

**ANÁLISE DIALÉLICA PARA CARACTERES QUANTITATIVOS E  
QUALITATIVOS ENTRE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-VAGEM  
(*Phaseolus vulgaris* L.) DE PORTE DETERMINADO**

**CAROLINA MARIA PALÁCIOS DE SOUZA**

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY  
RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
DEZEMBRO – 2012**

**ANÁLISE DIALÉLICA PARA CARACTERES QUANTITATIVOS E  
QUALITATIVOS ENTRE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-VAGEM  
(*Phaseolus vulgaris* L.) DE PORTE DETERMINADO**

**CAROLINA MARIA PALÁCIOS DE SOUZA**

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Nilton Rocha Leal

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ  
DEZEMBRO – 2012

**ANÁLISE DIALÉLICA PARA CARACTERES QUANTITATIVOS E  
QUALITATIVOS ENTRE GENÓTIPOS DE FEIJÃO-DE-VAGEM  
(*Phaseolus vulgaris* L.) DE PORTE DETERMINADO**

CAROLINA MARIA PALÁCIOS DE SOUZA

Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Produção Vegetal.

Aprovada em 19 de dezembro de 2012

Comissão Examinadora:

---

Prof. Ney Sussumu Sakiyama (D.Sc., Genética e Melhoramento) – UFV

---

Prof. Rogério Figueiredo Daher (D.Sc., Produção Vegetal) – UENF

---

Dra. Cláudia Pombo Sudré (D.Sc., Genética e Melhoramento Vegetal) – UENF

---

Prof. Nilton Rocha Leal (Ph.D., Plant Breeding and Plant Genetics) – UENF  
Orientador

*A Deus por todas as graças e proteção.  
Aos meus pais pelo amor e apoio*  
**AGRADEÇO**

*Ao querido amigo Renato Castro de Moraes (in memorian)*  
**DEDICO**

*A todos que me ajudaram a concretizar este trabalho*  
**OFEREÇO**

*Basta-te minha graça, porque é na fraqueza que se revela  
totalmente a minha força. Portanto, prefiro gloriar-me das  
minhas fraquezas, para que habite em mim a força de Cristo.*

*Eis por que sinto alegria nas fraquezas, nas afrontas, nas  
necessidades, nas perseguições. **Porque quando me sinto  
fraco, então é que sou forte.***

*2 Coríntios 12:9-10*

## AGRADECIMENTOS

A realização desta tese marca o fim de uma importante etapa da minha vida. Gostaria de agradecer a todos aqueles que contribuíram de forma decisiva para a sua concretização.

Durante todos esses anos houve *Alguém* que esteve ao meu lado mais que todos os outros, me ofereceu força apesar das duras provas e me sussurrou dentro da alma que a vitória pertence aos que sabem persistir. Minha gratidão à Ele, *Deus*, pela oportunidade que me deu de chegar onde cheguei.

Meu mais sincero agradecimento é dirigido a meus pais *Maria da Penha Palácios de Souza* e *Advair Oliveira de Souza*, por terem sido o contínuo apoio em todos esses anos, ensinando-me, principalmente, a importância da construção e coerência de meus próprios valores. Obrigada pelo incentivo recebido ao longo destes anos, pelo amor, alegria e atenção sem reservas... *Queiram ou não, são cúmplices da minha vida.*

Agradeço ao meu namorado *Jadier de Oliveira Cunha Júnior* pelo amor e carinho, sempre me apoiando em todos os momentos, meu companheiro nesta trajetória, soube compreender, como ninguém, a fase pela qual eu estava passando. Durante a realização deste trabalho, sempre tentou entender minhas dificuldades e minhas ausências. Agradeço-lhe, carinhosamente.

Deixo também meu agradecimento à minha querida sobrinha *Letícia Palácios de Souza Colombi* pelo sorriso que me dedicou. Da mesma forma,

agradeço à minha irmã *Soraya Helena Palácios de Souza* pelo incentivo, apoio e que, mesmo distante, esteve presente compartilhando de todos os momentos.

Agradeço, de forma muito carinhosa à amiga *Beatriz Gonçalves Brasileiro* pela sua orientação e amizade. Fica aqui o meu agradecimento sincero.

Agradeço também à *Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF* pela oportunidade concedida para a realização do Curso de Doutorado em Produção Vegetal e à *Fundação Carlos Chagas Filho de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio de Janeiro - FAPERJ* pela concessão da bolsa.

Meus sinceros agradecimentos ao *Instituto Federal do Espírito Santo – IFES, Campus Itapina* pela forma atenciosa como fui recebido nas respectivas instalações e pela disponibilidade em material de apoio. Em especial agradeço às amigas *Ana Paula Cândido Gabriel Berilli* e *Poliana Daré Zampirolli Pires*.

Agradeço ao meu Orientador *Prof. Nilton Rocha Leal* pelo apoio e dedicação dispensados a mim e pelos ensinamentos que contribuíram para o aprimoramento e realização deste trabalho.

Deixo também meus agradecimentos às queridas amigas *Derliane Ribeiro Martins*, *Célia Maria Peixoto de Macedo* e *Rejane Siqueira Bernardes* pelo entusiasmo de todos os dias que me ajudou a superar momentos difíceis. Obrigada por ter partilhado comigo tantos momentos importantes.

Meu franco agradecimento aos amigos do curso de Pós-Graduação aqui conquistados, em especial *Yaska Janaína Bastos Soares*, *Jardel de Oliveira Santos* e *Tatiane da Costa Barbé* pelo trabalho de equipe desenvolvido, pelos conhecimentos transmitidos e pelo apoio na tese. Aqui fica a manifestação da minha gratidão por toda a ajuda e dedicação e a todos que iniciaram comigo esta caminhada agradeço a força, a amizade e confiança que depositaram em mim, em especial os do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal pela ótima convivência, em particular a *Cláudia Pombo Sudré* pelas correções da tese.

Finalmente, a todos que me ajudaram a ser quem sou, que depositam confiança em mim e para os quais sou uma esperança, resta-me afincadamente não vos desiludir. Muito obrigada!

## SUMÁRIO

RESUMO.....	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUÇÃO .....	01
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	05
2.1. Características do feijão-de-vagem .....	05
2.2. Importância econômica da cultura .....	06
2.3. Descrição botânica da espécie .....	07
2.4. Origem e evolução da espécie .....	10
2.5. Melhoramento genético do feijão-de-vagem .....	11
2.6. Análise dialélica de feijão-de-vagem .....	12
2.6.1. Método de Griffing (1956) .....	12
2.6.2. Método de Hayman (1954).....	14
2.6.3. Parâmetros genéticos .....	15
2.6.3.1. Capacidade geral de combinação (CGC) .....	15
2.6.3.2. Capacidade específica de combinação (CEC) ...	17
2.6.3.3. Heterose .....	19
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	22
3.1. Material .....	22
3.2. Método .....	23
3.2.1. Seleção dos genitores .....	23
3.2.2. Composição do dialelo e obtenção dos híbridos .....	24

3.2.3. Condições de cultivo e delineamento experimental .....	25
3.3. Avaliação do Dialelo .....	26
3.3.1. Caracteres qualitativos .....	26
3.3.2. Caracteres quantitativos .....	27
3.4. Análises Estatísticas e Genéticas .....	28
3.4.1. Análise de variância.....	28
3.4.2. Análises Genéticas .....	29
3.4.2.1. Análise dialélica de Griffing e determinação da capacidade combinatória .....	30
3.4.2.2. Análise dialélica de Hayman .....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1. Eficiência dos cruzamentos .....	33
4.2. Avaliação dos caracteres qualitativos .....	35
4.3. Avaliação dos caracteres quantitativos .....	36
4.3.1. Análise de variância.....	36
4.3.2. Avaliação das médias dos parentais e híbridos .....	38
4.3.2.1. Diâmetro do caule (DC) .....	38
4.3.2.2. Dias para florescimento (DF) .....	38
4.3.2.3. Dias para colheita (DPC) .....	40
4.3.2.4. Altura média das plantas .....	40
4.3.2.5. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV) .....	40
4.3.2.6. Comprimento médio da vagem (CV) .....	41
4.3.2.7. Diâmetro da vagem (DV) .....	41
4.3.2.8. Número de vagens total (NV) .....	42
4.3.2.9. Peso total de vagens (PV) .....	42
4.3.2.10. Número de lóculos por vagem (NLV) .....	43
4.3.2.11. Número de sementes por vagem (NSV) .....	43
4.3.2.12. Análise de fibras (FIB) .....	43
4.4. Análise dialélica univariada pelo método de Griffing .....	45
4.4.1. Análise de variância para capacidade combinatória .....	45
4.4.2. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC) .....	47
4.4.2.1. Diâmetro do caule (DC) .....	48
4.4.2.2. Dias para florescimento (DF) .....	48

4.4.2.3. Dias para colheita (DPC) .....	49
4.4.2.4. Altura média de planta (AP) .....	49
4.4.2.5. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV) .....	50
4.4.2.6. Comprimento médio da vagem (CV) .....	50
4.4.2.7. Diâmetro da vagem (DV) .....	51
4.4.2.8. Número total de vagens (NV) .....	51
4.4.2.9. Peso de vagens (PV) .....	51
4.4.2.10. Número de lóculos por vagem (NLV) .....	52
4.4.2.11. Número de sementes por vagem (NSV) .....	52
4.4.2.12. Teor de fibras (FIB) .....	52
4.4.3 Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC) .....	53
4.4.3.1. Diâmetro do caule (DC) .....	54
4.4.3.2. Dias para florescimento (DF) .....	54
4.4.3.3. Dias para colheita (DPC) .....	54
4.4.3.4. Altura média de planta (AP) .....	55
4.4.3.5. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV) .....	55
4.4.3.6. Comprimento médio da vagem (CV) .....	55
4.4.3.7. Diâmetro da vagem (DV) .....	55
4.4.3.8. Número total de vagens (NV) .....	56
4.4.3.9. Peso de vagens (PV) .....	56
4.4.3.10. Número de lóculos por vagem (NLV) .....	56
4.4.3.11. Número de sementes por vagem (NSV) .....	57
4.4.3.12. Teor de fibras (FIB) .....	57
4.4.4. Estimativas de heterose .....	60
4.5. Análise dialélica univariada pelo método de Hayman .....	62
4.5.1. Teste de suficiência do modelo aditivo-dominante .....	62
ms 4.5.2. Diâmetro do caule (DC) .....	62
4.5.3. Dias para florescimento (DF) .....	64
4.5.4. Dias para colheita (DPC) .....	65
4.5.5. Altura média de planta (AP) .....	66
4.5.6. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV) .....	66
4.5.7. Comprimento médio da vagem (CV) .....	67
4.5.8. Diâmetro da vagem (DV) .....	67

4.5.9. Número total de vagens (NV) .....	68
4.5.10. Peso de vagens (PV) .....	69
4.5.11. Número de lóculos por vagem (NLV).....	69
4.5.12. Número de sementes por vagem (NSV) .....	70
4.5.13. Teor de fibras (FIB) .....	70
5. RESUMO E CONCLUSÕES .....	72
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	75

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 01.</b> Tratamentos representados por parentais e híbridos ( $F_1$ ) de feijão-de-vagem .....	22
<b>Tabela 02</b> Esquema de dialelo sem recíprocos entre seis genótipos de feijão de vagem .....	24
<b>Tabela 03:</b> Análise de variância individual e esperança de quadrados médios, utilizando $F_1$ 's e genitores .....	29
<b>Tabela 04</b> – Esquema da análise de variância para capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) .....	31
<b>Tabela 05</b> – Número e frequência de genótipos entre genitores .....	32
<b>Tabela 06.</b> Número de sementes obtidas em todos os cruzamentos dialélicos .....	34
<b>Tabela 07.</b> Médias dos parentais e híbridos ( $F_1$ ) de feijão-de-vagem, relativas a oito caracteres .....	35

<b>Tabela 08.</b> Resumo das análises de variância (ANOVA) de treze caracteres de feijão-de-vagem .....	36
<b>Tabela 09.</b> Médias dos parentais e híbridos ( $F_1$ ) de feijão-de-vagem, relativas a treze caracteres .....	39
<b>Tabela 10.</b> Resumo das análises de variância da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) e os componentes quadráticos para treze caracteres de feijão-de-vagem .....	45
<b>Tabela 11</b> – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ), relativas a treze caracteres de feijão-de-vagem .....	48
<b>Tabela 12.</b> Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{..}$ ) relativas a treze caracteres de feijão-de-vagem .....	58
<b>Tabela 13.</b> Estimativas da heterose, para treze caracteres de feijão-de-vagem .....	59
<b>Tabela 14.</b> Porcentagem da heterose, para treze caracteres de feijão-de-vagem .....	61
<b>Tabela 15.</b> Testes de suficiência do modelo aditivo-dominante, usando a metodologia de Hayman (1954) para treze características avaliadas entre seis genitores de feijão-de-vagem .....	62
<b>Tabela 16.</b> Estimativas de correlação: variância entre progenitores ( $V_{0L_0}$ ), média das variâncias dentro de fileira – $V_r$ ( $V_{1L_1}$ ), média de $W_r$ ou média de covariância ( $W_{0L_{01}}$ ), variância entre as médias das linhas ( $V_{0L_1}$ ), média dos progenitores ( $ML_0$ ), média geral do dialelo ( $ML_1$ ) e quadrado da diferença das médias ( $ML_1-ML$ ) <sup>2</sup> .....	63

<b>Tabela 17.</b> Estimativa da correlação entre $Y_r$ e $W_r+V_r$ , assim como valores esperados das coordenadas $W_r$ , $V_r$ , $W_d$ e $V_d$ e a soma das mesmas para 13 características avaliadas em seis genitores de feijão-de-vagem, pelo método de Hayman (1954).....	63
<b>Tabela 18.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Diâmetro do caule (DC) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	64
<b>Tabela 19.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Dias para florescimento (DF) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	65
<b>Tabela 20.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Dias para colheita (DPC) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	65
<b>Tabela 21.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Altura média de planta (AP) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	66
<b>Tabela 22.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Altura da inserção da primeira vagem (AIPV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	67

<b>Tabela 23.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Comprimento médio da vagem (CV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	67
<b>Tabela 24.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Diâmetro da vagem (DV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	68
<b>Tabela 25.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número total de vagens (NV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	68
<b>Tabela 26.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número de vagens por planta (NVP) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	69
<b>Tabela 27.</b> Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Peso de vagens (PV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) .....	69

**Tabela 28.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número de lóculos por vagem (NLV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) ..... 70

**Tabela 29.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número de sementes por vagem (NSV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954) ..... 71

## RESUMO

O feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é pertencente à mesma espécie do feijão-comum e é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil. Pode ser cultivado, tanto em regiões serranas, quanto em condições de baixada. Para acrescentar e consolidar o rendimento a um custo de produção que permita aos agricultores elevar ao máximo o retorno econômico, estudos visando o melhoramento são de grande importância. Uma das metodologias mais utilizadas são os cruzamentos dialélicos que servem para identificar populações mais promissoras e possibilitam obter informações a respeito do controle genético dos caracteres. É nesse contexto que o presente trabalho foi desenvolvido, avaliando os híbridos em relação às cultivares que os desenvolveram por meio de cruzamentos dialélicos. Para obtenção dos híbridos F<sub>1</sub>, seis genitores foram escolhidos com base na resposta em relação às características morfoagronômicas. Os genitores escolhidos foram: 'Alessa', 'Andra', 'Paulista', 'Turmalina', 'Manteiga Baixo' e 'UEL'. Os genitores foram cruzados entre si em um esquema de dialelo sem recíprocos, com a consequente obtenção de 15 híbridos. As sementes híbridas foram obtidas por meio de polinizações artificiais. O cruzamento entre os genitores de feijão-de-vagem se deu por meio da técnica de abertura e emasculação do botão floral com esfregaço. O experimento para avaliação dos híbridos foi realizado nas condições de campo localizado no Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, localizado no Município de Colatina-ES. Foi utilizado, para este experimento, o delineamento de blocos ao

acaso, com os 15 híbridos e seis genitores totalizando 21 tratamentos em quatro repetições. Foram também, avaliados caracteres quantitativos e qualitativos da espécie, o que permite contribuir para uma futura recomendação de materiais melhorados para os produtores. Percebeu-se que o parental 'Paulista' (3) e os híbridos 2x3 (12) e 1x3 (8) apresentaram melhor comportamento médio para todos os caracteres e os efeitos gênicos não aditivos foram predominantes na expressão de quase todas as características nas análises dialélicas. Os parentais 'Paulista' (3), 'Manteiga Baixo' (5) e 'Andra' (2) mostraram-se bons combinadores gerais para a maioria dos caracteres estudados. Na análise dialélica de Hayman, efeitos aditivos predominaram em relação aos de dominância.

