oferecida condição ambiental sem nenhum estresse durante todo o ciclo.

## **6 CONCLUSÕES**

Em todos os caracteres avaliados foi encontrado variabilidade.

Para o NDF, NDMF e a TAXA a capacidade geral de combinação explicou a maior parte da variação. Já a PROD tanto a CGC como a CEC foram importantes. Para esse caráter a heterose foi relativamente expressiva, porém na média geral é negativa, pois muitas combinações híbridas envolveram genitores de pool gênico Andino x Mesoamericano.

Nenhuma das populações segregantes avaliadas mostrou ser viável a obtenção de novas linhagens que sejam precoces para o florescimento, com período mais longo de acúmulo de matéria seca nos grãos e alta TAXA.

## REFERÊNCIAS

- ANDRADE et al. Produtividade, crescimento e partição de matéria seca em duas cultivares de feijão. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 4, p. 683-688, 2009.
- ANDRADE, M. J. B. Fitotecnia. In: RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; GUILHERME, S.R. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira:2015-2017**. 1 ed. Lavras: UFLA, 2014. 84-94p.
- ARANTES, L. O.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Controle genético da incompatibilidade do cruzamento entre cultivares andinas e mesoamericanas de feijoeiro comum. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 3, p. 978-980, 2008.
- ARAÚJO, E. F. et al. Qualidade fisiológica de sementes de milho-doce colhidas em diferentes épocas. **Bragantia**, v. 65, n. 4, p.687-692, 2006.
- ARAÚJO, G. A. A.; FERREIRA, A. C. B. Manejo do Solo e Plantio. In: VIEIRA, C.; PAULA JR., T. J.; BORÉM, A. (Ed.). **Feijão**. 2 ed. Viçosa: UFV, 2006. 87-114p.
- AUDE, M. I. S. et al. Taxa de acúmulo de matéria seca e duração do período de enchimento de grão do trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 10, 1994.
- BALDONI A. B.; RAMALHO M. A. P.; ABREU A. F. B.; Allele frequency and selection efficiency in cross populations of Andean x Mesoamerican common bean. **Genet Mole Biol** v. 31, p. 914–919. 2008.
- BOREL, J.C. et al. Genetic and phenotypic parameters in common bean segregante populations from intra and inter-gene pool crosses of elite lines. **Euphytica**, v. 193, n. 1, p. 39-47, 2013.
- BOREL, J. C.; RAMALHO, M. A.; ABREU, A. F. Epistasis in intra-and inter-gene pool crosses of the common bean. **Genet. Mol. Res**, v. 15, n. 15017573, p. 10.4238, 2016.
- BERGONCI et al. Eficiência da irrigação em rendimento de grãos e matéria seca de milho, **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v. 36, n. 7, p. 949-956, 2001.
- BERNARDO, R. **Breeding for Quantitative Traits in Plants**.2nd ed., Woodbury: Stemma, 2010. 390p.
- BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York:Plenum, 1994.
- BITOCCHI, E. et al. Mesoamerican origin of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is revealed by sequence data. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 109, n. 14, p. E788-E796, 2012.

BOESEWINKEL, F. D.; BOUMAN, F. The Seed: Structure and Function. In: KIGEL, J.; GALILI, G.(Ed.). **Seed Development and Germination**. New York: Dekker,1995.1-24p.

BORRÁS, L. et al. Control of Kernel Weight and Kernel Water Relations by Post-Flowering Source-sink Ratio in Maize. **Annals of Botany**, v. 91, p. 857-867, 2003.

BORRÁS, Lucas et al. Characterization of grain-filling patterns in diverse maize germplasm. **Crop science**, v. 49, n. 3, p. 999-1009, 2009.

BROCKLEHURST, P. A. Factors controlling grain weight in wheat. **Nature**, London, v.266, p. 348-349, 1977.

BRUZI, A. T.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, Â. F. B. Desempenho de famílias do cruzamento entre linhagens de feijões andinos e mesoamericanos em produtividade e resistência a *Phaeoisariopsis griseola*. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 3, p. 650-655. 2007.

CASQUERO, P. A. et al. Performance of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces from Spain in the Atlantic and Mediterranean environments. **Genetic Resources and Crop Evolution**, Dordrescht, v. 53, n. 05, p. 1021-1032, 2006.

CHOWDHURY, S. I.; WARDLAW, F. I. The effects of temperature on kernel development in cereal. **Australian Journal Agricultural Research**, Victoria, v. 29, n. 2, p. 205-223, 1978.

CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira de Grãos 2016/2017**. Primeiro Levantamento. Novembro/2017, Brasília, 39 p, 2017.

COSTA, J. A.; TEIXEIRA, M. C. C.; MARCHESAN, E. Taxa e duração do acúmulo de matéria seca nos grãos de soja e sua relação com rendimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 9, p. 1577-1582, 1991.

COSTA, J. C. G.; ZIMMERMANN, M. J. O. Melhoramento genético. In: ZIMMERMANN, M. J. O.; ROCHA, M.; YAMADA, T. (Ed.). **A cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Potafós, p. 229-245, 1988.

CHUNG, J. H.; STEVENSON, E. Diallel analysis of the genetic variation in some quantitative traits in dry beans. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, v. 16, n. 2, p. 223-231, 1973.