## ABSTRACT

Snap bean (*Phaseolus vulgaris* L), belong to same specie of common bean, being one of vegetal crop, most planted in Brazil. It can be cultivated either in highland or lowland. Research to breeding snap bean, is very important, in order to get more stability and yield increase, to benefit producers to get more economic gain. One methodology commonly applied is the diallel mating design, for identification segregating populations, more useful to know genetic control of traits. The work was done comparing varieties and hybrids derived of genitors through diallel mating design without reciprocals. Six parental varieties were crossed to have F<sub>1</sub> hybrids. The parental varieties, based on their agronomic performance were the following: 'Alessa', 'Andra', 'Paulista', 'Turmalina', 'Manteiga Baixo', and 'UEL'. The half diallel system produced 15 F<sub>1</sub> hybrids. Seeds were obtained, by artificial crossing method, applying pollen grain over the stigmatic surface in each flower. The field tests were done in Institute Federal of Espírito Santo, Itapina campus, at Colatina city, with 15 hybrids and six parents arranged in randomized complete block design, with four replications. Quantitative and qualitative traits were evaluated focusing the beneficent, to producers, with better genetic materials. The 'Paulista' parent (3) and hybrids 2X3 (12), and 1X3 (8), showed better mean results for all traits. The non-additive genic effect were showed in more numbers for all traits in diallel analysis. 'Paulista' parent (3), 'Manteiga Baixo' (5) and 'Andra' (2), showed best general combining ability to majority of studied traits. Hayman diallel analysis showed more additive effect than dominance effect.

## 1. INTRODUÇÃO

O feijão-de-vagem (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das hortaliças mais cultivadas no Brasil, produzida, principalmente, por agricultores familiares. É pertencente à mesma espécie do feijão-comum.

De acordo com os dados das Centrais de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro S/A – CEASA – RJ, em 2009, o feijão-de-vagem foi uma hortaliça bastante comercializada, alcançando um total de comercialização em torno de 7,7 mil toneladas (Ceasa, 2010).

O feijão-de-vagem pode ser cultivado, tanto em regiões serranas, quanto em condições de baixada (Leal et al., 1990). Na maioria das regiões produtoras do Rio de Janeiro (Cachoeiras de Macacu, Nova Friburgo e Teresópolis), há um maior cultivo de feijão-de-vagem de crescimento indeterminado, por possibilitarem grande rendimento econômico, além de ser uma opção de rotação de cultura (Abreu et al., 2004; Araújo et al., 2012).

No Estado do Rio de Janeiro a produção de hortaliças tem sua maior expressão produtiva na Região Serrana. Já, nas Regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, a tradição do cultivo da cana-de-açúcar torna o volume de produção de hortaliças pequeno (Ceasa, 2010). É nesse contexto que a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF) desempenha um papel importante, principalmente no que tange a transferência de conhecimento e incentivo aos produtores da região, reduzindo o êxodo rural e aumentando a produtividade.

Tem sido implementado no Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal (LMGV) localizado no Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias (CCTA) da UENF, um programa de melhoramento do feijão-de-vagem, com o objetivo de obter genótipos com qualidade superior e alta produtividade, contribuindo dessa forma para o desenvolvimento econômico das regiões Norte e Noroeste do Estado do Rio de Janeiro. Investigações visando o melhoramento genético são de extrema importância porque objetiva-se aumentar e estabilizar o rendimento a um custo de produção que permita aos produtores maximizar o retorno econômico.

Nas espécies autógamas, a seleção de plantas individuais ou seleção massal pode ser efetiva se a população base apresentar variabilidade genética suficiente. Entretanto, como os indivíduos existem em alto grau de homozigose, a variabilidade pode ser limitada e comprometer os progressos subsequentes. Johanssen (1903), em seu trabalho clássico com feijão, verificou que a seleção em uma população variável conduzia à fixação de 'linhas puras'. Assim, a seleção continuada entre as linhas puras resulta em limitação do progresso genético. Progressos adicionais só podem ser esperados com o aumento da variabilidade genética, via hibridação. A hibridação em espécies autógamas baseia-se no cruzamento entre duas (ou mais) variedades ou linhagens previamente escolhidas pelo grau de complementação de caracteres importantes, seguido de seleção da população segregante, utilizando-se dos diversos métodos de melhoramento disponíveis para as espécies autógamas (Nass, 2001).

Sendo assim, o requisito básico para utilizarmos a seleção no melhoramento de espécies autógamas é termos populações com variabilidade genética (diferentes genótipos), como as variedades crioulas. No caso de não haver populações com variabilidade genética devem-se obter populações com essavariabilidade. Isso pode ser conseguido por meio da hibridação ou cruzamento (Allard, 1971).

No melhoramento de qualquer espécie, o importante é obter populações segregantes que associem média de produtividade alta com a maior variância possível. Para identificar populações segregantes que associem esses dois atributos há algumas metodologias. Uma das mais utilizadas são os cruzamentos dialélicos que, além de permitir identificar as populações segregantes mais promissoras, possibilitam obter informações a respeito do controle genético dos caracteres (Cruz et al., 2004).

A estimativa da capacidade combinatória por meio da análise dialélica é uma ferramenta essencial, que permite conhecer o comportamento de todos os híbridos possíveis de um conjunto de materiais parentais, possibilitando a obtenção de informações sobre o potencial genético das cultivares e da magnitude de sua capacidade de combinação (Vencovsky & Barriga, 1992; Borém & Cavassim, 1999; Cruz et al., 2004).

No caso do feijão-de-vagem, visando à produtividade e à qualidade do produto, os trabalhos de seleção têm se concentrado em populações e, ou, linhagens, ou híbridos entre elas. Existe no mercado brasileiro cultivares de boa aceitação comercial, entretanto, não há um programa nacional de avaliação e recomendação de cultivares que poderia resultar na utilização das mais adaptadas a cada ambiente (Oliveira et al., 2001). Contudo, é importante a introdução de alelos de outras cultivares de *Phaseolus*, visando ampliar a base genética e também possibilitar o melhoramento para outros caracteres, além da produtividade.

O reconhecimento e avaliação de genótipos superiores com base em análise isolada de caracteres conduzem normalmente a escolhas deficitárias, decorrentes da falta de inclusão de efeitos de correlação entre os diferentes caracteres de natureza quantitativa que, de complexa base genética e forte interação com efeitos ambientais, relacionam-se em magnitudes e sentido variáveis. Assim, a análise simultânea de variáveis conduz a uma melhor avaliação e interpretação de todo o fenômeno biológico que determina o comportamento de cada genótipo (Costa, 2006).

O presente estudo teve como principais objetivos estimar a capacidade geral de combinação (CGC) de cultivares de feijão-de-vagem de porte determinado empregados na análise dialélica com base em características qualitativas e quantitativas utilizando o método 2 de Griffing (1956) e estimar a capacidade específica de combinação (CEC) dos híbridos de forma que possibilite a escolha de parentais promissores em programas de melhoramento por hibridações e a identificação das melhores combinações híbridas; obter estimativas de heterose de híbridos com base em características qualitativas e quantitativas; obter estimativas de componentes genéticos e ambientais (resíduos) associados às variâncias e covariâncias com base em características qualitativas e quantitativas utilizando a metodologia de Hayman (1954); e indicar

híbridos com características de interesse sobretudo relacionadas com produtividade e com o teor da fibra da vagem para dar continuidade ao programa de melhoramento do feijão-de-vagem.

## 2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1. Características do feijão-de-vagem

O feijão-vagem pertence à mesma espécie do feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.), entretanto, muitas características os distinguem. Grande parte desses caracteres está relacionada à ocorrência de mutações em locos que controlam características de qualidade das vagens, que foram selecionadas e recombinadas em hibridações na Europa e nos Estados Unidos há mais de 150 anos e, possivelmente, também na China (Silbernagel et al., 1995).

Existem dois tipos de hábito de crescimento em feijão-de-vagem: o hábito determinado, quando a porção terminal da haste se encerra em uma inflorescência; e o hábito indeterminado, quando a extremidade da haste apresenta um meristema vegetativo que possibilita a continuidade do crescimento da planta (Castellane et al., 1998; Vilhordo et al., 1996). Cultivares de feijão-de-vagem de ambos os portes são cultivadas no Brasil, contudo as de porte determinado apresentam vantagens no cultivo, tais como: eliminação da necessidade de tutoramento; facilidade na aplicação de tratamentos culturais e colheita; redução do ciclo, aumentando o número de colheitas por ano (Fernandez et al., 1986); e a possibilidade de ocupação da área de plantio por um maior período de tempo, intensificando o uso do solo (Ramalho et al., 1998; Filgueira, 2003). Tais características facilitam o manejo e reduzem o custo da produção do feijão-de-vagem, permitindo que o agricultor explore a cultura juntamente com outras

olerícolas, diversificando a oferta de produtos ao mercado, o que resulta em aumento de renda para o homem do campo.

A produção de feijão-de-vagem para o consumo é caracterizada em grande parte por cultivares com hábito de crescimento indeterminado. O desenvolvimento de novas cultivares de feijão-de-vagem com crescimento determinado e ciclo de desenvolvimento mais curto tem despertado interesse em pesquisas que avaliam as características de crescimento e produção desses materiais.

Pesquisas visando o melhoramento genético da espécie *P. vulgaris*, tanto com interesse em vagem imatura como em grãos, são de elevada importância. Na escolha dos genitores, para ambos os objetivos, visando hibridação e formação de populações segregantes, deve-se considerar características como qualidade para consumo e/ou industrialização e adaptação das linhagens para cultivo na região de abrangência do programa de melhoramento (Zimmermann et al., 1996).

## **2.2. Importância econômica da cultura**

Em 2008, no Brasil, o valor de produção das hortaliças, foi estimado em R\$ 20 milhões, com área cultivada de 808 mil hectares e uma produção total de aproximadamente 19 milhões de toneladas, gerando aproximadamente 7,5 mil de empregos diretos no campo (Embrapa, 2010). A maior parte da produção de hortaliças (aproximadamente 60%) está concentrada principalmente em propriedades de exploração familiar com menos de 10 hectares (Melo, 2006). As hortaliças possuem grande importância social devido ao grande número de empregos gerados e pelo volume expressivo de recursos movimentado.

Há estimativas que a produção mundial de feijão-de-vagem esteja em torno de 6,5 milhões de t.ano<sup>-1</sup>, onde cerca de 250 a 300 mil t deste montante são produzidas na América Latina, por pequenos produtores, utilizando em sua maioria germoplasma de porte indeterminado (Henry & Jansen, 1992; Rodrigues, 1998). O feijão-de-vagem é a 22ª hortaliça em termos de importância econômica e a 23ª em volume produzido no Brasil (Sidra, 2010).

O Estado do Rio de Janeiro possui intenso desenvolvimento urbano, com 94,53% de sua população morando em cidades e vilas, constituindo o segundo maior polo industrial brasileiro e apresentando um setor de serviços responsável por cerca de 40% de seu Produto Interno Bruto (Ceperj, 2010). Um Estado com

tais características implica em um modelo de agricultura baseado no atendimento das demandas de seus centros urbanos (Gonçalves, 2006). A facilidade no preparo e praticidade de processamento industrial do feijão-de-vagem tende a elevar o seu consumo em centros urbanos (Silbernagel et al., 1995).

A contribuição da agricultura para o PIB no estado do Rio de Janeiro foi de aproximadamente R\$952.607.000 no ano de 2004 (Ceperj, 2010) correspondendo a apenas 0,4% do produto interno bruto estadual, demonstrando a existência de espaço para uma maior contribuição da agricultura no PIB do Estado. No Rio de Janeiro, a média de comercialização de feijão-de-vagem somando-se todas as unidades de revenda do Ceasa é de aproximadamente 7.000 t.ano<sup>-1</sup> (Ceasa, 2010). Em São Paulo, a Ceagesp contabilizou uma produção de mais de 9.000 t.ano<sup>-1</sup> (Agrinual, 2011).

Estimativas de lucro para a cultura mostram que um kg de feijão-de-vagem pode equivaler a 43% do lucro obtido com o feijão comum para o agricultor (Silbernagel et al., 1995), tendo em vista a menor área ocupada e os menores custos de produção (Filgueira, 2003). O feijão-de-vagem se mostra como uma opção vantajosa para complementação de renda e diversificação de produtos para o olericultor.

No mercado estão presentes os dois formatos existentes de vagem: o tipo “manteiga”, que engloba cultivares de vagens com formato achatado; e o tipo “macarrão”, em que as vagens apresentam um formato redondo (Castellane et al., 1988). Existe mercado para ambos os tipos de vagem, mas no Estado do Rio de Janeiro, a preferência e o maior volume de revenda recaem sobre o tipo “manteiga” (Abreu et al., 2004).

### **2.3. Descrição botânica da espécie**

O feijão-de-vagem é uma Fabácea da mesma espécie do feijão comum, *P. vulgaris* L., com as mesmas características, em sua maioria, e é cultivado durante todo o ano, em regiões de clima tropical e baixa altitude. Trata-se de uma planta anual, herbácea, com sistema radicular superficial, do tipo pivotante (Filgueira, 2003); a haste é angulosa e com pelos simples, de onde são emitidos os ramos laterais. As folhas são compostas e trifoliadas.

Devido à sua estrutura floral, o feijão-de-vagem é classificado como planta autógama, uma vez que tanto o estigma quanto as anteras se encontram protegidos pelas pétalas, sendo que a polinização se dá no momento da abertura da flor (Castellane et al., 1988) e a fertilização ocorre após 8-9 horas (Vieira et al., 1998).

É uma planta diplóide ( $2n=2x=22$ ), seus cromossomos são extremamente curtos quando comparados a outras espécies (Vieira et al., 1999). A espécie se multiplica por autofecundação, em geral com incidência muito baixa de polinização cruzada que varia de 0 a 9% (Filgueira, 2003). Os frutos são vagens que apresentam polpa espessa e formato afilado dentro do qual se desenvolvem as sementes (Filgueira, 2003).

A espécie *Phaseolus vulgaris* L. classifica-se da seguinte maneira:

- Reino Vegetal;
- Ramo Embryophytae Syphonogamae;
- Sub-ramo Angiospermae;
- Classe Dicotyledoneae;
- Subclasse Archichlamydeae;
- Ordem Rosales;
- Família Fabaceae;
- Subfamília Papilionoideae;
- Tribo Phaseoleae;
- Subtribo Phaseolineae;
- Gênero *Phaseolus* L.;
- Espécie *Phaseolus vulgaris* L. (Vieira, 1998).

O gênero *Phaseolus* está amplamente distribuído pelo mundo, sendo cultivado em regiões tropicais, subtropicais e temperadas, e em muitos locais é considerado alimento indispensável. Apesar de mais de 30 espécies terem sido descritas, apenas quatro são cultivadas: *P. vulgaris*, *P. coccineus*, *P. acutifolius* e *P. lunatus* (Ciat, 1992). Entre elas, a *P. vulgaris* é a mais importante, por ser a espécie cultivada mais antiga e também a mais utilizada nos cinco continentes. Qualquer cultivar de feijão pode ser usada para colheita de vagens, porém, nem todas fornecerão produtos de boa qualidade. A cultura é denominada feijão-de-

vagem, quando se destina ao consumo do fruto, ainda verde (Vieira, 1998). Existem alguns grupos de feijão que produzem vagens verdes, lisas e tenras, com baixo teor de fibras, polpa espessa e formato alongado. As vagens de cor verde incluem a grande maioria das cultivares comerciais, sendo as mais populares para o consumo *in natura* e industrialização; as demais cores apresentam mercado restrito (Castellane et al., 1988; Abreu et al., 2003).

As sementes do feijão-de-vagem são um pouco mais compridas que as do feijão para grãos, a semente se encontra ainda em um estágio imaturo (R<sub>8</sub>) (Silbernagel et al., 1986; Singh, 2001). O mesocarpo é suculento e ocorre um reduzido teor de fibras.

Embora pertencente ao gênero *Phaseolus*, a comparação do tipo de faseolina na semente (S – grupo Mesoamericano) e dos caracteres morfológicos (Grupo Andino) demonstrou que o feijão-de-vagem possui uma base genética mais ampla que o feijão comum (Skroch & Nienhuis, 1995). Contudo, cerca de 76% do germoplasma de feijão-de-vagem das cultivares comerciais na atualidade provêm de três fontes: as cultivares Tendercrop, Bush Blue Lake e Harvest (Zaumeier, 1972, citado por Mayers & Baggett, 1999). A principal diversidade em feijão-de-vagem nesses três grupos evidencia que a cultura é potencialmente muito vulnerável a uma epidemia de doenças e pragas devido à estreita base genética das cultivares (Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops, 1972).

As cultivares de feijão-de-vagem são caracterizadas principalmente em função de caracteres como: tipo de vagem, que pode ser do tipo “manteiga” e do tipo “macarrão”; na cor, que pode ser verde-escuro, verde-clara, amarela ou púrpura; pelo comprimento da vagem; pelo hábito de crescimento, que pode ser determinado ou arbustivo, ou indeterminado ou trepador, dentre outros caracteres (Castellane et al., 1988; Singh, 2001).

Conforme o hábito de crescimento da planta e o formato das vagens, as cultivares podem ser reunidas em três grupos ou tipos (Filgueira, 2003):

- Tipo Macarrão: apresenta plantas com hábito de crescimento indeterminado, altas, ultrapassando 2,5 m de altura, que exigem tutoramento. As vagens possuem seção circular e formato cilíndrico e sementes brancas, quando secas.

- Tipo Manteiga: possuem crescimento indeterminado, tornando-se altas. As vagens têm seção elítica, com formato tipicamente achatado, e sementes com coloração creme clara ou branca, quando secas.
- Tipo Macarrão Rasteiro: as plantas apresentam crescimento determinado, com caule ereto e de baixa altura (50 cm), sendo adequadas para colheita mecânica.
- Tipo Manteiga Rasteiro: as vagens possuem corte transversal do tipo chata, as plantas apresentam crescimento determinado, com caule ereto e de baixa altura (50 cm).

#### 2.4. Origem e evolução da espécie

A origem evolutiva do gênero *Phaseolus* e sua diversificação primária ocorreram nas Américas (Vavilov, 1931, citado por Debouck, 1991), mas o local exato onde isto se deu é ainda motivo de controvérsia (Gepts & Debouck, 1991, citado por Freitas, 2006). As Regiões do México e da América Central são consideradas como sendo o centro de origem da espécie *P. vulgaris* L., embora centros secundários de diversidade genética tenham sido encontrados no Peru (Singh, 2001).

Populações silvestres de feijão crescem, atualmente, desde o Norte do México até o Norte da Argentina, em altitudes entre 500 e 2.000 m, e não são encontradas naturalmente no Brasil (Debouck, 1986). Vestígios arqueológicos da espécie cultivada chegam a idades próximas de 10.000 anos (Gepts & Debouck, 1991).

Pesquisas moleculares, que têm como alvo principal o gene *Phs*, codificador da proteína faseolina, são atualmente a ferramenta mais utilizada em estudos evolutivos sobre o feijão. Pelo menos dez tipos dessa proteína já foram encontrados em cultivares e populações silvestres de feijão (Gepts et al., 1986, Freitas, 2006).

São conhecidos três centros de domesticação para a cultura, caracterizados pelo tipo de faseolina contida nas sementes: México e América Central; Colômbia e Andes (Gepts et al., 1986).

O feijão-de-vagem teve origem na América do Norte e na Europa por meio de seleções de mutantes para qualidade da vagem, principalmente para a

característica de baixo teor de fibra na vagem (Silbernagel et al., 1991). De acordo com Atkin (1972), as primeiras cultivares de feijão-de-vagem foram comercializadas nos Estados Unidos em 1887. Estas cultivares serviram como genitoras para as cultivares modernas.

## **2.5. Melhoramento genético do feijão-de-vagem**

Durante décadas, melhoristas americanos e europeus vêm desenvolvendo programas de cruzamentos de cultivares de feijão-de-vagem para características como: resistência a patógenos; morfologia e teor de fibra da vagem; hábito de crescimento; resistência ao acamamento em cultivares eretas; coloração de vagem; tolerância a estresses abióticos e outras características (Singh, 2001). Contudo, a maximização do rendimento de vagem sem afetar sua qualidade aliados à adaptação da cultura ao sistema de produção de baixo uso de insumos, que é característico do pequeno produtor, nas cultivares de porte determinado, ainda constitui um desafio aos melhoristas (Singh, 2001; Filgueira, 2003).

No Brasil, tradicionalmente, pouca atenção tem sido dedicada ao melhoramento do feijão-de-vagem. Geralmente, os agricultores têm sido os principais responsáveis pela seleção e manutenção de cultivares. As populações locais são frequentemente mantidas pelos agricultores ou produzidas comercialmente por companhias de sementes. Além disso, grande esforço tem sido dedicado ao melhoramento genético do feijoeiro destinado ao consumo como grãos, de modo que estão disponíveis no Brasil inúmeras e excelentes cultivares de feijão-comum, resistentes a doenças, notadamente à antracnose (Abreu et al., 2003; Faleiro et al., 2003; Pereira et al., 2007).

Ainda que desejável, o uso de cultivares melhoradas de feijão-comum no melhoramento de feijão-de-vagem tem sido limitado, em grande parte, pelas dificuldades de se recuperar tipos hortícolas com qualidade de vagem aceitáveis para o mercado consumidor.

O conhecimento da natureza e da magnitude dos efeitos gênicos que controlam um caráter é primordial para o processo de seleção e para a predição do comportamento das gerações segregantes (Cruz et al., 2004). As informações sobre o controle genético de caracteres, ligados à qualidade da vagem em feijão, são escassas na literatura. Sua importância está na tomada de decisões quanto

aos métodos a serem seguidos ou ao tamanho de população a ser conduzida, durante a execução do programa de melhoramento.

Para tanto, há necessidade de investimentos em programas de melhoramento que possam contribuir com a geração de genótipos superiores, maximizando os retornos econômicos aos agricultores. Neste aspecto, a ampliação da base genética da espécie, por meio de hibridações, é alternativa viável, principalmente em autógamas, em que a diversidade intrapopulacional é inexpressiva, devido ao inerente sistema de autofecundação (Zimmermann et al., 1996).

## **2.6. Análise dialélica de feijão-de-vagem**

### **2.6.1. Método de Griffing (1956)**

A hibridação representa uma técnica muito importante para o melhoramento de plantas, uma vez que possibilita a recombinação da variabilidade disponível, permitindo a obtenção de novos materiais, geneticamente superiores. A escolha dos parentais a serem utilizados em programas de hibridação e que possibilitem a formação de progênies superiores representa uma atividade que exige critérios e grande esforço dos melhoristas (Ramalho et al., 1993). Portanto, o sucesso de qualquer programa de melhoramento depende, principalmente, dessa escolha a partir de informações a respeito da natureza e magnitude dos efeitos dos genes que controlam os caracteres quantitativos de interesse econômico (Patel et al., 1998).

A seleção de parentais com base na avaliação “per se” nem sempre conduz a resultados satisfatórios (Allard, 1971). Assim, a escolha de parentais deve ser fundamentada na informação genética como um todo e no conhecimento do potencial da capacidade combinatória dos parentais (Ahmede et al., 1998).

As metodologias de análise dialélica têm por finalidade analisar o delineamento genético, fornecendo estimativas de parâmetros úteis na seleção de parentais para a hibridação e no entendimento dos efeitos gênicos envolvidos na herança dos caracteres (Cruz et al., 2004).

De acordo com Geraldi & Miranda-Filho (1998), os sistemas de cruzamentos dialélicos são bastante utilizados no melhoramento de plantas, uma

vez que possibilitam a avaliação da capacidade combinatória e do potencial heterótico de cultivares ou linhas em cruzamentos, ou nos estudos básicos da estrutura genética das populações.

O dialelo é um sistema em que um grupo de  $p$  genótipos são cruzados entre si, disponibilizando o máximo de  $p^2$  combinações. No procedimento de cruzamentos dialélicos a capacidade combinatória subdivide-se em capacidade geral e capacidade específica de combinação (Sprague e Tatum, 1942; Vencovsky, 1970).

A tabela dialélica, entretanto, corresponde a um arranjo de  $p^2$  informações referentes a cada cruzamento, podendo conter os parentais, os híbridos recíprocos e/ou outras gerações relacionadas, como  $F_2$ , retrocruzamentos etc. (Hayman, 1954; Cruz et al., 2004).

Cruz et al. (2004) relataram diversos tipos de análise dialélica: balanceados, parciais, circulantes, incompletos e desbalanceados. Destes, os mais aplicados são os dialelos balanceados (Hayman, 1954; Griffing, 1956; Gardner & Eberhart, 1966).

Desses, o método de análise de Griffing é o mais amplamente utilizado, devido a sua generalidade, uma vez que os parentais podem ser clones, linhas puras, linhas endogâmicas ou populações de autofecundação ou de cruzamento, considerando-se ainda as facilidades de análise e interpretação (Viana, 2000).

Esse método estima os efeitos de CGC e CEC. Tal procedimento é fundamentado em modelos estatísticos, e apresenta um conjunto máximo de  $p^2$  genótipos. Estes são obtidos a partir de cruzamentos entre  $p$  variedades, linhagens ou cultivares, cujos dados são dispostos em uma tabela dialélica ( $p \times p$ ) (Vencovsky, 1970; Cruz et al., 2004). A metodologia de Griffing (1956) é apresentada em quatro métodos: Método 1, em que são avaliadas as  $p^2$  combinações (genitores,  $F_{1's}$  e recíprocos); Método 2, em que se avaliam as  $p(p+1)/2$  combinações (genitores e  $F_{1's}$ ); Método 3, em que se avaliam somente as  $p(p-1)$  combinações (híbridos e recíprocos); e Método 4, que se avaliam somente as  $p(p-1)/2$  combinações (híbridos). Os métodos podem ser analisados como modelo aleatório ou fixo, de acordo com a natureza amostral dos genitores (Ramalho et al., 1993; Cruz et al., 2004).

O modelo fixo pressupõe que os efeitos genéticos sejam fixos, no qual os genitores possuem propriedades genéticas particulares, e por isso, não

correspondem a uma amostra da população. No entanto, quando os genitores utilizados representam a população, sendo possível estimar parâmetros populacionais, denomina-se o modelo como aleatório (Cruz et al., 2004).

Griffing (1956) considera que a conveniência dos quatro métodos de análise dialélica depende do material experimental e dos objetivos do experimento. Se as análises das capacidades de combinação são aplicadas para a determinação dos parentais que deverão ser combinados em uma cultivar sintética, então é oportuna a inclusão destes parentais no dialélico, recomendando-se, os Métodos 1 ou 2.

Os Métodos 1 e 3 permitem avaliar o comportamento de determinado cruzamento, bem como do seu recíproco, decorrente de genes citoplasmáticos, localizados em cloroplastos ou mitocôndrias. Segundo Cruz et al. (2004), os efeitos recíprocos da capacidade específica de combinação permitem também identificar qual dos parentais deverá ser utilizado como linha de macho ou linha de fêmea no cruzamento escolhido.

Os Métodos 2 e 4, no entanto, deverão ser aplicados quando não há interesse no estudo da variação decorrente de genes extracromossômicos ou devido à dificuldade de obtenção de sementes híbridas em cada cruzamento, suficientes para análises (Ramalho et al. 1993).

### **2.6.2. Método de Hayman (1954)**

O método de Hayman baseia-se no conhecimento da natureza ambiental e genética de médias, variâncias e covariâncias, não advindo de modelos estatísticos previamente estabelecidos. Este método possibilita uma série de informações de elevada contribuição para o melhoramento: estima o grau médio de dominância dos genes controladores da característica em estudo; classifica os genitores com base na concentração de genes dominantes e recessivos; determina o número de genes envolvidos na característica e a simetria alélica entre os genitores; identifica a presença de interações epistáticas; estima o limite de seleção a ser atingido; e estima o componente genético de determinação genotípica Cruz & Venkovsky (1989).

### **2.6.3. Parâmetros genéticos**

As metodologias propostas por Griffing permitem obter informações a respeito das capacidades geral e específica de combinação. A metodologia de Gardner & Eberhart, entretanto, apresenta a vantagem de avaliar os efeitos de cultivares ( $v_i$ ) e de heterose varietal ( $h_i$ ) a partir do desdobramento dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $g_i$ ).

Cruz & Venkovsky (1989), contudo, comparando alguns métodos de análise dialélica, concluíram que existe pouca diferença entre o método proposto por Gardner & Eberhart e o método 2 apresentado por Griffing, em que os progenitores são incluídos e que, apesar da decomposição do efeito de capacidade geral de combinação em efeitos de cultivares e de heterose varietal, de um modo geral, o melhor critério para a escolha de parentais continua sendo a avaliação da capacidade geral de combinação.

#### **2.6.3.1. Capacidade geral de combinação (CGC)**

A capacidade geral de combinação (CGC) corresponde ao comportamento dos genitores, quando uma linhagem é cruzada com outra, e está associada à ação aditiva dos genes. De acordo com Cruz et al. (2004), a análise dialélica utiliza a estimação de parâmetros genéticos para auxiliar na escolha de um método de seleção mais eficiente e também indica os melhores genitores para hibridação.

Os trabalhos com análise dialélica em feijão-de-vagem são raros, havendo, dentre os poucos estudos, divergência quanto aos resultados obtidos. No estudo de Silva (2004) os valores dos quadrados médios para capacidade geral de combinação foram altamente significativos, em nível de 1% de probabilidade, pelo teste F, para todas as características em questão. No entanto, para capacidade específica de combinação, algumas características não exibiram significância. Essas significâncias, quando são registradas na grande maioria das características, indicam a existência de variabilidade, resultante da ação de efeitos gênicos aditivos e não aditivos, denotando a possibilidade de obtenção de novas cultivares fixadas ou híbridos. O termo capacidade geral de combinação é utilizado para designar o comportamento médio de um parental em todos os

cruzamentos de que participa (Sprague & Tatum, 1942; Cruz & Vencovsky, 1989; Cruz et al., 2004) e está associado aos efeitos aditivos dos alelos e às ações epistáticas do tipo aditivo. As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ) fornecem informações a respeito das potencialidades do parental em gerar combinações favoráveis à formação de genes predominantemente aditivos em seus efeitos. Quanto mais altas forem essas estimativas, positivas ou negativas, determinado parental será considerado muito superior ou inferior aos demais incluídos no dialelo, e, se próximas a zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos (Cruz et al., 2004). Assim, aqueles parentais com as maiores estimativas positivas ou negativas de  $\hat{g}_i$  seriam potencialmente favoráveis quanto às suas contribuições em programa de melhoramento intrapopulacional (Oliveira Júnior et al., 1999).

Se os parentais forem populações de polinização aberta, linhas endogâmicas ou linhas puras, quanto maior for o valor do efeito de CGC de determinado parental, maiores serão as frequências dos genes que aumentam a expressão do caráter e maiores serão as diferenças entre as frequências gênicas desse parental e as frequências médias de todos os parentais do dialelo. Considera-se ainda que o efeito de CGC seja um indicador da superioridade do parental e de sua divergência relativa entre os demais parentais (Viana, 2000).

De acordo com Miranda et al. (1988), em avaliação de linhagens de pimentão, constatou-se que quando se trabalha com cultivares ou linhagens bastante divergentes, a superioridade da capacidade geral de combinação se manifesta. Sprague & Tatum (1942) observaram efeitos superiores de genes não-aditivos para a produção de sementes de linhagens endogâmicas de milho, selecionadas previamente para capacidade de combinação e efeitos marcantes de genes aditivos para linhagens não selecionadas.

Naspolini Filho et al. (1981) também observaram o mesmo comportamento ao analisarem o desempenho de 18 populações de polinização aberta de milho, quanto à produção avaliada em termos de peso de espiga. Em cultivares e linhagens de feijoeiro, previamente selecionados, foram obtidos os mesmos resultados para a produção de grãos (Machado et al., 2002). Adotando-se este procedimento, é possível que a variância genética para os efeitos aditivos (CGC) seja reduzida, aumentando a importância relativa dos efeitos gênicos não-aditivos (Cruz et al., 2004).

Genes de efeitos aditivos são fixados ao longo das sucessivas gerações de autofecundação, sendo, sobretudo, importantes para espécies autógamas, enquanto que genes de efeitos de dominância são mais expressivos em populações alógamas.

### **2.6.3.2. Capacidade específica de combinação (CEC)**

No trabalho de Rodrigues (1998) com feijão-de-vagem os valores dos quadrados médios foram altamente significativos para a CEC. A significância dos quadrados médios relativos à CEC indica que efeitos gênicos não aditivos estão envolvidos no controle dessas características. A existência de efeitos gênicos aditivos para todos os caracteres avaliados permite supor a possibilidade de obter novos cultivares derivados de populações segregantes a partir de cruzamentos com os genitores testados.

De acordo com Sprague & Tatum (1942), o termo capacidade específica de combinação é utilizado para designar os casos em que certas combinações híbridas são superiores ou inferiores em relação ao esperado quanto à performance média dos dois parentais. Falconer (1981), contudo, definiu CEC como sendo o desvio do desempenho médio de uma combinação particular em relação à média dos parentais envolvidos no cruzamento. Assim, baixas estimativas positivas ou negativas de  $\hat{s}_{ij}$  significam que o comportamento de determinado híbrido é função da capacidade geral de combinação (CGC) de seus parentais; enquanto valores absolutos altos de  $\hat{s}_{ij}$  indicam que algumas combinações são relativamente melhores e outras piores, com base na CGC dos parentais (Sprague & Tatum, 1942; Cruz et al., 2004). Todavia, os efeitos da CEC enfatizam a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os parentais, possibilitando antever respostas de ganho genético com a exploração da heterose (Bastos et al., 2003).

A combinação híbrida mais favorável deve ser, portanto, aquela que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) e que seja resultante de um cruzamento em que pelo menos um dos parentais apresente elevada capacidade geral de combinação (Cruz et al., 2004). É válido ressaltar, porém, que dois parentais de elevada CGC nem sempre proporcionam a formação da melhor combinação do dialelo (Cruz & Vencovsky, 1989).

A significância dos quadrados médios para CEC é indicativa da manifestação de genes de efeitos não aditivos para o caráter, ao passo que as magnitudes de variâncias (ou componentes quadráticos) associadas aos efeitos da capacidade específica de combinação revelam a predominância ou não deste tipo de ação gênica (Cruz et al., 2004). A ausência de significância, no entanto, sinaliza que os parentais não apresentam entre si um apreciável grau de complementação gênica em relação às frequências dos alelos nos locos que apresentam dominância (Vencovsky & Barriga, 1992).