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

CRUZ, C.D. Genes – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 35, p. 271-276. 2013.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV. 2012. 512p.

CUNHA, W. G. **Seleção recorrente em feijão do tipo carioca para porte ereto**. Lavras, MG: 2005. Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Lavras, 2005.

DARROCH, B. A.; BAKER, R. J. Grain filling in three spring wheat genotypes: statistical analysis. **Crop Science**, v. 30, n. 3, p. 525-529, 1990.

DEBOUCK, D. G.; HIADALGO, R. Morfologia de La planta de frijol comum. In: LÓPEZ, M.; FERNANDÉZ, F.; SCHOONHOVEN, A. **Frijol: Investigación y Producción**. CIAT. 1985. p. 7-42.

DUTE, R. R.; PETERSON, C. M. Early Endosperm Development in Ovules of Soybean, *Glycine max* (L.) Merr. (Fabaceae). **Annals of Botany**, v. 69, p. 263-271, 1992.

EGLI, D. B. et al. The effect of source- sink alterations on soybean seed growth. **Annals of Botany**, London, v.55, p. 395- 402, 1985.

FALCONER, D. S.; MACKAY, T. F. C. **Introduction to quantitative genetics**. 4 ed. Malaya: Pearson, 1996. 464 p.

FANCELLI, A. L. **Feijão: Tópicos Especiais de Manejo**. Piracicaba: ESALQ/USP/LPV, 2009. 208 p.

FERNÁNDEZ, F.; GEPTS, P.; LOPES, M. **Etapas de desarrollo de la planta de frijol** (*Phaseolus vulgaris* L.). Cali: Centro Internacional de Agricultura Tropical, 1985. 34 p.

FERREIRA, R. A. D. C. et al. Implications of the number of years assessment of recommendation of common bean cultivars. **Plant Breeding**, v. 134, p. 599–604. 2015.

FOOLAD, M. R.; BASSIRI, A. Estimates of combining ability, reciprocal effects and heterosis for yield and yield components in a common bean diallel cross. **The Journal of Agricultural Science**, v. 100, n. 1, p. 103-108, 1983.

GARDNER, C. O.; EBEHART, S. A. Analysis and interpretation of the variety cross diallel and related populations. **Biometrics**, v. 22, p. 439-452, 1966.

GASURA et al. Exploiting Grain-Filling Rate and Effective Grain-Filling Duration to Improve Grain Yield of Early-Maturing Maize. **Crop Science**, v. 53, 2013.

GEPTS, P. et al. Phaseolin-protein variability in wild forms of the common bean (*Phaseolus vulgaris*): evidence for multiple centers of domestication. **Economic Botany**, Bronx, v. 40, n. 4, p. 451- 468, 1986.

GRIFFING, B. Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Science**, v. 9, p.463-493, 1956.

GUILHERME, S. R. et al. Genetic control of inflorescence in common Bean. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 4, p. 10349-10358. 2014.

GUTIERREZ, L. et al. Combined networks regulating seed maturation. **Trends in Plant Science**, Oxford, v. 12, n. 7, 2007.

JINKS, J. L.; HAYMAN, B. I. The analysis of diallel crosses. **Maize Genetics Cooperation Newsletter**, v.27, p. 48-54, 1953.

JINKS, J. L.; POONI, H. S. Predicting the properties of recombinant inbred lines derived by single seed descent. **Heredity**, v. 36, n. 2, p. 253-266, 1976.

KOENIG, R. L.; SINGH, S. P.; GEPTS, P. Novel phaseolin types in wild and cultivated common bean (*Phaseolus vulgaris*, Fabaceae). **Economic Botany**, v. 44, n. 1, p. 50-60, 1990.

LACKEY, J. A. Endosperm size diversity in domesticated, wild, and semiwild soybean. **Crop science**, v. 50, n. 1, p. 168-176, 2010.

LEE, E. A.; TOLLENAAR, M. Physiological basis of successful breeding strategies for maize grain yield. **Crop Science**, v. 47, p. 202–215, 2007.

LIMA, K. L.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Selection of common bean inbred lines with tolerance to high moisture at harvest. **Ciência e Agrotecnologia**. v. 37, p. 152–158. 2012.

LIMA, J. G.; RAMALHO, M. A. P. Geometry applied to breeding common beans (*Phaseolus vulgaris*). **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-8, 2016.

MAEHLER et al. Qualidade de grãos de duas cultivares de soja em função da disponibilidade de água no solo e arranjo de plantas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 2, p. 213-218, 2003.

MARTINS, E. S. et al. Genetic control of number of flowers and pod set in common bean. **Genetics and molecular research**, v. 16, n. 3, 2017.

MENDES, F. F.; RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B. Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, p. 1312-1318, 2009.

MENDES, M. P. et al. Genetic control of the number of days to flowering in common bean. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 8, p. 279-282, 2008.

MESSINA, V. Nutritional and health benefits of dried beans. **The American journal of clinical nutrition**, v. 100, n. Supplement 1, p. 437S-442S, 2014.