Naspolini Filho et al. (1981), avaliando o comportamento de 18 populações de milho e seus híbridos quanto à produção de espigas, utilizando o esquema dialélico, Método 2 de Griffing (1956), verificaram que a melhor combinação híbrida, ou seja, a que apresentou maior estimativa de capacidade específica de combinação, envolveu um composto brasileiro e uma população introduzida, evidenciando, desta forma, que efeitos superiores de CEC podem ser obtidos através de cruzamentos entre materiais geneticamente divergentes.

Em feijão comum são encontrados diferentes resultados relativos à contribuição dos efeitos de CGC e CEC. Selecionando genótipos de feijão, por meio do uso de cruzamentos dialélicos, Kurek et al. (2001) determinaram os valores da CGC e CEC e concluíram que os resultados da análise de variância evidenciaram maior importância da capacidade geral de combinação em relação à capacidade específica de combinação para todos os caracteres.

Entretanto, Machado et al. (2008), avaliando os efeitos aditivos e não aditivos na produção de sementes de linhagens de feijoeiro, observaram por meio da capacidade de combinação efeitos marcantes de genes aditivos concluindo que ambas as estimativas são úteis para prever potencialmente mais populações segregantes.

Com o objetivo de selecionar populações segregantes de feijoeiro promissoras para a produtividade de grãos, Pereira et al. (2007), observaram diferenças significativas entre as CGC e CEG, e neste caso os efeitos não-aditivos foram mais pronunciados, indicando efeitos de dominância ou epistasia.

Gonçalves Vidigal et al. (2008), determinaram que as CGC e CEC foram significativas em relação às características avaliadas, e indicaram a ocorrência de efeitos aditivos e não aditivos em híbridos derivados de cruzamentos dialélicos.

Na identificação e seleção de populações segregantes mais promissoras em produtividade de grãos, Mendes et al. (2009), observaram que a soma de quadrados da CGC em um determinado grupo de genitores, correspondeu a 57,5%, já a de CEC correspondeu a apenas 37,5%, evidenciando assim a predominância de efeitos aditivos nessa população.

No caso de uma cultura autógama, como o feijão, e considerando como principal característica rendimento de grãos por parcela, o sentido de se estimar capacidade geral de combinação na seleção “*per se*” de genitores, está relacionado ao fato de que indivíduos com valores altos e positivos de capacidade geral de combinação, são preferíveis em programas de melhoramento para constituírem novas populações. Pois, tal situação irá favorecer a seleção de linhagens homozigóticas, que contribuirão no incremento da característica desejada, uma vez que, genes de efeitos aditivos são fixados ao longo das sucessivas gerações de autofecundação. Já baixos valores apresentados da capacidade específica de combinação vão indicar que os híbridos apresentam um comportamento conforme o esperado com base nos valores da capacidade geral de combinação.

### **2.6.3.3. Heterose**

O termo heterose é utilizado para descrever a manifestação da superioridade de um caráter quantitativo em combinações híbridas de plantas e de animais. Ronzelli Júnior (1996) definiu a heterose como sendo a expressão genética dos efeitos benéficos da hibridação. De acordo com Borém (1998), denomina-se heterose aquela obtida a partir do comportamento médio do híbrido em relação à média de seus parentais. Neste contexto, sua explicação genética só será possível mediante a consideração de que alguma dominância gênica verifica-se associada ao caráter. Do ponto de vista comercial, considera-se aquela resultante de um híbrido cuja média é superior à média do parental de melhor desempenho. Dangaria et al. (1987) utilizaram o termo heterobeltiose em referência à heterose comercial.

A ausência de heterose não é determinante de ausência de dominância. A "heterose negativa", resultante do comportamento médio inferior de um híbrido em relação à média de seus parentais, deve ser justificada pela dominância

direcionada à redução da expressão do caráter. Na ocorrência de locos com dominância positiva e locos com dominância negativa, os efeitos podem anular-se e a heterose pode não se verificar. A heterose é, portanto, a somatória dos efeitos favoráveis ao vigor dos locos em heterozigose na geração filial (Falconer, 1981; Resende, 2002). Mesmo considerando que as interações de dominância e/ou sobredominância nem sempre sinalizam na direção de aumentar o valor fenotípico do caráter, deve-se enfatizar que, na ocorrência dessas interações, a obtenção de híbridos se configura como a melhor estratégia a ser adotada para o melhoramento e não a seleção de indivíduos superiores (Ramalho et al., 2000).

A estimativa do efeito da capacidade de combinação de uma cultivar com ela mesma ( $\hat{s}_{ii}$ ) é importante na indicação da direção dos desvios de dominância. Se tal estimativa for negativa, os desvios são predominantemente positivos e, como consequência, tem-se a heterose positiva. Do contrário, se  $\hat{s}_{ii}$  for positiva, a heterose será negativa. A magnitude de  $\hat{s}_{ii}$ , por sua vez, é indicativa da divergência genética do parental *i* em relação à média dos demais parentais do dialelo (Miranda et al., 1988a; Cruz et al., 2004).

Silva et al. (2005) constataram a presença de um parental com estimativa de  $\hat{s}_{ii}$  alta e negativa para número de frutos por planta de berinjela, em híbridos com maiores valores positivos de heterose. Observaram também a existência de valores positivos e negativos de  $\hat{s}_{ii}$  para todos os caracteres avaliados, à exceção da variável produção de frutos, cujas estimativas foram todas negativas, com híbridos manifestando heterose positiva. De acordo com Cruz & Vencovsky (1989), os efeitos positivos e negativos de  $\hat{s}_{ii}$  observados são indicativos da presença de dominância bidirecional, considerando-se a existência de genes dominantes que se expressam para maior grandeza do caráter e genes igualmente dominantes, que se expressam para sua redução. No caso dos efeitos negativos de  $\hat{s}_{ii}$ , os de desvios unidirecionais da dominância favoreceram o aumento na produção de frutos.

Os valores das estimativas de capacidade específica de combinação ( $\hat{s}_{ij}$ ) são diretamente proporcionais à heterose, uma vez que a média dos híbridos pode ser determinada a partir da somatória da média geral aos efeitos de CGC e CEC. Híbridos apresentando maiores estimativas de CEC foram os que apresentaram maiores estimativas de heterose em caracteres de berinjela avaliados (Silva et al., 2004a). Machado et al. (2002) também verificaram que

estimativas de CEC altas estavam associadas a híbridos com maiores valores de heterose para a produção de sementes de feijoeiro. Estes autores consideram que devido à alta correlação existente entre estimativas de CEC e heterose, a escolha de populações potencialmente mais segregantes pode ser efetuada a partir da heterose, nos casos em que não seja possível a determinação de CEC.

O fenômeno da heterose verifica-se tanto em híbridos resultantes de materiais divergentes como em híbridos provenientes do cruzamento entre linhas endogâmicas, resultantes de genes que manifestam algum grau de dominância (parcial, completa ou sobredominância). As linhas endogâmicas pouco produtivas constituem as unidades básicas para a formação do milho híbrido, de elevado valor heterótico (Miranda Filho e Viégas, 1987). De acordo com estes autores, os híbridos intervarietais podem apresentar valor comercial com vantagens relacionadas à facilidade de obtenção e maior capacidade adaptativa quando comparados aos híbridos de linhagens. Alguns híbridos intervarietais de milho têm sido cultivados com vantagem no Brasil. Vale salientar, no entanto, que no tocante ao melhoramento intrapopulacional, a constituição da população-base pode ser conseguida por meio de gerações avançadas de híbridos intervarietais. A heterose avaliada na geração  $F_1$ , portanto, é de grande interesse no desenvolvimento direto de híbridos tanto em populações alógamas como autógamas, bem como na possibilidade do surgimento de combinações segregantes nas gerações avançadas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Material

Foram utilizados seis cultivares de feijão-de-vagem de reconhecida performance agronômica, provenientes do Banco de Germoplasma da PESAGRO-RIO, localizada no município de Seropédica-RJ (Alessa e Andra); da UENF em Campos dos Goytacazes-RJ (Turmalina, Manteiga Baixo e UEL); e da Casa do adubo em Venda Nova do Imigrante-ES (Paulista) e seus 15 híbridos F<sub>1</sub>, perfazendo um total de 21 tratamentos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Tratamentos representados por parentais e híbridos (F<sub>1</sub>) de feijão-de-vagem. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012

TRATAMENTOS			
	♀ x ♂	♀ x ♂	♀ x ♂
01- Alessa (AL)	07- AL x AN	13- AN x TU	19- TU x MB
02- Andra (AN)	08- AL x PA	14- AN x MB	20- TU x UEL
03- Paulista (PA)	09- AL x TU	15- AN x UEL	21- MB x UEL
04- Turmalina (TU)	10- AL x MB	16- PA x TU	
05- Manteiga Baixo (MB)	11- AL x UEL	17- PA x MB	
06- UEL	12- AN x PA	18- PA x UEL	

## 3.2. Método

### 3.2.1. Seleção dos genitores

Para obtenção dos híbridos  $F_1$ , os seis genitores foram escolhidos com base no seu comportamento em relação às características morfoagronômicas. Assim, os genitores escolhidos foram:

- Alessa: feijão-de-vagem, porte determinado, tipo manteiga, com boa adaptação e produtividade, originada do cruzamento Green Isle X Bush Blue Lake 274, possui flores e sementes brancas, as vagens possuem boa conservação natural pós-colheita, sem fibras e as plantas possuem alta tolerância à ferrugem (Leal et al., 1990);
- Andra: feijão-de-vagem, porte determinado, elevada capacidade produtiva, originária do cruzamento entre as cultivares 'Blush Blue Lake 274' e 'Cascade', possui flores e sementes brancas, boa conservação pós-colheita das vagens, sem fibras, tolerância à ferrugem, bom comportamento em relação à incidência de antracnose (Leal, 1990);
- Paulista: importada e comercializada no Brasil pela empresa Sementes Sakama Ltda.
- Turmalina: feijão-de-vagem, porte determinado, elevada capacidade produtiva, redução acentuada do período de produção e do número de colheitas, resistência a antracnose e ferrugem, diminuição no uso de defensivos, sem fibra, com vagem cilíndrica de coloração verde brilhante e alta capacidade produtiva (Nascimento, 2010).
- Manteiga Baixo: feijão-de-vagem, porte determinado, semente branca ou parda, vagens com corte transversal chato (Isla, 2012)
- UEL: foi selecionada a partir do cruzamento entre as linhagens 78BP e NY76-2812-15, feito pelo Departamento de Agricultura dos EUA (USDA). São plantas de porte ereto, precoces, vagens cilíndricas e altura média (Castiglioni et al., 1993).

Para obtenção dos 15 híbridos  $F_1$  foram realizados todos os cruzamentos possíveis entre os parentais (sem recíprocos) conforme a Tabela 1.

### 3.2.2. Composição do dialelo e obtenção dos híbridos

Os cruzamentos foram realizados nas condições de casa de vegetação localizada na Unidade de Apoio à Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF (UAP/CCTA/UENF), localizada no Município de Campos dos Goytacazes-RJ.

Os genitores foram cruzados entre si em um esquema de dialelo sem recíprocos, com a consequente obtenção de quinze híbridos. O esquema de cruzamento entre os genótipos se encontra na Tabela 2.

**Tabela 2.** Esquema de dialelo sem recíprocos entre seis genótipos de feijão de vagem. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012

♀ ♂	Genitor 1	Genitor 2	Genitor 3	Genitor 4	Genitor 5	Genitor 6
Genitor 1	1x1*	1x2	1x3	1x4	1x5	1x6
Genitor 2		2x2*	2x3	2x4	2x5	2x6
Genitor 3			3x3*	3x4	3x5	3x6
Genitor 4				4x4*	4x5	4x6
Genitor 5					5x5*	5x6
Genitor 6						6x6

\*Progenitores

Para obtenção da geração F<sub>1</sub>, inicialmente foram efetuados plantios semanais em cinco vasos durante sete semanas, totalizando 35 vasos por genitor. Este plantio foi efetuado entre os meses de maio e julho de 2011. Esse período de plantio dos genitores foi estendido para se obter um número suficiente de sementes para a realização do experimento de avaliação dos híbridos.

As plantas foram cultivadas em vasos com capacidade para cinco litros em condições de casa de vegetação. O substrato utilizado foi composto de 50% de solo, 30 % de esterco bovino e 20% de areia. A adubação mineral se constituiu de 20g de NPK 4-14-8 por vaso. Foram utilizadas quatro sementes por vaso e após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste para duas plantas por vaso. Os vasos foram dispostos em casa-de-vegetação e irrigados conforme a necessidade da cultura. Foi efetuada uma cobertura com 0,75g de sulfato de amônio em cada vaso no início da formação das vagens, visando favorecer o seu enchimento

(Filgueira, 2003). As temperaturas máximas e mínimas durante a condução do experimento variaram entre 18 a 34°C, respectivamente, com umidade relativa do ar entre 70 e 85%.

As sementes híbridas foram obtidas por meio de polinizações artificiais, realizadas no período da manhã (06:30 às 10:00 h) e da tarde (17:00 às 18:30 h) para aumentar o rendimento obtido nos cruzamentos.

O cruzamento entre os genitores de feijão-de-vagem se deu por meio da técnica de abertura e emasculação do botão floral com esfregaço (Peternelli & Borém, 1999). A técnica consiste na abertura do botão floral próximo a antese, estado caracterizado pelo intumescimento do botão floral, com o uso de pinça reta de ponta fina. Retirou-se então o estigma de uma flor já aberta, que estava recoberto pelo pólen. Por meio de esfregaço com o estigma do botão floral que foi aberto, o pólen foi então passado de um estigma para outro. O botão floral foi fechado, sendo o cruzamento identificado por etiquetagem.

### **3.2.3. Condições de cultivo e delineamento experimental**

O experimento foi realizado nas condições de campo localizado no Setor de Horticultura do Instituto Federal do Espírito Santo – Campus Itapina, localizado no Município de Colatina-ES, em um solo classificado como aluvial, altitude de 105 m, temperatura máxima de 32°C e mínima de 18°C, evapotranspiração de 3,4 mm e umidade relativa de 70% e precipitação de 0,8 mm.

Utilizou-se o delineamento de blocos ao acaso, com os quinze híbridos e seis genitores totalizando 21 tratamentos em quatro repetições. Cada bloco correspondeu aos 21 tratamentos com quatro plantas por parcela totalizando 336 plantas. Foram avaliados oito caracteres qualitativos e 12 caracteres quantitativos.

O plantio foi realizado em julho de 2012 utilizando três sementes por cova e após a germinação procedeu-se o desbaste resultando em uma planta por cova. Foi utilizado o espaçamento entre linhas e entre plantas de 50 cm, totalizando uma área de 242 m<sup>2</sup>. Os tratos culturais seguiram as recomendações técnicas para a cultura (Filgueira, 2003).

### 3.3. Avaliação do Dialelo

Foram avaliados caracteres qualitativos e quantitativos descritos a seguir, oriundos da classificação proposta em 1982 pelo Bioversity International, antigo IPGRI.

#### 3.3.1. Caracteres qualitativos

Nesse item estão incluídas as classificações gerais e poderão ser usadas de acordo com possíveis modificações de materiais genéticos, com cores de flores e sementes variadas, ao longo da pesquisa.

- Cor da Flor (CF) – Esta característica foi observada em flores recém-abertas, pois após a fecundação há mudança na coloração:

1- Branca

2- Lilás

- Cor da vagem (COV) – Esta característica foi observada em vagens imaturas, porém totalmente expandida:

1- Verde

2- Verde Brilhante

3- Verde clara ou verde prata

- Cor da semente (CS) – Foi determinada em sementes provenientes de vagens secas conforme a seguinte classificação:

1- Preta

2- Roxa

3- Cinza

4- Creme

5- Branca

- Perfil da vagem (PEV) – Observado em vagens imaturas e completamente expandidas:

1- Reto

2- Ligeiramente Curvo

3- Curvo

- Forma do dente apical da vagem (FDAV) – recebeu a seguinte classificação:

1- Reto

2- Arqueado

- Posição do dente da vagem (PDV) – recebeu a seguinte classificação:

1- Marginal (alinhado com a sutura ventral do fruto)

2- Não marginal (não alinhado com a sutura ventral do fruto)

- Seção Transversal da vagem (STV):

1- Chata (tipo manteiga)

2- Redonda (tipo macarrão)

### **3.3.2. Caracteres quantitativos**

- Diâmetro do caule (DC): refere-se à medida do diâmetro do caule na região do colo com auxílio de um paquímetro digital expressa em mm.
- Dias para o florescimento (DF): refere-se ao número de dias contados a partir da semeadura até o florescimento, observado quando pelo menos 50% das plantas da parcela apresentavam flores recém-abertas;
- Dias para a colheita (DPC): refere-se ao número de dias contados a partir do plantio até a colheita;
- Altura média de plantas (AP): corresponde à distância do colo até o final da haste principal, na data da última colheita, expressa em cm;
- Altura de inserção da 1ª vagem (AIPV): obtida pela medição em campo da altura da primeira vagem em relação ao colo da planta, em cm;
- Comprimento médio da vagem (CV): medida longitudinal das vagens, com o auxílio de régua graduada, em uma amostra de 10 vagens por planta, expressa em cm;

- Diâmetro da vagem (DV): obtido pela medição da seção transversal da vagem, com o auxílio de paquímetro digital, em uma amostra de 10 vagens por planta, expressa em mm;
- Número total de vagens (NV): obtido pela contagem de todas as vagens da parcela;
- Peso de vagem (PV): peso total das vagens da parcela, expresso em gramas;
- Número de lóculos por vagem (NLV); obtido pela contagem dos lóculos por vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta;
- Número de sementes por vagem (NSV): obtido pela contagem das sementes produzidas por vagem, em uma amostra de 10 vagens por planta;
- Teor de fibras da vagem (FIB): obtida a partir de 10 gramas de vagens “in natura”, trituradas por três minutos em liquidificador; em seguida, as amostras foram colocadas em peneiras de 30 mesh e lavadas em água corrente. Posteriormente, as amostras foram lavadas com acetona (100%), e secas em estufa a 105° C por cerca de uma hora, procedendo-se em seguida a pesagem do material (adaptado de Frank et al., 1961).

### 3.4. Análises Estatísticas e Genéticas

#### 3.4.1. Análise de variância

A partir das 12 características mensuradas nos seis genitores e seus respectivos híbridos, foi realizada a análise de variância. Posteriormente, foi aplicado o teste de agrupamento de médias Scott-Knott (Ramalho et al., 2000). A análise de variância foi realizada considerando-se como fixos todos os efeitos, exceto o erro experimental, conforme o seguinte modelo estatístico:

$Y_{ij} = m + g_i + b_j + e_{ij}$  em que:

- $Y_{ij}$  = valor fenotípico da ij-ésima observação referente ao i-ésimo genótipo no j-ésimo bloco;
- $m$  = média geral da característica;

- $g_i$  = efeito do  $i$ -ésimo genótipo;
- $b_j$  = efeito do  $j$ -ésimo bloco; e
- $e_{ij}$  = erro experimental médio.

O esquema da análise de variância individual, com as respectivas esperanças dos quadrados médios, considerando-se como fixo a fonte de variação genótipo, encontra-se na Tabela 3.

**Tabela 3.** Análise de variância individual e esperança de quadrados médios, utilizando  $F_1$ 's e genitores

FV	GL	QM	E(QM)
<b>Blocos</b>	b-1	QM <sub>3</sub>	$\sigma^2 + t \theta B$
<b>Tratamentos (T)</b>	t-1	QM <sub>2</sub>	$\sigma^2 + b \theta T$
<b>Genótipos (pais + F<sub>1</sub>'s)</b>	g-1	QM <sub>2.1</sub>	$\sigma^2 + b \theta G$
<b>Pais</b>	p-1	QM <sub>2.1.1</sub>	$\sigma^2 + b \theta P$
<b>F<sub>1</sub>'s</b>	F <sub>1</sub> -1	QM <sub>2.1.2</sub>	$\sigma^2 + b \theta F_1$
<b>Pais x F<sub>1</sub>'s</b>	1	QM <sub>2.1.3</sub>	$\sigma^2 + b \theta PF_1$
<b>Erro</b>	(b-1) (t-1)	QM <sub>1</sub>	$\sigma^2$

Em que:

b = número de blocos;

g = número de genótipos (pais + F<sub>1</sub>'s);

T = número de tratamentos (pais + F<sub>1</sub>'s + testemunhas).

### 3.4.2. Análises Genéticas

Para a avaliação dos caracteres dos pais e indivíduos F<sub>1</sub> obtidos a partir do dialelo foram utilizados o Método 2 do modelo de Griffing, que estima heterose e as capacidades geral (CGC) e específica de combinação (CEC) envolvendo os parentais do dialelo e os híbridos F<sub>1s</sub> e a metodologia de Hayman, que permite estudar o mecanismo de herança existente nos híbridos avaliados por meio de informações como herdabilidade e grau médio de dominância.

### 3.4.2.1. Análise dialélica de Griffing e determinação da capacidade combinatória

A análise de capacidade combinatória foi realizada de acordo com o Método 2 de Griffing (1956), em que são avaliadas as  $p(p + 1)/2$  combinações correspondentes aos parentais e seus cruzamentos, excluindo-se os recíprocos.

Foi considerado que as cultivares são de efeito fixo e apenas o erro experimental é de efeito aleatório, sendo as conclusões limitadas aos genótipos em estudo no presente trabalho.

As análises dialélicas foram realizadas com base na média das repetições, obtidas na análise de variância preliminar para as características avaliadas. As médias foram decompostas nos seguintes efeitos:

$Y_{ij} = m + g_i + g_j + s_{ij} + e_{ij}$ , em que:

- $Y_{ij}$  = valor médio da combinação híbrida ( $i \neq j$ ) ou do progenitor ( $i = j$ );
- $m$  = efeito médio de todos os tratamentos;
- $g_i, g_j$  = efeitos da capacidade geral de combinação do  $i$ -ésimo e  $j$ -ésimo genitor, respectivamente;
- $s_{ij}$  = efeito da capacidade específica de combinação do cruzamento entre os genitores de ordem  $i$  e  $j$ ;
- $e_{ij}$  = erro experimental médio associado à estimativa dos tratamentos.

Considerando-se as restrições  $\sum_i \hat{g}_i = 0$  e  $\sum_j \hat{s}_{ij} = 0$  (para cada  $i$ ), obtêm-se os seguintes estimadores dos efeitos (Cruz e Regazzi, 2001):

$$\hat{m} = \frac{2}{p(p+1)} Y_{..}$$

$$\hat{g}_i = \frac{1}{p+2} [Y_{ii} + Y_{i.} - (p+1)\hat{m}] = \frac{1}{p+2} \left[ Y_{ii} + Y_{i.} - \frac{2}{p} Y_{..} \right]$$

$$\hat{s}_{ij} = Y_{ij} - (\hat{m} + \hat{g}_i + \hat{g}_j) = Y_{ij} - \frac{1}{p+2} [Y_{ij} + Y_{i.} + Y_{.j}] + \frac{2}{(p+1)(p+2)} Y_{..},$$

em que:

$\hat{m}$  = estimador da média geral;

$\hat{g}_i$  = estimador do efeito da capacidade geral de combinação; e  
 $\hat{s}_{ij}$  = estimador do efeito da capacidade específica de combinação.

Então, obteve-se as somas de quadrados (Cruz e Regazzi, 2001):

$$SQ(\hat{m}) = \hat{m}Y_{..} = \frac{1}{p(p+1)} Y_{..}^2$$

$$SQ(\hat{g}_i) = SQ(CGC) = \sum_i \hat{g}_i(Y_{ii} + Y_{i.}) = \frac{1}{p+2} \left[ \sum (Y_{ii} + Y_{i.})^2 - \frac{4}{p} Y_{..}^2 \right]$$

$$SQ(\hat{s}_{ij}) = SQ(CEC) = \sum_i \sum_{i \leq j} \hat{s}_{ij} Y_{ij} = \sum_i \sum_{i \leq j} Y_{ij}^2 - \frac{1}{p+2} \sum_i (Y_{ii} + Y_{i.})^2 + \frac{2}{[(p+1)(p+2)]} Y_{..}^2$$

A Tabela 4 apresenta o esquema de análise de variância para CGC e CEC, com as respectivas esperanças de quadrados médios.

**Tabela 4.** Esquema da análise de variância para capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC). Campos dos Goytacazes-RJ, 2012

FV	GL	QM	F	E(QM)
<b>CGC</b>	P - 1	QMG	QMG/QMR	$\Sigma^2 + (p+2)\theta g$
<b>CEC</b>	P(p - 1)/2 - 1	QMS	QMS/QMR	$\Sigma^2 + \theta g$
<b>Resíduo</b>	F	QMR	-	$\Sigma^2$

F = número de graus de liberdade do resíduo da análise preliminar.

Para cada caráter avaliado foi calculada a heterose em relação à média dos genitores, pela seguinte expressão:

$$H_{MP} = \frac{F_1 - MP}{MP} \times 100, \text{ onde } MP = \frac{P1 + P2}{2}.$$

Maiores detalhes sobre esta metodologia são encontrados na literatura (Vencovsky e Barriga, 1992; Ramalho et al., 1993; Cruz e Regazzi, 2001).

### 3.4.2.2. Análise dialélica de Hayman

Este procedimento baseou-se no conhecimento da natureza ambiental e genética de estatísticas, tais como médias, variâncias e covariâncias, obtidas a partir de uma tabela dialélica envolvendo **p** genitores homozigotos. Supõe-se que

estes diferem em um loco (T/t), ainda existindo uma proporção  $u_t$  de genitores com alelos favoráveis e outra,  $v_t$  com alelos desfavoráveis, ilustrados na Tabela 5 (Cruz et al., 2004).

**Tabela 5.** Número e frequência de genótipos entre genitores. Campos dos Goytacazes-RJ, 2012.

Genitores	Número	Frequência	$\theta_t$
TT	p1	$u_t$	1
Tt	p2	$v_t$	-1
Total	P	1	

$\theta_t = 1$  se o genótipo é favorável e  $-1$  se desfavorável

Cruz et al. (2004) consideram que os genes em questão assumem uma distribuição independente entre os genitores, e os valores genotípicos relacionados aos genótipos TT, Tt e tt são, respectivamente,  $d_t$ ,  $h_t$  e  $-d_t$ , definindo: valor genotípico do  $i$ -ésimo genitor; valor genotípico das médias dos genitores; valor genotípico da progênie entre os genitores  $i$  e  $j$ ; valor genotípico da média da  $i$ -ésima linha; valor genotípico da média da  $j$ -ésima coluna; valor genotípico da média geral.

Normalmente, entre os híbridos e seus recíprocos, não há diferenças. Sendo assim, utilizam-se, na tabela dialélica, as estimativas de  $(Y_{ij} + Y_{ji})/2$ . Assim, considerando-se apenas os componentes ambientais (residuais), tem-se:

$$E(Y_{ii}^2) = \varepsilon$$

$$E(Y_{ij}^2) = \frac{1}{2} \varepsilon$$

Em que,  $\varepsilon$  e  $\varepsilon'$  são variâncias residuais associadas, respectivamente, aos genitores e aos híbridos.

Segundo Cruz et al. (2004), os componentes genéticos e ambientais (residuais) associados às variâncias e covariâncias, são expressos por: variância entre genitores; variância dentro da linha ou coluna; média das variâncias obtidas dentro da linha; variância entre as médias das linhas; covariância entre as médias das colunas e a  $i$ -ésima linha; covariância entre genitores e a  $i$ -ésima linha; média das covariâncias entre genitores e a  $i$ -ésima linha; quadrado da diferença entre a média geral e a média dos genitores.

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Eficiência dos cruzamentos

No ano de 2011 foram realizados os cruzamentos obtendo-se as sementes híbridas. Essas sementes híbridas foram obtidas por meio de polinizações artificiais, realizadas no período da manhã (6:30 às 10:00 h) e da tarde (17:00 às 18:30 h) para aumentar o rendimento obtido nos cruzamentos. Bliss (1980), Vaid (1990) e Peternelli & Borém (1999) relatam que pode ser obtido maior sucesso nas hibridações em ambientes sem controle de temperatura e umidade, locais em que as polinizações são realizadas nos horários mais frescos da manhã (até as 10:00 h) ou da tarde (a partir das 15:00 h). No estudo de Carpentieri-Pípulo tal ocorrência não foi verificada entre o número de vagens formadas nos horários de 10:00, 12:00 e 15:00 h .

Peternelli e Borém (1999) relatam que as variações observadas nas épocas podem ser atribuídas, dentre outros fatores, principalmente à temperatura e umidade do ar.

Os resultados dos cruzamentos para obtenção dos híbridos estão na Tabela 6.

**Tabela 6.** Número de sementes de feijão-de-vagem obtido em todos os cruzamentos dialélicos. Campos dos Goytacazes – RJ, 2012

<b>Cruzamentos</b>	<b>Número de sementes*</b>
Alessa x Andra	036
Alessa x Paulista	046
Alessa x Turmalina	075
Alessa x Manteiga baixo	066
Alessa x UEL	106
Andra x Paulista	016
Andra x Turmalina	042
Andra x Manteiga baixo	064
Andra x UEL	029
Paulista x Turmalina	027
Paulista x Manteiga Baixo	029
Paulista x UEL	023
Turmalina x Manteiga baixo	047
Turmalina x UEL	052
Manteiga baixo x UEL	030

\*Número de sementes obtido nos cruzamentos dialélicos

O número de sementes obtido foi relativamente baixo em relação ao número de cruzamentos realizados. No total foram realizados 986 cruzamentos totalizando 14% de pegamento dos cruzamentos. Durante o período de condução dos cruzamentos, as temperaturas variaram entre 18 e 34°C, respectivamente, com umidade relativa do ar entre 70 e 85%.

Em Campinas, Estado de São Paulo, Nucci (1940) obteve 35% de pegamento nos meses mais frios (inverno), com temperaturas entre 20 e 24°C, em contraposição aos meses de verão onde a porcentagem de pegamento foi de 10%.

#### **4.2. Avaliação dos caracteres qualitativos**

Em relação aos caracteres qualitativos, foi observada variação entre os híbridos  $F_1$ , fato este esperado, devido à variabilidade observada nos genitores selecionados para o dialelo (Tabela 7). Em algumas características qualitativas não houve diferença entre progenitores e híbridos, como por exemplo, cor de flor e cor de semente. É relevante a respeito da estreita base genética do feijão-de-vagem, por se tratar de uma espécie autógama. Portanto, a necessidade de cruzamento entre diversos genótipos para obtenção de uma ampla gama de

indivíduos é bastante conveniente. Sendo assim, a utilização de combinações múltiplas a partir de cruzamentos dialélicos é uma alternativa viável para a ampliação da base genética da espécie e a obtenção de segregantes superiores (Silva et al., 2004b; Vilela, 2009; Cabral, 2011; Araújo, 2012).

**Tabela 7.** Moda dos parentais e híbridos (F<sub>1</sub>) de feijão-de-vagem, relativas a sete caracteres <sup>(1)</sup>. Colatina-ES, 2012

Parentais e híbridos	CF	COV	CS	PEV	FDAV	PDV	STV
1.Alessa	1	1	5	1	1	1	1
2.Andra	1	1	5	2	2	2	2
3.Paulista	1	2	5	1	1	1	2
4.Turmalina	1	3	5	2	2	2	2
5.Manteiga baixo	1	1	5	2	1	2	1
6.UEL	1	1	5	1	1	1	2
7.1x2	1	1	5	1	1	1	2
8.1x3	1	2	5	1	1	1	2
9.1x4	1	1	5	2	2	2	1
10.1x5	1	3	5	1	1	1	1
11.1x6	1	3	5	1	1	1	2
12.2x3	1	2	5	1	1	1	2
13.2x4	1	1	5	2	2	2	2
14.2x5	1	1	5	2	2	2	2
15.2x6	1	3	5	1	1	1	2
16.3x4	1	1	5	1	1	1	2
17.3x5	1	3	5	1	1	1	2
18.3x6	1	3	5	1	1	1	2
19.4x5	1	1	5	2	2	2	1
20.4x6	1	1	5	2	2	1	2
21.5x6	1	1	5	2	1	2	2

<sup>(1)</sup>Cor da Flor (CF): 1- Branca, 2- Lilás; Cor da vagem (COV): 1-Verde, 2-Verde Brilhante, 3-Verde clara ou verde prata; Cor da semente (CS): 1-Preta, 2-Roxa, 3- Cinza, 4-Creme, 5-Branca; Perfil da vagem (PEV): 1- Reto, 2-Ligeiramente curvo, 3-Curvo; Forma do dente apical da vagem (FDAV): 1-Reto, 2-Arqueado; Posição do dente da vagem (PDV): 1-Marginal (alinhado com a sutura ventral do fruto), 2-Não marginal (não alinhado com a sutura ventral do fruto); Seção transversal da vagem (STV): 1-Chata, 2-Redonda.

### 4.3. Avaliação dos caracteres quantitativos

#### 4.3.1. Análise de variância

Os quadrados médios para tratamento não foram todos significativos pelo teste F, porém na maioria dos caracteres estudados os tratamentos são geneticamente contrastantes. A precisão do experimento, estimada pelo coeficiente de variação, foi menor para FIB, que apresentou valor de 31,79% e PV, que apresentou valor de 24,05%, mostrando serem estes caracteres bastante afetados por variações ambientais não controláveis. As demais características apresentaram coeficientes de variação entre 2,01% e 22,21% respectivamente

para DPC e NV. O resumo da análise de variância dos dados encontra-se na Tabela 8.

**Tabela 8.** Resumo das análises de variância (ANOVA) de treze caracteres <sup>(1)</sup> de feijão-de-vagem. Colatina-ES, 2012

FV	GL	Quadrados médios					
		DC	DF	DPC	AP	AIPV	CV
<b>Bloco</b>	3	4,47	4,93	7,77	204,95	15,94	1,11
<b>Tratamento</b>	20	1,94**	2,90 <sup>ns</sup>	1,63 <sup>ns</sup>	13,42 <sup>ns</sup>	9,01 <sup>ns</sup>	2,57**
<b>Resíduo</b>	60	0,42	2,63	1,22	7,85	10,56	0,32
<b>Média</b>		9,67	44,69	54,86	46,06	25,42	16,73
<b>CV (%)</b>		6,74	3,63	2,01	6,08	12,77	3,42

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem.