MIGUEL, J. A. C. **Variabilidade para o momento de máximo acúmulo de matéria seca de grãos entre linhagens de feijoeiro do tipo carioca**. 2017. 82 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

- MORETO, A. L. et al. Estimação dos componentes da variância fenotípica em feijoeiro utilizando o método genealógico. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 4, p. 1035-1042. 2007
- MORETO, A. L. ; RAMALHO, M. A. P. ; BRUZI, A.T. Epistasis detection in common bean using the Triple Test Cross design. **Euphytica** (Wageningen), v. 174, p. 1, 2012.
- MOURA, L. M. et al. Diallel analysis to choose parents for black bean (*Phaseolus vulgaris* L.) breeding. **Genetics and Molecular Research**, v. 15, p. 1-12, 2016.
- MUKESHIMANA et al. Quantitative Trait Loci Associated with Drought Tolerance in Common Bean, **Crop Science**, v. 52, 2014.
- OLIVEIRA, L. B.; et al. Alternative procedures for parent choice in a breeding program for the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Brazilian Journal of Genetics**, Ribeirão Preto, v. 19, n. 4, p. 611-615, 1996.
- PEREIRA, I. A. M.; RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. Efeito materno na determinação do tamanho da semente do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Prática**, v. 14, p. 283-290, 1990.
- PEREIRA, H. S. et al. Informações fenotípicas e marcadores microsatélites de QTL na escolha de populações segregantes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 42, n. 5, p. 707-713, 2007.
- PETERNELLI, L. A.; BORÉM, A. Hibridação em feijão. In: BORÉM, A. **Hibridação artificial de plantas**. Viçosa: UFV, 1999. 546 p.
- R CORE TEAM (2017). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- RAMALHO, M. A. P. et al. **Aplicações da Genética Quantitativa no Melhoramento de Plantas Autógamas**. Lavras, UFLA, 2012. 522 p.
- RAMALHO, M. A. P.; FRREIRA, M. M. Comportamento de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao florescimento e vingamento das vagens. **Ciencia e Prática**. v. 3, n. 1, p. 80-84, 1979.
- REIS, W. P.; RAMALHO, M. A. P.; CRUZ, J. C. Arranjos e populações do feijoeiro na consorciação com o milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 20, n. 5, p. 575-584, 1985.
- SANTOS et al. Botânica. In: CARNEIRO; PAULA JUNIOR; BORÉM (Ed.). **Feijão do plantio à colheita**. Viçosa: Ed. UFV, 2015. 384p.
- SCOTT, A. J.; KNOTT, M. A. Cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. **Biometrics**, Washington, p. 507-512, 1974.

SHII, C. T.; MOK, M. C.; MOK, David WS. Developmental controls of morphological mutants of *Phaseolus vulgaris* L.: differential expression of mutant loci in plant organs. **genesis**, v. 2, n. 3, p. 279-290, 1981.

SILVA, N. O. et al. Performance of common bean families after different generations under natural selection. **Genetics and Molecular Biology**, v. 27, n. 4, p. 574-578, 2004.

SILVA, H. T. da. **Morfologia do feijoeiro**. 2008. In: EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Embrapa arroz e feijão. Disponível em: <[http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01\\_9\\_1311200215101.m1](http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Agencia4/AG01/arvore/AG01_9_1311200215101.m1)>. Acesso em: 17 Julho, 2014.

SILVA, O. F.; COSTA, A. E. Caracterização botânica de espécies silvestres do gênero *Phaseolus* L.(Leguminosae). **Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (INFOTECA-E)**, 2013.

SILVA, H. T.; WANDER A. O. O feijão-comum no Brasil, passado, presente e futuro. **Embrapa Arroz e Feijão-Documentos (DOC 287)**, 63 p. 2003.

SILVA, M. P. et al. Análise dialéctica da capacidade combinatória em feijão de vagem. **Horticultura brasileira**, v. 22, n. 2, 2004.

SINGH, S. P. Bean Genetics. In: In: SCHOONHOVEN, A.; VOYSEST, O. **Common Beans: Research for Crop Improvement**. CIAT, 1991. 199-286p.

SINGH, S. P. Broadening the genetic base of common bean cultivars. **Crop Science**, v. 41, n. 6, p. 1659-1675, 2001.

SPIERTZ, J. H. J. The influence of temperature and light intensity on grain growth in relation to carbohydrate and nitrogen economic of the with plant. **Netherlands Journal Agriculture Science**, v. 25, p. 182-192, 1977.

SPRAGUE, G. F.; TATUM, L. A. General vs specific combining ability in single crosses of corn. **Journal of the American Society of Agronomy**, v.34, p.923-932, 1942.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: a biometrical approach**. 3.ed. New York: McGraw Hill Book, 1997. 666p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Crescimento e desenvolvimento. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia vegetal**. 5 ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. p. 365-400.

TEIXEIRA, R. K. S. **Controle genético da taxa de enchimento dos grãos de milho**. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.

TSUTSUMI, C. Y.; BULEGON, L. G.; PIANO, J. T. Melhoramento genético do feijoeiro, avanços, perspectivas e novos estudos. **Nativa**, v. 3, n. 3, p. 217-223, 2015.

VILARINHO, L. B. O. et al. Evaluation of the Milionário bean cultivar as bridge-crossing

between 'Rudá' and 'Jalo EEP 558'. **Crop Breeding And Applied Biotechnology**, Brasil, v. 4, n.4, 2004.