\*\* significativo pelo teste F ( $P < 0,01$ ).

\* significativo pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

<sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 8.** Cont.

FV	GL	Quadrados médios					
		DV	NV	PV	NLV	NSV	FIB
<b>Bloco</b>	3	0,04	2420,18	240951,1	0,13	0,55	0,18
<b>Tratamento</b>	20	3,85**	1116,5**	62591,0**	0,44**	0,47**	0,10**
<b>Resíduo</b>	60	0,37	190,38	15780,83	0,15	0,20	0,04
<b>Média</b>		9,77	62,11	522,18	6,49	6,25	0,67
<b>CV (%)</b>		6,30	22,21	24,05	6,07	7,21	31,79

<sup>(1)</sup> DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

\*\* significativo pelo teste F ( $P < 0,01$ ).

\* significativo pelo teste F ( $P < 0,05$ ).

<sup>ns</sup> não significativo.

Trindade et al. (2011) obtiveram coeficiente de variação entre 6,79 a 26,66% para características em feijão de vagem indicando níveis aceitáveis de variação ambiental. Carvalho et al. (1999) trabalhando com dialelo em feijão-de-vagem observaram diferença significativa entre os genótipos avaliados, o que permitiu a decomposição dos efeitos de tratamento em capacidade geral e específica de combinação. No estudo de Trindade et al. (2011) com *P. vulgaris* também houve efeitos significativos, exceto para a característica teor de fibras.

Contudo, no estudo de Silva, et al. (2005) trabalhando com híbridos de feijão-de-vagem observaram valores inferiores a 21%, indicando pouca influência

ambiental. Em um estudo com feijão-comum Baldissera et al. (2012) encontraram valores de quadrados médio de tratamento significativos a 5% pelo teste F para todas as características comprovando que os genótipos escolhidos foram contrastantes, o que é importante para o sucesso em um programa de melhoramento, pois assim, a variabilidade genética é ampliada favorecendo a seleção.

No estudo de Arunga et al. (2010) também foi observado na análise de variância significativa variação entre os 25 genótipos de feijão-de-vagem estudados. Significância para CGC indica que efeitos gênicos aditivos estão envolvidos no controle genético da característica. Tais efeitos gênicos aditivos são fixados ao longo de sucessivas gerações, sendo importantes, sobretudo para espécies autógamas como feijão-de-vagem, nas quais o uso de híbridos não é economicamente viável. A existência de efeitos gênicos aditivos para todos os caracteres avaliados permite supor a possibilidade de se obter novas cultivares derivadas de populações segregantes a partir de cruzamentos com os genitores testados (Carvalho et al., 1999; Gonçalves, 2003; Mariguele, 2008; Cabral, 2011; Araújo, 2012).

#### **4.3.2. Avaliação das médias dos parentais e híbridos**

Nos efeitos de tratamento para dias para florescimento, dias para colheita e altura da inserção da primeira vagem não foram detectadas diferenças significativas entre médias de tratamentos pelo teste de agrupamento Scott & Knott a 5% (Tabela 9). Entretanto, para as demais características houve diferença significativa pelo teste. O comprimento médio da vagem e o diâmetro da vagem apresentaram maior variabilidade, evidenciando quatro grupos com distribuição uniforme dos tratamentos por grupo. Para as demais variáveis, constataram-se médias de tratamentos mais homogêneas, com formação de apenas dois ou três grupos.

No estudo com feijão-de-vagem de Francelino et al. (2011) houve efeito significativo de genótipos para todas as características avaliadas no experimento, ou seja, os diferentes genótipos podem ser distinguidos pelas suas características. Da mesma forma, Machado et al. (2008) estudando diferentes genótipos de feijão-caupi precoces e de alta produtividade de grãos encontraram

diferença significativa quanto à característica produtividade de grãos entre os genótipos estudados, conseguindo diferenci-los pela produtividade de seus grãos.

#### **4.3.2.1. Diâmetro do caule (DC)**

O parental Alessa apresentou maior diâmetro do caule (10,78 mm) em relação a todos os outros tratamentos, seguido dos híbridos 2x5, 1x5, 1x3, 1x6, 2x3, 1x4 e 1x2. Verifica-se que os híbridos derivados da cultivar Alessa (7, 8, 9, 10 e 11) se destacaram em relação a essa característica (Tabela 9).

Essa característica é importante para o cultivo de feijão-de-vagem de porte determinado uma vez que ocorre acamamento nessas plantas devido ao diâmetro do caule não suportar o peso da planta na sua fase final (enchimento dos grãos). Isso foi observado em muitas plantas cujo diâmetro do caule foi menor em relação aos outros. No parental Turmalina muitas plantas acamadas foram identificadas e em relação aos outros tratamentos foi a que obteve menor diâmetro.

#### **4.3.2.2. Dias para florescimento (DF)**

Essa é uma característica que não obteve diferença entre os tratamentos pelo teste de Scott-Knott. As médias oscilaram entre 43 a 47 dias para obter cerca de 50% do florescimento da planta (Tabela 9). Essa é uma característica importante, pois indica precocidade no ciclo dessa planta. No entanto essa não é uma característica que revela precocidade nos tratamentos testados. Isso é esperado uma vez que feijão-de-vagem de porte determinado tende a florescer em um curto intervalo de tempo. Outra importância dessa característica é estimar quando haverá o ápice da colheita de feijão de vagem.

**Tabela 9.** Médias dos parentais e híbridos (F<sub>1</sub>) de feijão-de-vagem, relativas a doze características<sup>(1)</sup>. Colatina-ES, 2012.

Parentais e híbridos	DC	DF	DPC	AP	AIPV	CV	DV	NV	PV	NLV	NSV	FIB
<b>1.Alessa</b>	10,78 <sup>a</sup>	43,50 <sup>a</sup>	54,43 <sup>a</sup>	46,56 <sup>b</sup>	24,25 <sup>a</sup>	16,90 <sup>b</sup>	10,77 <sup>a</sup>	53,68 <sup>b</sup>	351,72 <sup>c</sup>	6,43 <sup>b</sup>	6,25 <sup>b</sup>	0,93 <sup>a</sup>
<b>2.Andra</b>	09,79 <sup>a</sup>	45,14 <sup>a</sup>	54,58 <sup>a</sup>	43,70 <sup>b</sup>	25,41 <sup>a</sup>	17,09 <sup>a</sup>	09,96 <sup>b</sup>	50,62 <sup>b</sup>	499,22 <sup>c</sup>	5,89 <sup>b</sup>	5,68 <sup>b</sup>	0,48 <sup>b</sup>
<b>3.Paulista</b>	08,70 <sup>b</sup>	45,43 <sup>a</sup>	56,37 <sup>a</sup>	44,87 <sup>b</sup>	27,64 <sup>a</sup>	15,12 <sup>d</sup>	07,24 <sup>d</sup>	92,83 <sup>a</sup>	479,99 <sup>c</sup>	6,40 <sup>b</sup>	6,39 <sup>a</sup>	0,54 <sup>b</sup>
<b>4.Turmalina</b>	08,52 <sup>b</sup>	44,20 <sup>a</sup>	55,29 <sup>a</sup>	48,37 <sup>a</sup>	25,00 <sup>a</sup>	16,31 <sup>b</sup>	10,84 <sup>a</sup>	52,66 <sup>b</sup>	480,23 <sup>c</sup>	6,35 <sup>b</sup>	6,10 <sup>b</sup>	0,64 <sup>b</sup>
<b>5.Manteiga baixo</b>	09,91 <sup>b</sup>	46,33 <sup>a</sup>	54,35 <sup>a</sup>	45,18 <sup>b</sup>	25,64 <sup>a</sup>	16,63 <sup>b</sup>	10,55 <sup>a</sup>	45,81 <sup>b</sup>	466,08 <sup>c</sup>	6,39 <sup>b</sup>	6,18 <sup>b</sup>	0,65 <sup>b</sup>
<b>6.UEL</b>	08,90 <sup>b</sup>	46,68 <sup>a</sup>	53,81 <sup>a</sup>	43,81 <sup>b</sup>	22,93 <sup>a</sup>	15,14 <sup>d</sup>	09,37 <sup>b</sup>	46,50 <sup>b</sup>	329,71 <sup>c</sup>	6,26 <sup>b</sup>	6,23 <sup>b</sup>	0,85 <sup>a</sup>
<b>7.1x2</b>	09,95 <sup>a</sup>	45,12 <sup>a</sup>	54,62 <sup>a</sup>	45,62 <sup>b</sup>	25,68 <sup>a</sup>	17,29 <sup>a</sup>	10,24 <sup>a</sup>	50,68 <sup>b</sup>	460,99 <sup>c</sup>	6,18 <sup>b</sup>	5,81 <sup>b</sup>	0,62 <sup>b</sup>
<b>8.1x3</b>	10,46 <sup>a</sup>	44,87 <sup>a</sup>	55,56 <sup>a</sup>	48,93 <sup>a</sup>	25,18 <sup>a</sup>	16,61 <sup>b</sup>	08,48 <sup>c</sup>	104,0 <sup>a</sup>	721,36 <sup>b</sup>	7,00 <sup>a</sup>	6,68 <sup>a</sup>	0,65 <sup>b</sup>
<b>9.1x4</b>	10,01 <sup>a</sup>	43,62 <sup>a</sup>	54,81 <sup>a</sup>	49,37 <sup>a</sup>	24,56 <sup>a</sup>	17,61 <sup>a</sup>	10,86 <sup>a</sup>	47,81 <sup>b</sup>	464,69 <sup>c</sup>	6,62 <sup>b</sup>	6,75 <sup>a</sup>	0,87 <sup>a</sup>
<b>10.1x5</b>	10,60 <sup>a</sup>	44,22 <sup>a</sup>	54,68 <sup>a</sup>	46,52 <sup>b</sup>	25,41 <sup>a</sup>	17,68 <sup>a</sup>	10,66 <sup>a</sup>	52,58 <sup>b</sup>	531,25 <sup>c</sup>	6,54 <sup>b</sup>	6,39 <sup>a</sup>	0,58 <sup>b</sup>
<b>11.1x6</b>	10,34 <sup>a</sup>	44,33 <sup>a</sup>	55,33 <sup>a</sup>	43,79 <sup>b</sup>	23,75 <sup>a</sup>	16,57 <sup>b</sup>	10,39 <sup>a</sup>	62,83 <sup>b</sup>	493,85 <sup>c</sup>	6,41 <sup>b</sup>	6,14 <sup>b</sup>	0,99 <sup>a</sup>
<b>12.2x3</b>	10,12 <sup>a</sup>	44,31 <sup>a</sup>	55,18 <sup>a</sup>	49,31 <sup>a</sup>	28,56 <sup>a</sup>	17,61 <sup>a</sup>	08,58 <sup>c</sup>	98,56 <sup>a</sup>	901,28 <sup>a</sup>	6,75 <sup>a</sup>	6,56 <sup>a</sup>	0,48 <sup>b</sup>
<b>13.2x4</b>	09,32 <sup>b</sup>	44,52 <sup>a</sup>	54,91 <sup>a</sup>	45,91 <sup>b</sup>	26,87 <sup>a</sup>	17,49 <sup>a</sup>	10,27 <sup>a</sup>	48,91 <sup>b</sup>	574,69 <sup>c</sup>	6,25 <sup>b</sup>	6,00 <sup>b</sup>	0,55 <sup>b</sup>
<b>14.2x5</b>	10,65 <sup>a</sup>	44,25 <sup>a</sup>	55,43 <sup>a</sup>	46,25 <sup>b</sup>	24,93 <sup>a</sup>	17,23 <sup>a</sup>	09,92 <sup>b</sup>	61,00 <sup>b</sup>	607,52 <sup>c</sup>	6,06 <sup>b</sup>	5,68 <sup>b</sup>	0,37 <sup>b</sup>
<b>15.2x6</b>	09,87 <sup>a</sup>	43,87 <sup>a</sup>	53,68 <sup>a</sup>	48,06 <sup>a</sup>	26,37 <sup>a</sup>	17,06 <sup>a</sup>	10,20 <sup>a</sup>	56,18 <sup>b</sup>	510,96 <sup>c</sup>	6,62 <sup>b</sup>	6,43 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>
<b>16.3x4</b>	08,57 <sup>b</sup>	45,47 <sup>a</sup>	55,29 <sup>a</sup>	43,47 <sup>b</sup>	24,18 <sup>a</sup>	16,44 <sup>b</sup>	09,76 <sup>b</sup>	60,08 <sup>b</sup>	452,62 <sup>c</sup>	7,04 <sup>a</sup>	6,33 <sup>a</sup>	0,66 <sup>b</sup>
<b>17.3x5</b>	09,52 <sup>b</sup>	45,18 <sup>a</sup>	54,47 <sup>a</sup>	44,95 <sup>b</sup>	26,54 <sup>a</sup>	17,09 <sup>a</sup>	09,42 <sup>b</sup>	66,50 <sup>b</sup>	546,12 <sup>c</sup>	7,22 <sup>a</sup>	7,04 <sup>a</sup>	0,73 <sup>a</sup>
<b>18.3x6</b>	09,08 <sup>b</sup>	43,45 <sup>a</sup>	43,91 <sup>a</sup>	45,18 <sup>b</sup>	27,72 <sup>a</sup>	15,17 <sup>d</sup>	08,08 <sup>c</sup>	70,60 <sup>b</sup>	439,11 <sup>c</sup>	6,62 <sup>b</sup>	6,16 <sup>b</sup>	0,59 <sup>b</sup>
<b>19.4x5</b>	09,54 <sup>b</sup>	44,22 <sup>a</sup>	54,95 <sup>a</sup>	45,27 <sup>b</sup>	24,89 <sup>a</sup>	17,47 <sup>a</sup>	10,33 <sup>a</sup>	63,10 <sup>b</sup>	675,24 <sup>b</sup>	6,5 <sup>b</sup>	6,0 <sup>b</sup>	0,53 <sup>b</sup>
<b>20.4x6</b>	09,71 <sup>a</sup>	44,79 <sup>a</sup>	55,16 <sup>a</sup>	46,18 <sup>b</sup>	25,66 <sup>a</sup>	16,83 <sup>b</sup>	10,06 <sup>b</sup>	58,33 <sup>b</sup>	477,82 <sup>c</sup>	6,52 <sup>b</sup>	6,45 <sup>a</sup>	0,89 <sup>a</sup>
<b>21.5x6</b>	09,80 <sup>a</sup>	45,00 <sup>a</sup>	55,25 <sup>a</sup>	45,93 <sup>b</sup>	22,75 <sup>a</sup>	16,03 <sup>c</sup>	09,12 <sup>c</sup>	61,00 <sup>b</sup>	501,28 <sup>c</sup>	6,5 <sup>b</sup>	6,31 <sup>a</sup>	0,75 <sup>a</sup>

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule (mm); DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta (cm); AIPV: altura da inserção da primeira vagem (cm); CV: comprimento médio da vagem (mm); DV: diâmetro da vagem (mm); NV: número total de vagens; PV: Peso de vagens (g); NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras (g). Médias com a mesma letra não diferem entre si pelo teste de Scott & Knott a 5%.

#### **4.3.2.3. Dias para colheita (DPC)**

Não foram detectadas diferenças significativas entre médias de tratamentos conforme a Tabela 9. Essa característica apresentou resultados semelhantes à característica dias para florescimento citada anteriormente, mesmo porque as duas características são relacionadas. Assim que floresce ocorre a fecundação e conseqüentemente a formação dos frutos e a colheita das vagens verdes. Essa característica, apesar de não ter diferença significativa, oscilou entre 53 a 57 dias para colher as vagens, ou seja, cerca de dez dias após a emissão das flores.

#### **4.3.2.4. Altura média das plantas**

Por ser uma planta de porte determinado, as plantas de feijão-de-vagem não possuem alturas muito superiores a 50 cm e isso foi observado nos tratamentos avaliados. Os valores médios para essas características não passaram de 49,37 cm. Entre os tratamentos houve uma pequena diferença. O teste de Skott-Knott revelou dois grupos: um maior, compreendendo as menores médias (43,47 a 46,56) e o outro com as maiores médias para essa característica (48,06 a 49,37). Dentre os que apresentaram as menores médias destacam-se os híbridos 3x4 e 1x6 e os genitores Andra, Paulista e UEL com 43,70, 44,87 e 43,81, respectivamente. Essa característica é de suma importância para feijão-de-vagem de porte determinado uma vez que se for utilizada a colheita mecanizada se leva em conta a uniformidade dessas plantas. Apesar da diferença estatística, observou-se no campo essa uniformidade e não foi possível correlacionar altura de plantas com plantas acamadas.

No estudo de Francelino (2011) a característica altura média das plantas apresentou efeito significativo das linhagens de feijão-de-vagem utilizadas a 5% de probabilidade pelo teste F. A característica permitiu a formação de quatro classes distintas.