VIEIRA, E. H. N.; RAVA, C. A. **Sementes de Feijão: Produção e Tecnologia**. EMBRAPA, 2000. 270p.

VIEIRA, E. H. N.; VIEIRA, N. R. A. Indicadores visuais da maturação fisiológica do feijão. EMBRAPA, Goiânia: Embrapa-CNPAF-APA, (**Documento 73**), 22p. 1997.

VIZGARRA O. N.; MORALES, F. J.; RAMALHO, M. A. P. Combining abilities of some common bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) cultivars having mechanisms of resistance to bean golden mosaic virus (BGMV). Brazil. **J. Genet**, v.15, p.871-878. 1998.

ZILIO, M. et al. Contribuição dos componentes de rendimento na produtividade de genótipos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 42, n. 2, p. 429-438, 2011.

WANDER, A. E. Socioeconomia. In: RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B.; GUILHERME, S.R. (Ed.). **Informações técnicas para o cultivo do feijoeiro-comum na Região Central-Brasileira:2015-2017**. 1 ed. Lavras: UFLA, 2014. 15-21p.

WRICKE, G.; WEBER, W.E. **Quantitative genetics and selection in plant breeding**. New York: Walter de Gruyter, 1986. 406 p.

## APÊNDICE

Tabela 1A - Estimativas médias do máximo de matéria seca entre os genitores e híbridos de feijão nas gerações F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> Lavras, MG.

Trat	b0	b1	b2	R <sup>2</sup>	Trat	b0	b1	b2	R <sup>2</sup>
1	-0.1067	0.0132	-0.0002	0.9114	26	-0.1147	0.0142	-0.0002	0.9166
2	-0.0818	0.0095	-0.0001	0.9133	27	-0.1019	0.0118	-0.0001	0.8857
3	-0.0547	0.0049	0.0000	0.8993	28	-0.0975	0.0110	-0.0001	0.8204
4	-0.0830	0.0092	-0.0001	0.9068	29	-0.1121	0.0133	-0.0001	0.9085
5	-0.1045	0.0128	-0.0002	0.8794	30	-0.0640	0.0063	0.0000	0.9203
6	-0.0728	0.0084	-0.0001	0.9270	31	-0.0529	0.0048	0.0000	0.9078
7	-0.0697	0.0070	0.0000	0.8890	32	-0.1231	0.0151	-0.0002	0.9175
8	-0.1049	0.0127	-0.0001	0.8827	33	-0.0778	0.0079	0.0000	0.9091
9	-0.0928	0.0104	-0.0001	0.8607	34	-0.0791	0.0089	0.0000	0.9355
10	-0.1067	0.0128	-0.0001	0.8812	35	-0.0882	0.0099	-0.0001	0.8804
11	-0.1010	0.0119	-0.0001	0.8990	36	-0.0648	0.0065	0.0000	0.9079
12	-0.0973	0.0110	-0.0001	0.8433	37	-0.0516	0.0047	0.0000	0.9212
13	-0.0748	0.0076	0.0000	0.8987	38	-0.0632	0.0051	0.0001	0.9080
14	-0.1164	0.0126	-0.0001	0.8913	39	-0.0594	0.0063	0.0000	0.9238
15	-0.1033	0.0115	-0.0001	0.8850	40	-0.1033	0.0123	-0.0001	0.9269
16	-0.0729	0.0074	0.0000	0.8930	41	-0.0844	0.0101	-0.0001	0.9000
17	-0.0901	0.0098	-0.0001	0.8932	42	-0.0919	0.0109	-0.0001	0.8768
18	-0.0718	0.0074	0.0000	0.9141	43	-0.0992	0.0098	0.0000	0.8991
19	-0.0682	0.0071	0.0000	0.9035	44	-0.1051	0.0121	-0.0001	0.9238
20	-0.0672	0.0062	0.0000	0.8968	45	-0.1265	0.0136	-0.0001	0.9068
21	-0.0886	0.0099	-0.0001	0.9040	46	-0.0788	0.0089	-0.0001	0.8952
22	-0.1099	0.0126	-0.0001	0.8724	47	-0.1121	0.0119	-0.0001	0.8686
23	-0.1171	0.0143	-0.0002	0.8972	48	-0.0534	0.0058	0.0000	0.9107
24	-0.0714	0.0072	0.0000	0.8864	49	-0.1242	0.0150	-0.0002	0.8901
25	-0.0781	0.0079	0.0000	0.9051					

Tabela 2A - Resumos das análises de variância individuais do número de dias para o florescimento (NDF), número de dias para maturidade fisiológica (NDMF), taxa de acúmulo de matéria seca nos grãos (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela). Dados obtidos nas gerações F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub> e F<sub>4</sub> do cruzamento dialélico de feijão, Lavras, MG.