#### **4.3.2.5. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV)**

Essa variável também não apresentou diferenças significativas em suas médias. A primeira vagem da maioria das plantas aparece na parte mediana da planta

como pode ser observado na Tabela 9 através das suas médias que variaram entre 22 a 28 cm (Tabelas 8 e 9).

Francelino et al. (2011) estudando genótipos de feijão-de-vagem relataram que a característica altura de inserção da primeira vagem foi altamente significativa a 1% de probabilidade, indicando que existe variabilidade genética entre as linhagens de feijão-de-vagem avaliadas.

A característica altura da inserção da primeira vagem tem maior importância na cultura do feijão comum para a colheita mecanizada, o que não é interessante para o feijão-de-vagem de hábito indeterminado por ser uma cultura que visa o emprego da mão-de-obra familiar. Entretanto, é de interesse dos melhoristas selecionar genótipos que possuam maior altura de inserção das primeiras vagens, pois vagens baixas, devido ao contato com o solo podem ser facilmente deterioradas devido a danos físicos que facilitam a contaminação por patógenos de solo (Araújo, 2012)

#### **4.3.2.6. Comprimento médio da vagem (CV)**

Para a característica comprimento médio da vagem, verificou-se a formação de quatro grupos envolvendo parentais e híbridos (Tabela 9). O grupo de maior média foi representado por híbridos 1x5, 2x3, 1x4, 2x4, 4x5, 1x2, 2x5, 3x5 e 2x6. Entre os parentais a cultivar Andra foi a que apresentou maior média (17,06). A maioria destes híbridos possui a cultivar Andra como parental. O grupo com menor média para a característica comprimento da vagem foram os parentais UEL e Paulista e o híbrido 3x6. Francelino et al. (2011) estudando genótipos de feijão-de-vagem relatou que a característica comprimento médio da vagem foi altamente significativa a 1% de probabilidade, indicando que existe variabilidade genética entre as linhagens de feijão-de-vagem avaliadas. A característica formou cinco classes diferentes, de acordo com o teste de Scott-Knott.

#### **4.3.2.7. Diâmetro da vagem (DV)**

Esta característica é uma das mais importantes, pois atualmente o consumidor final prefere vagens de diâmetro menor como a da cultivar Paulista. Esta cultivar formou um grupo isolado, que obteve a menor média (7,24 mm). Híbridos

derivados desta cultivar formaram um outro grupo com médias baixas em relação à esta característica. São eles: 2x3, 1x3 e 3x6. Observa-se que todos esses híbridos possuem como genitor comum a cultivar Paulista.

#### **4.3.2.8. Número total de vagens (NV)**

Na Tabela 9 observa-se a formação de dois grupos para essa variável. O grupo que obteve as maiores médias foi formado pelos híbridos 1x3 e 2x3 e pelo progenitor Paulista. Apesar de possuírem vagens de tamanho e diâmetro menores que as demais, esses genótipos tiveram as médias mais altas em relação aos outros. Isso mostra que a produtividade dessas cultivares foi bem superior às outras. Os progenitores UEL e Manteiga Baixo foram os que apresentaram menores médias para esta característica.

Abreu et al. (2004) estudando a diversidade genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado utilizando análise multivariada, constataram que dentre as características avaliadas, o número médio de vagens foi a de maior contribuição relativa para o agrupamento dos acessos, sendo esta uma característica de grande importância nos estudos da diversidade genética.

#### **4.3.2.9. Peso total de vagens (PV)**

Na característica de maior interesse pelos produtores destaca o híbrido 2x3. Esse híbrido formou um único grupo dos três que foram formados por essa característica. Segue no segundo grupo os híbridos 1x3 e 4x5. Os híbridos 2x3 e o 1x3 aparecem novamente em destaque para uma característica de extrema importância para a cultura do feijão-de-vagem.

Francelino et al. (2011) trabalhando com feijão-de-vagem, mostrou que a característica peso total das vagens apresentou efeito significativo das linhagens utilizadas a 5% de probabilidade pelo teste F permitindo a formação de duas classes distintas.

#### **4.3.2.10. Número de lóculos por vagem (NLV)**

Nessa característica formaram-se dois grupos. O primeiro com quatro híbridos: 3x5, 3x4, 1x3 e 2x3. O segundo grupo com os demais genótipos. Observou-se que os híbridos 1x3 e 2x3 aparecem em destaque novamente.

#### **4.3.2.11. Número de sementes por vagem (NSV)**

Encontra-se na Tabela 9 as médias para essa característica onde houve a formação de dois grupos baseados na média: o primeiro grupo contou com mais híbridos do que o segundo grupo onde se encontrou cinco dos seis progenitores. O único progenitor que se encontra no primeiro grupo é a cultivar Paulista (3) e novamente os híbridos 1x3 e 2x3 foram encontrados nesse grupo onde a média é maior.

No estudo de Francelino et al. (2011) a característica número de sementes por vagem apresentou efeito significativo das linhagens de feijão-de-vagem utilizadas a 5% de probabilidade pelo teste F o que permitiu a formação de três classes distintas.

#### **4.3.2.12. Análise de fibras (FIB)**

A última variável estudada é também uma das mais importantes características para a cultura, uma vez que a espécie *P. vulgaris* foi selecionada visando baixar a quantidade de fibras para se chegar às cultivares conhecidas de feijão-de-vagem atuais. Houve a formação de dois grupos pelo teste de agrupamento de médias em que o primeiro grupo foi constituído pelas maiores médias, ou seja, maiores teores de fibra, característica indesejável para a cultura do feijão-de-vagem. São elas: 1x6, 'Alessa', 4x6, 1x4, 'UEL', 5x6 e 3x5. Uma observação importante é que todos esses híbridos que obtiveram as maiores médias para teor de fibras na vagem fresca tem como genitor a cultivar UEL ou a cultivar Alessa. Observe também que o híbrido que apresentou o maior teor de fibras foi o 1x6 cujos pais são justamente as cultivares UEL e Alessa.

De acordo com Peixoto et al. (1993) o teor de fibras estabelecido para a espécie está entre 0,70 a 1,70%. Outros autores também encontraram teores de

fibras nesta fabácea dentro destes padrões (Araújo, 2000; Oliveira et al., 2001; Oliveira et al., 2003). Abreu et al. (2004), encontraram teores de fibras nas vagens frescas no feijão-de-vagem abaixo de 0,7%.

Contudo, na literatura existem resultados cujos teores de fibras nas vagens de feijão-de-vagem são bem mais altos, dependendo da metodologia de extração empregada e do ponto de colheita das vagens. Mariguele et al. (2008) estudando o controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de feijão-de-vagem com feijão comum obtiveram teor médio de fibra nas vagens frescas de 4,78%. O que é justificável, pois cruzaram com feijão comum. Oliveira et al. (2001) encontraram teores da ordem de 20% de fibra bruta em vagens secas de feijão-de-vagem. Porém, estes autores fizeram as extrações das fibras somente triturando as vagens em liquidificador sem a adição de acetona, somente com água.

A magnitude dos resultados de teores de fibras em feijão-de-vagem encontrada na bibliografia depende muito do método empregado na extração das fibras. Em metodologia que utiliza somente água e não a acetona no processo de extração das fibras os resultados são muito distantes, bem como quando se expressa o teor de fibra em relação à matéria fresca ou à matéria seca das vagens. Portanto, deve-se ter cautela na comparação dos resultados obtidos com os da literatura, não podendo ser feitas comparações sem antes observar os detalhes da metodologia empregada na extração e como os teores de fibras (percentagem relativa) estão sendo expressos ou se os resultados expressam o teor de fibra bruta ou de fibras solúveis (Francelino, 2011).

A fibra bruta tem designação determinada de um método analítico, representando apenas uma fração das fibras totais dos alimentos, fração esta que resiste à digestão “in vitro” por ácidos e álcalis. Os valores das fibras brutas não devem expressar a quantidade de fibras de um alimento (Oliveira et al., 2001).

#### **4.4. Análise dialélica univariada pelo método de Griffing**

##### **4.4.1. Análise de variância para capacidade combinatória**

Com base na significância do teste F observada na análise de variância preliminar (Tabela 8), a soma de quadrados de tratamentos foi desdobrada em

somas de quadrados para capacidade geral de combinação (CGC) e para capacidade específica de combinação (CEC), conforme o Método 2, proposto por Griffing (1956), e considerando-se o Modelo 1. Os quadrados médios e os valores dos componentes quadráticos associados à capacidade geral de combinação e à capacidade específica de combinação encontram-se na Tabela 10.

**Tabela 10.** Resumo das análises de variância da capacidade geral de combinação (CGC) e capacidade específica de combinação (CEC) e os componentes quadráticos para doze características<sup>(1)</sup> de feijão-de-vagem. Colatina-ES, 2012

FV	GL	Quadrados médios					
		DC	DF	DPC	AP	AIPV	CV
<b>CGC</b>	5	3,32**	0,66	0,86	14,02	15,4	5,02**
<b>CEC</b>	15	1,49**	3,65	1,89	13,23	6,88	1,75**
<b>Resíduo</b>	60	0,42	2,63	1,22	7,85*	10,56	0,32
$O^{\wedge}_g$		0,018	0,007	0,003	0,39	0,39	0,041
$O^{\wedge}_s$		0,80	0,67	0,16	7,89	5,29	0,106
$O^{\wedge}_g/O^{\wedge}_s$		0,006	0,23	0,05	2,05	3,71	0,003

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem.

$O^{\wedge}_g$ - estimativa do componente quadrático associado à CGC;

$O^{\wedge}_s$  - estimativa do componente quadrático associado à CEC;

\*\* significativo pelo teste F (P < 0,01);

\* significativo pelo teste F (P < 0,05).

<sup>ns</sup> não significativo.

**Tabela 10.** Cont.

FV	GL	Quadrados médios					
		DV	NV	PV	NLV	NSV	FIB
<b>CGC</b>	5	4,62**	1918,81**	189731,0**	0,59**	0,23	0,106**
<b>CEC</b>	15	3,60**	849,06**	20210,97	0,38**	0,55**	0,079*
<b>Resíduo</b>	60	0,37	190,38	15780,83	0,15	0,20	0,045
$O^{\wedge}_g$		0,402	6128,36	56459462,68	0,0006	0,0002	0,00005
$O^{\wedge}_s$		0,437	25238,58	21917268,06	0,0058	0,011	0,00027
$O^{\wedge}_g/O^{\wedge}_s$		0,004	1208,19	8301157,68	0,0008	0,001	0,00006

(1) DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

$O^{\wedge}_g$ - estimativa do componente quadrático associado à CGC;

$O^{\wedge}_s$  - estimativa do componente quadrático associado à CEC;

\*\* significativo pelo teste F (P < 0,01);

\* significativo pelo teste F (P < 0,05).

<sup>ns</sup> não significativo.

Os valores dos quadrados médios referentes à CGC foram altamente significativos ( $P < 0,01$ ), pelo teste F, para quase todos os caracteres, exceto para dias para florescimento (DF), dias para colheita (DPC), altura média de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV) e número de sementes por vagem (NSV). A significância dos quadrados médios relativa à CGC é um indicativo de diferenças entre os efeitos da CGC para os genótipos parentais e do envolvimento de genes de efeitos aditivos na herança desses caracteres.

Trindade et al. (2011) relataram significância pelo teste F, exceto para poucas características, sendo uma delas o diâmetro da vagem. No estudo de Arunga et al. (2010) com feijão-de-vagem, os quadrados médios para CGC foram significativos e os componentes de variância foram altos.

Foram relatados no trabalho de Arunga et al. (2010) efeitos significativos em relação aos quadrados médios com a cultura do feijão-de-vagem, assim como a variância que foi elevada.

Para CEC, os caracteres dias para florescimento, dias para colheita, altura média de planta, altura da inserção da primeira vagem e peso de vagens não apresentaram significância. Isto indica que, para estes caracteres, houve controle exclusivo de genes de ação aditiva, o que também foi constatado por Swarnlata et al. (1984). Genes de efeitos não-aditivos exerceram controle exclusivo na herança do número de sementes por vagem (NSV). Genes de efeitos aditivos e genes não-aditivos exerceram controle sobre as demais características.

No entanto, observa-se que os componentes quadráticos da CEC foram superiores aos referentes à CGC para todos os caracteres. Isto indica que a estrutura genética estudada favoreceu a manifestação de efeitos gênicos não-aditivos em alguns caracteres, e de efeitos gênicos aditivos para outros caracteres, estando em conformidade com resultados anteriores.

De acordo com estes resultados, os parentais envolvidos neste dialelo poderiam ser explorados em programas de melhoramento, com a finalidade de obtenção de novos cultivares e/ou híbridos em virtude da existência de variabilidade aditiva e não-aditiva em relação aos caracteres diâmetro do caule, comprimento médio da vagem, diâmetro da vagem, número total de vagens, número de vagens por planta, peso de vagens, número de lóculos por vagem, número de sementes por vagem e teor de fibras. Quando se considera a predominância dos efeitos gênicos não-aditivos sobre os efeitos aditivos, um

programa de obtenção de híbridos intervarietais poderia ser o mais indicado. Quando apenas genes de efeitos não-aditivos evidenciaram seus efeitos, um programa de produção de híbridos seria o recomendado.

Todavia, quando a expressão dos efeitos gênicos aditivos mostra-se significativa, os métodos de melhoramento de populações poderão ser empregados.

#### **4.4.2. Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação (CGC)**

Os parentais que apresentarem altos valores positivos dos efeitos da capacidade geral de combinação deverão obter médias dos cruzamentos em que participaram superiores à média geral de todos os híbridos  $F_1$ . De forma contrária, os parentais com altos valores negativos terão médias de seus cruzamentos menores que a média geral dos híbridos  $F_1$ . As estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação proporcionam informações sobre a concentração de genes de efeitos, predominantemente aditivos. Portanto, os parentais com estimativas altas e positivas de  $\hat{g}_i$  são os que mais contribuem para o aumento da expressão do caráter, enquanto aqueles com valores altos e negativos contribuem com a redução de sua manifestação.

Para as análises de dias para florescimento, dias para colheita, altura média de planta, comprimento médio da vagem, diâmetro da vagem, número de lóculos por vagem, número de sementes por vagem e teor de fibras, o interesse concentra-se nos genótipos que contribuirão para diminuir a expressão destas características, e que conseqüentemente apresentarem estimativas altas e negativas de  $\hat{g}_i$ . Por outro lado, para diâmetro do caule, altura da inserção da primeira vagem, número total de vagens, número de vagens por planta e peso de vagens, o interesse recai sobre genótipos com estimativas altas e positivas de  $\hat{g}_i$ , ou seja, aqueles com maior frequência de alelos favoráveis à maior grandeza do caráter.

Essas estimativas são de grande utilidade na escolha de parentais a serem utilizados em programas de melhoramento intrapopulacional. Quanto mais altas forem essas estimativas, positivas ou negativas, o parental em questão é muito superior ou inferior aos demais do dialelo, e quanto mais próximo de zero, seu comportamento não difere da média geral dos cruzamentos (Cruz et al., 2004).

#### 4.4.2.1. Diâmetro do caule (DC)

Em relação ao diâmetro do caule, valores negativos de  $\hat{g}_i$  foram registrados nos parentais Alessa, Turmalina e UEL, enquanto os demais parentais apresentaram valores positivos, possibilitando a formação de combinações com caules com maior diâmetro, destacando-se o parental Andra observado na Tabela 11. O parental Manteiga baixo apresenta média baixa para diâmetro do caule, mostrando, entretanto, potencialidades para formação de combinações híbridas mais tardias, conforme estimativa para capacidade geral de combinação.

**Tabela 11** – Estimativas dos efeitos da capacidade geral de combinação ( $\hat{g}_i$ ), relativas a doze características <sup>(1)</sup> de feijão-de-vagem. Colatina-ES, 2012.

Parentais	DC	DF	DPC	AP	AIPV	CV
<b>Alessa</b>	-0,1664	0,2430	-0,0945	-0,4202	-0,3576	-0,3781
<b>Andra</b>	0,4238	-0,0510	0,0229	0,1422	-0,2869	0,3762
<b>Paulista</b>	0,1910	-0,1601	0,2885	1,2782	1,2677	0,2015
<b>Turmalina</b>	-0,5155	-0,1138	-0,0117	-0,2092	0,1339	-0,0706
<b>Manteiga baixo</b>	0,0932	0,0470	-0,0011	-0,3502	-0,0013	0,4081
<b>UEL</b>	-0,0261	0,0349	-0,2039	-0,4408	-0,7557	-0,5375
<b>DP (gi)</b>	0,1052	0,2621	0,1786	0,4523	0,5244	0,0924
<b>DP (gi-gj)</b>	0,1630	0,4060	0,2767	0,7007	0,8124	0,1432

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule (cm); DF: dias para florescimento (dias); DPC: dias para colheita (dias); AP: altura média de planta (cm); AIPV: altura da inserção da primeira vagem (cm); CV: comprimento médio da vagem (cm); DP: desvio padrão.