FV	GL	QM											
		F <sub>2</sub>				F <sub>3</sub>				F <sub>4</sub>			
		NDF	NDMF	TAXA	PROD	NDF	NDMF	TAXA	PROD	NDF	NDMF	TAXA	PROD
Blocos	2/3 <sup>1</sup>	0.63	4.29	0.94	0.198	0.34	6.32	0.91	0.04	1.32	7.73	1.46	0.010
Tratamentos	48	16.45**	59.56**	3.49**	0.06**	32.62**	44.66**	5.76**	0.13**	69.52**	42.46**	6.59**	0.012*
Resíduo	96/144 <sup>1</sup>	0.22	13.48	0.78	0.032	0.3	4.37	0.68	0.01	1.4	7.44	1.12	0.008
rgg'		0.99	0.87	0.88	0.92	0.99	0.95	0.94	0.95	0.94	0.91	0.91	0.59
Média Geral		40	39	7.06	0.86	38	40	6.66	0.49	52	38	5.83	0.31

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 3A - Médias do número de dias para o florescimento (NDF - dias) (acima da diagonal) e número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias) (abaixo da diagonal). Dados obtidos na F<sub>2</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “águas” de 2014.

	Par	MAII	Erip	M.Fosc	F.May	Tal	Amar	G.Prec	Pero	Madre	Pais
Paraná		42	37	39	41	41	43	36	41	41	41
MAII-22	44		38	39	41	-	42	38	41	41	42
Eriparsa	32	34		36	-	38	38	35	37	38	35
M.Fosco	42	34	39		-	-	40	36	40	40	40
F.Mayo	38	44	-	-		-	42	-	41	41	43
Talismã	44	-	34	-	-		41	37	41	40	41
Amarel	40	40	34	39	38	32		39	43	42	43
G.Precoce	39	32	32	34	-	44	32		37	37	35
Pérola	38	36	38	42	38	36	34	32		41	43
Madrep	43	40	32	34	36	44	37	32	44		40
Pais	43	44	32	34	43	32	43	37	44	39	

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 4A - Médias para o caráter taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>) (acima da diagonal) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela) (abaixo da diagonal). Dados obtidos na F<sub>2</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “águas” de 2014.

	Par	MAII	Erip	M.Fosc	F.May	Tal	Amar	G.Prec	Pero	Madre	Pais
Paraná		5.62	6.6	7.02	5.85	6.33	5.79	6.73	6.49	6.26	6.48
MAII-22	1.07		7.54	7.1	5.93	-	6.62	7.89	7.02	7.03	7.39
Eriparsa	0.91	0.68		9.61	-	7.25	6.91	9.13	7.33	6.77	9.97
M.Fosco	0.84	0.41	1.11		-	-	6.68	7.81	6.8	6.95	10.78
F.Mayo	0.96	1.03	-	-		-	7.8	-	6.57	6.47	5.54
Talismã	1.39	-	0.71	-			6.72	7.27	7.02	6.39	6.95
Amarelinho	0.99	0.93	0.58	0.33	0.65	0.99		6.92	7.77	6.68	5.8
G.Precoce	0.85	0.91	0.97	0.81	-	0.69	0.65		7.62	6.21	8.33
Pérola	1.24	1.30	0.77	0.41	0.94	0.87	0.62	0.75		7.24	7.71
Madrepérola	1.03	1.16	0.77	0.31	0.96	1.04	0.64	0.65	1.26		5.46
Pais	1.01	0.98	0.97	1.07	0.40	1.21	0.57	1.07	1.03	0.83	

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 5A - Média geral, dos pais e híbridos do caráter número de dias para o florescimento (NDF - dias) (acima da diagonal) e número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF - dias) (abaixo da diagonal). Dados obtidos na F<sub>3</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “seca” de 2014.

	Par	MAII	Erip	M.Fosc	F.May	Tal	Amar	G.Prec	Pero	Madre	Pais
Paraná		40	36	37	39	39	41	35	41	39	40
MAII-22	43		36	37	39	-	41	34	40	39	40
Eriparsa	39	35		33	-	36	33	32	37	36	32



Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 8A - Médias para o caráter taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA - g grão<sup>-1</sup> dia<sup>-1</sup>) (x10<sup>3</sup>) (acima da diagonal) e produtividade de grãos (PROD - Kg/parcela) (abaixo da diagonal). Dados obtidos da geração F<sub>4</sub>, na safra de “inverno” 2015.

	Par	MAII	Erip	M.Fosc	F.May	Tal	Amar	G.Prec	Pero	Madre	Pais
Paraná		4.81	4.59	6.15	7.01	5.23	5.51	7.87	6.03	6.40	3.95
MAII-22	0.30		8.59	6.15	4.35	-	5.14	7.37	6.23	5.27	8.35
Eriparsa	0.32	0.38		6.75	-	5.43	6.80	6.76	5.10	5.23	7.42
M.Fosco	0.23	0.28	0.33		-	-	4.89	6.49	5.45	4.94	7.47
F.Mayo	0.38	0.39	-	-		-	5.36	-	5.00	5.11	5.72
Talismã	0.31	-	0.31	-	-		5.00	3.52	5.04	6.48	6.27
Amar	0.41	0.33	0.27	0.23	0.29	0.33		7.63	4.21	5.05	3.86
G.Precoce	0.30	0.25	0.39	0.29	-	0.24	0.24		6.4	2.53	7.33
Pérola	0.29	0.26	0.31	0.21	0.36	0.28	0.23	0.33		5.81	7.62
Madrep	0.28	0.25	0.31	0.31	0.30	0.28	0.32	0.27	0.25		5.70
Pais	0.46	0.34	0.29	0.32	0.41	0.32	0.28	0.28	0.37	0.41	

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 9A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para o florescimento (NDF). Dados obtidos na F<sub>2</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “águas” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.41	0.60	-0.52	-0.32	-0.82	0.26	1.08	-1.48	0.08	0.29	0.61
MAII		0.80	-0.32	-1.13	-0.62	-	-0.06	0.38	-0.40	0.15	0.75
Eriparsa			0.56	-0.58	-	0.67	-0.85	0.92	-1.52	0.70	-2.45
M.Fosco				1.61	-	-	-0.32	-0.55	-0.32	0.23	-0.65
Flor de Mayo					0.96	-	-0.82	-	-0.82	-0.26	1.17
Talismã						0.11	-0.41	-0.63	0.26	-0.18	0.43
Amarelinho							0.08	0.18	0.74	0.29	1.61
G.Precoce								0.96	-0.48	-0.59	-2.82
Pérola									1.41	-0.36	0.94
Madrepérola										-0.14	0.39
DP <sub>(Sii)</sub>	0.22	DP <sub>(Sii-Sij)</sub>	0.31	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	0.35					DP <sub>(Gi)</sub>	0.05
DP <sub>(Sij)</sub>	0.25	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	0.36							DP <sub>(Gi-Gj)</sub>	0.13

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 10A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF). Dados obtidos na F<sub>2</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “águas” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.33	2.36	-4.97	1.95	-4.00	3.72	-1.03	1.89	-4.14	3.55	2.67
MAII		3.72	-1.94	-4.68	3.69	-	0.33	-4.08	-4.45	1.25	1.31
Eriparsa			1.07	5.66	-	-0.58	-1.33	0.59	1.89	-1.75	-3.37
M.Fosco				-2.76	-	-	1.59	-0.49	3.15	-2.82	-0.62
Flor de Mayo					2.99	-	-2.03	-	-2.81	-2.45	1.34
Talismã						-5.56	5.69	1.28	4.58	-5.06	-0.05
Amarelinho							3.61	-3.47	-6.17	-0.81	0.70

G.Precoce					5.45	-4.25	-2.22	-2.89
Pérola						3.39	5.41	1.47
Madrepérola							2.44	-0.55
DP <sub>(Sii)</sub>	1.75	DP <sub>(Sii-Sjj)</sub> 2.44	DP <sub>(Sij-Skl)</sub> 2.73				DP <sub>(Gi)</sub>	0.58
DP <sub>(Sij)</sub>	1.95	DP <sub>(Sij-Sik)</sub> 2.87					DP <sub>(Gi-Gj)</sub>	0.86

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 11A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA). Dados obtidos na F<sub>2</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “águas” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.74	-0.65	-0.68	-0.27	-0.01	0.12	-0.26	-0.12	-0.03	0.42	-0.66
MAII		0.56	-0.29	-0.74	-0.47	-	0.02	0.49	-0.06	0.63	-0.11
Eriparsa			1.12	0.76	-	-0.52	-0.69	0.72	-0.75	-0.62	0.89
M.Fosco				1.92	-	-	-0.92	-0.60	-1.28	-0.44	0.89
Flor de Mayo					-0.44	-	1.62	-	-0.09	0.50	-0.53
Talismã						0.25	0.18	-0.06	0.003	0.07	-0.18
Amarelinho							-0.56	-0.25	0.91	0.52	-0.34
G.Precoce								0.35	-0.03	-0.74	0.45
Pérola									0.37	0.59	0.13
Madrepérola										-0.47	-0.55
DP <sub>(Sii)</sub>	0.42	DP <sub>(Sii-Sjj)</sub> 0.58	DP <sub>(Sij-Skl)</sub> 0.65							DP <sub>(Gi)</sub>	0.13
DP <sub>(Sij)</sub>	0.46	DP <sub>(Sij-Sik)</sub> 0.69								DP <sub>(Gi-Gj)</sub>	0.20

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 12A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para produtividade de grãos (PROD). Dados obtidos na F<sub>2</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “águas” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Peróla	Madrep.	CGC
Paraná	-0.16	-0.03	-0.08	-0.04	0.04	0.25	0.13	-0.13	0.16	0.01	0.15

MAII-22	-0.06	-0.24	-0.40	0.17	-	0.14	-0.01	0.29	0.21	0.08
Eriparsa		0.15	0.41	-	-0.25	-0.09	0.15	-0.13	-0.07	-0.02
M.Fosco			0.47	-	-	-0.23	0.11	-0.38	-0.41	-0.13
F.Mayo				-0.27	-	0.03	-	0.10	0.19	-0.09
Talismã					0.10	0.17	-0.27	-0.17	0.05	0.12
Amarelinho						0.03	-0.02	-0.13	-0.06	-0.16
G.Precoce							0.25	-0.14	-0.18	-0.02
Pérola								0.04	0.33	0.06
Madrepérola									-0.03	-0.01
DP <sub>(Sii)</sub>	0.02	DP <sub>(Sii-Sij)</sub>	0.03	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	0.02				DP <sub>(Gi)</sub>	
DP <sub>(Sij)</sub>	0.03	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	0.04						DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 13A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para o Florescimento (NDF). Dados obtidos na F<sub>3</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “seca” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.43	0.31	0.14	-0.63	-1.05	-0.62	1.24	-0.09	0.55	-0.73	1.17
MAII		0.70	0.52	-1.00	-0.41	-	1.38	-0.95	-0.30	-0.59	1.03
Eriparsa			0.11	-0.67	-	0.33	-3.04	0.86	0.76	0.22	-2.78
M.Fosco				0.79	-	-	-1.57	0.09	1.49	0.69	-1.01
Flor de Mayo					-0.03	-	0.51	-	-0.92	-0.21	0.91
Talismã						1.31	0.18	-1.15	-0.25	-0.79	0.48
Amarelinho							0.05	-1.02	0.62	1.57	1.11
G.Precoce								1.63	-0.71	-0.75	-3.55
Pérola									-1.06	0.89	1.79
Madrepérola										-0.14	0.83

$DP_{(Sii)}$	0.23	$DP_{(Sii-Sij)}$	0.32	$DP_{(Sij-Skl)}$	0.35	$DP_{(Gi)}$	0.07
$DP_{(Sij)}$	0.25	$DP_{(Sij-Sik)}$	0.37			$DP_{(Gi - Gj)}$	0.12

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 14A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF). Dados obtidos na F<sub>3</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “seca” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	2.19	1.68	-0.22	-2.43	0.44	-2.74	1.63	-3.59	2.42	-1.59	1.63
MAII		3.16	-3.73	-0.70	-1.07	-	1.61	-3.11	0.16	-0.86	1.14
Eriparsa			1.35	-0.60	-	0.33	-3.03	1.98	0.50	1.48	-1.44
M.Fosco				1.18	-	-	-1.24	2.52	-2.20	2.02	-1.98
Flor de Mayo					-0.81	-	-0.12	-	0.92	-1.09	2.88
Talismã						0.56	-0.30	0.95	-2.26	2.96	-1.67
Amarelinho							2.07	-2.41	0.61	-0.90	1.69
G.Precoce								2.61	-2.86	0.86	-2.07
Pérola									1.90	-1.11	1.40
Madrepérola										-0.88	-1.57
$DP_{(Sii)}$	0.86	$DP_{(Sii-Sij)}$	1.21	$DP_{(Sij-Skl)}$	1.35					$DP_{(Gi)}$	0.28
$DP_{(Sij)}$	0.96	$DP_{(Sij-Sik)}$	1.42							$DP_{(Gi - Gj)}$	0.42

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 15A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA). Dados obtidos na F<sub>3</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “seca” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	-0.14	0.47	-1.26	-0.24	0.55	0.32	0.46	-0.56	0.35	0.18	-0.72
MAII		0.16	-0.57	-1.08	-0.29	-	0.55	-0.05	0.38	0.28	-0.06
Eriparsa			0.92	0.84	-	-0.58	-1.18	1.00	0.64	-0.67	0.73

M.Fosco	1.31	-	-	-1.60	0.15	0.20	-0.74	0.73
Flor de Mayo		-1.28	-	1.39	-	0.01	1.20	-0.31
Talismã			0.32	-0.19	-0.79	0.07	0.70	-0.20
Amarelinho				0.66	-0.80	-0.09	0.12	-1.15
G.Precoce					1.66	-1.19	-0.93	0.50
Pérola						-0.35	0.33	0.15
Madrepérola							-0.24	0.34
$DP_{(Sii)}$	0.34	$DP_{(Sii-Sij)}$	0.47	$DP_{(Sij-Skl)}$	0.53		$DP_{(Gi)}$	0.12
$DP_{(Sij)}$	0.38	$DP_{(Sij-Sik)}$	0.56				$DP_{(Gi-Gj)}$	0.18

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 16A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para produtividade de grãos (PROD).  
Dados obtidos na F<sub>3</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra das “seca” de 2014.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.06	-0.04	-0.12	0.02	-0.06	-0.01	0.01	0.02	0.06	0.01	0.04
MAII		0.07	-0.09	-0.08	-0.06	-	0.04	-0.09	0.14	0.04	0.04
Eriparsa			0.08	0.19	-	-0.09	0.06	0.10	-0.11	-0.10	-0.06
M.Fosco				0.05	-	-	-0.05	0.04	-0.19	-0.04	-0.05
Flor de Mayo					0.05	-	-0.01	-	-0.01	0.04	-0.02
Talismã						0.05	0.01	-0.11	0.09	0.01	0.03
Amarelinho							-0.07	0.01	0.05	-0.01	0.01
G.Precoce								0.07	-0.02	-0.09	-0.07
Pérola									-0.07	0.13	0.04
Madrepérola										0.01	0.01
$DP_{(Sii)}$	0.01	$DP_{(Sii-Sij)}$	0.05	$DP_{(Sij-Skl)}$	0.01					$DP_{(Gi)}$	0.01
$DP_{(Sij)}$	0.01	$DP_{(Sij-Sik)}$	0.04							$DP_{(Gi-Gj)}$	0.01

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 17A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para o Florescimento (NDF). Dados obtidos na F<sub>4</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra de “inverno” 2015.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.84	1.74	-1.39	-1.77	-1.30	-0.05	0.96	-2.07	0.79	1.40	2.05
MAII		-3.59	1.01	-1.37	0.60	-	2.12	-0.41	1.70	1.55	0.64
Eriparsa			2.12	1.49	-	-0.03	-1.26	2.19	-1.43	-5.57	-4.21
M.Fosco				1.60	-	-	-1.15	0.80	-1.06	-0.21	-2.83
Flor de Mayo					-0.69	-	-1.17	-	0.40	-0.48	1.19
Talismã						-0.19	0.32	-1.46	0.15	0.51	1.94
Amarelinho							0.34	-1.19	-0.07	0.77	2.42
G.Precoce								2.26	-2.61	-0.50	-4.53
Pérola									0.50	1.11	2.09
Madrepérola										0.71	1.23
DP <sub>(Sii)</sub>	1.17	DP <sub>(Sii-Sij)</sub>	1.64	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	1.83					DP <sub>(Gi)</sub>	0.39
DP <sub>(Sij)</sub>	1.31	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	1.92							DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0.58

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 18A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para o número de dias para a maturidade fisiológica (NDMF). Dados obtidos na F<sub>4</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra de “inverno” 2015.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	2.14	1.01	-1.96	-1.97	0.82	-2.71	3.10	-3.03	2.87	-2.43	1.41
MAII		2.13	-2.34	0.64	-0.05	-	-0.02	-3.41	1.24	-1.06	1.79
Eriparsa			1.18	-1.33	-	1.68	0.99	2.60	-1.98	-0.54	-1.72
M.Fosco				-1.34	-	-	1.48	2.59	-1.24	1.94	-1.7
Flor de Mayo					-0.98	-	-0.21	-	0.80	-2.01	2.73
Talismã						-0.32	0.74	0.60	-1.48	1.70	-0.97
Amarelinho							2.06	-1.32	-7.66	-1.22	0.95

G.Precoce						0.27	-1.55	2.38	-1.90
Pérola							4.10	0.79	0.68
Madrepérola								0.23	-1.25
DP <sub>(Sii)</sub>	1.12	DP <sub>(Sii-Sij)</sub>	1.57	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	1.76			DP <sub>(Gi)</sub>	0.37
DP <sub>(Sij)</sub>	1.25	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	1.84					DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0.55

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 19A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para taxa de acúmulo de matéria seca (TAXA). Dados obtidos na F<sub>4</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra de “inverno” 2015.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	-1.46	-1.34	-1.53	0.27	1.66	-0.02	0.44	1.81	0.36	1.27	-0.19
MAII		1.45	1.72	-0.46	-1.74	-	-0.66	0.58	-0.17	-0.60	0.54
Eriparsa			0.57	0.16	-	-0.53	1.02	0.01	-1.27	-0.62	0.51
M.Fosco				1.13	-	-	-0.63	-0.01	-0.67	-0.66	0.26
Flor de Mayo					0.42	-	0.36	-	-0.60	0.03	-0.25
Talismã						1.18	0.09	-2.35	-0.45	1.50	-0.35
Amarelinho							-0.85	1.92	-1.10	0.25	-0.54
G.Precoce								0.64	0.09	-3.24	0.43
Pérola									1.70	0.42	0.05
Madrepérola										0.82	-0.46
DP <sub>(Sii)</sub>	0.43	DP <sub>(Sii-Sij)</sub>	0.61	DP <sub>(Sij-Skl)</sub>	0.68					DP <sub>(Gi)</sub>	0.14
DP <sub>(Sij)</sub>	0.48	DP <sub>(Sij-Sik)</sub>	0.71							DP <sub>(Gi - Gj)</sub>	0.21

Fonte: Do Autor (2017).

Tabela 20A - Estimativas da capacidade geral de combinação (CGC) e da capacidade específica de combinação (CEC) para produtividade de grãos (PROD). Dados obtidos na F<sub>4</sub> do cruzamento dialélico de feijão, na safra de “inverno” 2015.

	Paraná	MAII-22	Eriparsa	M.Fosco	F.Mayo	Talismã	Amarel	G.Precoce	Pérola	Madrep	CGC
Paraná	0.09	-0.03	-0.02	-0.08	0.01	-0.02	0.09	-0.01	-0.03	-0.05	0.02

MAII	0.02	0.06	-0.01	0.04	-	0.03	-0.04	-0.04	-0.05	0.01
Eriparsa		-0.05	0.04	-	-0.01	-0.03	0.08	0.01	-0.01	0.01
M.Fosco			0.05	-	-	-0.04	0.02	-0.06	0.02	-0.02
Flor de Mayo				0.02	-	-0.04	-	0.02	-0.05	0.04
Talismã					0.03	0.04	-0.05	-0.01	-0.02	-0.01
Amarelinho						0.01	-0.03	-0.05	0.02	-0.02
G.Precoce							0.01	0.05	-0.02	-0.02
Pérola								0.08	-0.04	-0.01
Madrepérola									0.11	-0.01
$DP_{(Sii)}$	0.01	$DP_{(Sii-Sij)}$	0.01	$DP_{(Sij-Skl)}$	0.01				$DP_{(Gi)}$	0.01
$DP_{(Sij)}$	0.01	$DP_{(Sij-Sik)}$	0.01						$DP_{(Gi-Gj)}$	0.01

Fonte: Do Autor (2017).