**Tabela 11. Cont.**

Parentais	DV	NV	PV	NLV	NSV	FIB
<b>Alessa</b>	0,1407	-4,8733	-87,0743	-0,1914	-0,1215	0,0438
<b>Andra</b>	0,3097	-1,9386	-2,8618	-0,0749	-0,0615	0,0169
<b>Paulista</b>	-0,6364	15,6657	130,2306	0,0485	0,0690	-0,1174
<b>Turmalina</b>	0,0779	-3,5164	-30,6453	0,2138	0,1178	0,0041
<b>Manteiga baixo</b>	0,3626	-3,0449	40,5056	0,0369	-0,0018	-0,0505
<b>UEL</b>	-0,2545	-2,2924	-50,1546	-0,0330	-0,0018	0,1029
<b>DP (gi)</b>	0,0993	2,2266	20,2721	0,0636	0,0728	0,0344
<b>DP (gi-gj)</b>	0,1539	3,4494	31,4054	0,0986	0,1128	0,0533

<sup>(1)</sup> DV: diâmetro da vagem (cm); NV: número total de vagens; PV: Peso de vagens (g); NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras (g); DP: desvio padrão.

#### 4.4.2.2. Dias para florescimento (DF)

Para a característica dias para florescimento, o parental Alessa apresentou maior estimativa positiva, seguido de Manteiga baixo. O parental UEL também

apresentou estimativa positiva de  $\hat{g}_i$ , porém de baixa magnitude. A maior estimativa negativa foi apresentada para Paulista, sendo este o mais indicado quando se desejar materiais com menor número de dias para florescimento (Tabela 11).

Sendo um caráter correlacionado genética e positivamente com dias para colheita, o mesmo pode conduzir à diminuição desta característica. No trabalho de Carvalho et al (1999) houve diferença significativa para esse caractere. A cultivar Alessa influenciou nos cruzamentos diminuindo o número de dias para florescimento e Andra contribuiu aumentando o número de dias para florescimento.

#### **4.4.2.3. Dias para colheita (DPC)**

Os parentais Alessa e Paulista apresentaram maiores estimativas da capacidade geral de combinação para o caráter. A estimativa para os demais parentais foi negativa, destacando a cultivar UEL com a menor estimativa (Tabela 11). Igualmente, em se tratando de um caráter relacionado com dias para florescimento, esta pode obter decréscimo, ao se selecionar plantas com um número menor de dias para colheita.

#### **4.4.2.4. Altura média de planta (AP)**

Para o caráter altura média de planta, observa-se na Tabela 11 que a maioria das estimativas para capacidade geral de combinação é negativa, cujos parentais em ordem de grandeza foram: UEL, Alessa, Manteiga baixo e Turmalina. Os demais, com estimativas positivas, contribuíram com a elevação do porte da planta. O parental Paulista, de maior estimativa positiva, acumulou mais genes favoráveis para maior altura de plantas. Andra apresentou uma estimativa mais baixa, o que indica que ele é pouco expressivo na manifestação deste caráter.

Rodrigues et al. (1999) observaram a predominância de efeitos não-aditivos para altura de plantas de feijão-de-vagem. Fato este corroborado pelo trabalho de Trindade et al. (2011), no qual a característica altura da planta expressou superioridade dos genes não-aditivos em relação a genes aditivos

indicando que a possibilidade de ganhos satisfatórios para essa característica demanda a implementação de estratégias de melhoramento mais complexas.

#### **4.4.2.5. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV)**

O parental Paulista apresentou valor alto e positivo de  $\hat{g}_i$  para altura da inserção da primeira vagem, comparados ao valor apresentado pelo parental Turmalina, de baixa magnitude, enquanto Alessa, Andra, Manteiga baixo e UEL apresentaram valores de  $\hat{g}_i$  negativos, contribuindo para a redução do caráter (Tabela 11).

Para a característica altura da inserção da primeira vagem, Trindade et al. (2011) observaram superioridade dos genes não-aditivos em relação a genes aditivos. Isso vai indicar que ganhos satisfatórios para essa característica demanda a implementação de estratégias de melhoramento mais complexas.

#### **4.4.2.6. Comprimento médio da vagem (CV)**

Para comprimento médio da vagem, 50% dos parentais apresentaram valores das estimativas positivos: Andra, Paulista e Manteiga baixo. O parental Manteiga baixo (0,41) apresentou o maior valor, seguido do parental Andra (0,38), e com valor positivo mais baixo a cultivar Paulista (0,20). Os demais apresentaram estimativas negativas (Tabela 11). Em decorrência disto, contribuíram para a redução do comprimento médio da vagem.

No entanto, no estudo de Carvalho et al. (1999) em termos de comprimento médio da vagem, a cultivar Alessa contribuiu para aumentar o comprimento das vagens enquanto a cultivar Andra contribuiu para diminuir o comprimento das vagens. Para o comprimento de vagem, o trabalho de Dickson (1967) mostrou que houve significância apenas para efeito aditivo. Já Trindade et al. (2011) e Rodrigues et al. (1999) observaram que a característica comprimento da vagem expressou superioridade dos genes aditivos em relação a genes não-aditivos indicando possibilidade de ganhos satisfatórios com a seleção nessa característica em gerações segregantes. Rodrigues et al. (1999) ressaltaram a predominância de efeitos aditivos para comprimento médio das vagens.

#### **4.4.2.7. Diâmetro da vagem (DV)**

Para a característica diâmetro da vagem somente dois parentais apresentaram valores negativos em relação às estimativas de  $\hat{g}_i$ : Paulista (-0,64) e UEL (-0,25). As demais características apresentaram estimativas positivas, sendo a maior obtida pelo parental Manteiga baixo (0,36). A cultivar Alessa teve um valor positivo, porém baixo (0,14), já Carvalho et al. (1999) ao trabalharem com esta característica em feijão-de-vagem observaram que a cultivar Alessa, que possui vagem do tipo chata, obteve valores negativos para CGC, demonstrando que atua na redução do diâmetro nos cruzamentos que esteve envolvida. Nesse mesmo trabalho, Andra, que apresenta vagens do tipo redondo atuaram no sentido de aumentar o diâmetro das vagens, similar ao resultado encontrado neste trabalho.

No estudo de Trindade et al. (2011) foi observado que a característica diâmetro da vagem expressa a superioridade dos genes aditivos quando se compara a genes não-aditivos. Isso indica possibilidade de ganhos satisfatórios com a seleção nessa característica em gerações segregantes.

#### **4.4.2.8. Número total de vagens (NV)**

O parental Paulista apresentou valor alto e positivo de  $\hat{g}_i$  para número total de vagens. Essa característica é uma das mais importantes, pois se reflete na produção final. Todos os demais parentais apresentaram valores de  $\hat{g}_i$  negativos, contribuindo para a redução do caráter.

Rodrigues et al. (1999) observaram a predominância de efeitos aditivos para número total de vagens. Contudo, no estudo de Trindade et al. (2011) a característica número total de vagens expressou superioridade dos genes não-aditivos em relação a genes aditivos lembrando que a possibilidade de ganhos satisfatórios para essa característica necessita da prática de estratégias de melhoramento mais complexas.

#### **4.4.2.9. Peso de vagens (PV)**

Outra característica relacionada com as citadas acima mostra uma superioridade do parental Paulista em relação às estimativas positivas de  $\hat{g}_i$ . Contudo, para a

característica peso de vagens outro parental apresentou estimativa positiva de  $\hat{g}_i$ , o 'Manteiga baixo'. Os outros parentais apresentaram estimativas negativas para  $\hat{g}_i$ . Para essa característica, no estudo de Carvalho et al. (1999) as cultivares Alessa e Andra não se destacaram como bons genitores, contribuindo negativamente. Para feijão-de-vagem, estudos sobre o controle genético da produção de vagens têm revelado um controle poligênico. Em análise dialélica de caracteres de importância em vagens, resultados apresentados por Dickson (1967), mostraram que houve predomínio da ação aditiva para o número de vagens por planta.

#### **4.4.2.10. Número de lóculos por vagem (NLV)**

Na característica número de lóculos por vagem, apenas a cultivar Turmalina (0,21) teve um valor positivo com 50% dos parentais que apresentaram estimativas negativas para  $\hat{g}_i$ . A cultivar Alessa apresentou a maior estimativa negativa, seguida de UEL e Andra, com baixas magnitudes.

#### **4.4.2.11. Número de sementes por vagem (NSV)**

Quatro parentais apresentaram valores negativos para estimar  $\hat{g}_i$  na característica número de sementes por vagem: 'Alessa', 'Andra', 'Manteiga baixo' e 'UEL'. Essa característica é correlata à característica número de lóculos por vagem.

#### **4.4.2.12. Teor de fibras (FIB)**

Essa característica é uma das mais importantes para a cultura do feijão-de-vagem, portanto, estimar  $\hat{g}_i$  é de grande valia. O parental que apresentou estimativa negativa maior foi a cultivar Paulista seguida da cultivar Manteiga baixo. Os demais parentais apresentaram valores positivos para estimativa de  $\hat{g}_i$ . Rodrigues et al. (1999) observaram a predominância de efeitos aditivos para teor de fibras das vagens.

#### 4.4.3 Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (CEC)

Foram observados valores de  $\hat{s}_{ii}$  negativos e positivos relativos aos parentais, o que indica a existência de desvios da dominância bidirecional (Tabela 12), na qual se verificam genes que aumentam a expressão do caráter e outros, igualmente dominantes, que a reduzem (Cruz & Vencovsky, 1989).

Segundo Cruz et al. (2004), a magnitude de  $\hat{s}_{ii}$  é indicativa da divergência genética do progenitor *i*, em relação aos demais do dialelo. Assim, quanto maior for o valor absoluto de  $\hat{s}_{ii}$ , maior será sua contribuição para a heterose de seus híbridos. Quando o valor de  $\hat{s}_{ii}$  for negativo, o parental *i* contribuirá positivamente para a heterose, e se positivo, contribuirá negativamente. Assim sendo, na avaliação das melhores combinações híbridas, deveriam ser levadas em consideração não apenas as estimativas de CGC ( $\hat{g}_i$ ) e de CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ), mas também as estimativas de CEC ( $\hat{s}_{ii}$ ), o que permitiria melhor escolha dos híbridos.

O efeito da capacidade específica de combinação é interpretado como sendo o desvio de um cruzamento em relação ao que seria esperado, com base na capacidade geral de combinação de seus parentais. O híbrido mais favorável, no entanto, deve ser aquele que apresentar maior estimativa de capacidade específica de combinação, na qual um dos parentais apresente a maior capacidade geral de combinação. Esse híbrido, contudo, deve ser resultado do cruzamento entre o parental selecionado com base na CGC e aquele cuja frequência de alelos favoráveis é superior à frequência média da população e que apresente considerável divergência em relação ao parental com o qual está sendo cruzado (Cruz & Vencovsky, 1989).

As estimativas de  $\hat{s}_{ij}$  evidenciam a importância dos genes com efeitos não-aditivos, servindo para enfatizar a importância de interações não-aditivas, resultantes da complementação gênica entre os parentais.

No estudo de Carvalho et al. (1999) os efeitos de CEC foram significativos para todos os caracteres avaliados e o que permitirá a continuidade dos estudos genéticos dos caracteres estudados dependerá da obtenção de gerações avançadas a partir dos híbridos promissores.

#### 4.4.3.1. Diâmetro do caule (DC)

Quanto às estimativas de CEC ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) para diâmetro do caule, as combinações 3x5, 2x4 e 2x5, apresentaram os maiores valores positivos da CEC, 0,69, 0,43, 0,41, respectivamente (Tabela 12).

Os parentais Andra e Manteiga baixo, considerados bons combinadores gerais para diâmetro do caule, apresentaram estimativas de  $\hat{\sigma}_{ij}$  negativas (Tabela 12), a qual indicam efeitos heteróticos positivos, desejáveis para o caráter (Tabela 13). O valor heterótico foi significativo para os cruzamentos 2x3, 2x4, 2x5, 2x6, 5x6.

Ressalta-se, ainda, que o híbrido 3x5, com mais alta estimativa positiva de  $\hat{\sigma}_{ij}$ , representa a melhor combinação quando o propósito do melhoramento for a obtenção de materiais com maiores diâmetros do caule.

#### 4.4.3.2. Dias para florescimento (DF)

Na característica dias para florescimento as combinações 1x6 e 1x5 apresentaram os maiores valores positivos para as estimativas de CEC ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ). As estimativas negativas foram maiores para os parentais Alessa, Paulista e Manteiga baixo. Desses, Alessa e Manteiga baixo foram considerados bons combinadores gerais (Tabela 12). Porém as combinações 4x6, 2x4, 3x6 e 1x4, foram os que indicaram maiores efeitos heteróticos negativos, desejáveis para esse caráter, nesse caso, precocidade, mas somente a combinação 1x4 possui como genitor a cultivar Alessa (Tabela 13). Isso significa que essa é a combinação que melhor se destaca em relação à precocidade da cultura.

#### 4.4.3.3. Dias para colheita (DPC)

Nessa característica os maiores valores positivos para estimativas de CEC ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) foram das combinações 1x3, 2x6 e 1x4. As estimativas negativas foram maiores para os parentais Alessa, Andra e Paulista. Desses parentais, Andra e Paulista foram considerados bons combinadores gerais. A combinação 3x6 foi a que indicou maior efeito heterótico negativo, desejável para esse caráter, nesse caso, precocidade (Tabela 13).

#### **4.4.3.4. Altura média de planta (AP)**

Para altura média de planta, os híbridos 2x4 e 1x4 representaram as melhores combinações, sendo os parentais Turmalina e Andra com estimativas  $\hat{\sigma}_{ii}$  negativas e, conseqüentemente, heterose positiva (Tabela 13). Desses parentais Andra foi considerado bom combinador geral, portanto o híbrido 2x4 possui o maior efeito heterótico positivo, desejado para este caráter.

#### **4.4.3.5. Altura da inserção da primeira vagem (AIPV)**

As maiores estimativas positivas foram observadas para as combinações 4x6 e 1x3. Observa-se que o parental 'Turmalina' apresentou uma estimativa negativa de  $\hat{\sigma}_i$  e foi considerado um bom parental para CGC favorecendo a formação de indivíduos de porte mais alto. Deste modo o híbrido 4x6 é considerado, para essa característica, o de maior heterose (Tabela 13).

#### **4.4.3.6. Comprimento médio da vagem (CV)**

Os resultados da CEC referentes ao comprimento médio da vagem mostraram que as combinações 3x6 e 2x4 registraram maiores valores de  $\hat{\sigma}_{ij}$ , tendo o parental 'Andra' apresentado maior estimativa de CGC e  $\hat{\sigma}_{ii}$  negativo, o que contribuiu para a obtenção de heterose positiva (Tabela 13).

#### **4.4.3.7. Diâmetro da vagem (DV)**

Para a característica diâmetro da vagem os resultados da CEC mostraram que as combinações 3x6 e 3x4 registraram maiores valores de  $\hat{\sigma}_{ij}$ , tendo o parental 'Paulista' em comum. Apesar do parental Paulista ter apresentado valor negativo para as estimativas de CGC e valores positivos para CEC, o híbrido 3x4 foi o que apresentou maior efeito heterótico, ou seja, heterose positiva (Tabela 13).

#### 4.4.3.8. Número total de vagens (NV)

Quanto às estimativas de CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ) para número total de vagens, as combinações 2x3 e 1x3 apresentaram os maiores valores positivos da CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ). O parental 'Paulista' foi o único considerado bom combinador geral para essa característica, porém apresentou estimativa de  $\hat{s}_{ii}$  positiva (Tabela 12), a qual não indicam efeitos heteróticos desejáveis para o caráter, todavia na Tabela 13 pode-se observar um valor positivo para efeitos heteróticos. O valor heterótico mais significativo para essa característica foi o 2x3, representando a melhor combinação quanto ao propósito do melhoramento para a obtenção de materiais com a grande quantidade de vagens.

#### 4.4.3.9. Peso de vagens (PV)

Em relação ao peso de vagens, apenas os híbridos 1x4, 2x3 e 1x2 apresentaram os maiores valores positivos de  $\hat{s}_{ij}$ , sendo os mais favoráveis e potencialmente melhores. Os parentais 'Alessa' e 'Andra', não foram bons combinadores gerais, porém Andra apresentou  $\hat{s}_{ii}$  negativa (Tabela 12). Considera-se então que Andra contribuiu com magnitude e direção positiva da heterose (Tabela 13) para o híbrido 2x3. Contudo, os híbridos 1x4 e 1x2 foram os que apresentaram maior efeito heterótico para essa característica.

#### 4.4.3.10. Número de lóculos por vagem (NLV)

Na característica número de lóculos por vagem as combinações 2x3 e 4x5 apresentaram os maiores valores positivos para as estimativas de CEC ( $\hat{s}_{ij}$ ). As estimativas negativas foram maiores para os parentais Andra, Manteiga baixo e UEL. Desses, Manteiga baixo foi considerado bom combinador geral (Tabela 11) junto com Paulista e Turmalina. Porém, as combinações 3x5 e 1x6, foram as que indicaram maiores efeitos heteróticos negativos, desejáveis para esse caráter (Tabela 13), mas somente a combinação 3x5 possui como genitor a cultivar Paulista. Isso significa que essa é a combinação que melhor se destaca em relação ao número de lóculos por vagem.

#### **4.4.3.11. Número de sementes por vagem (NSV)**

Nessa característica os maiores valores positivos para estimativas de CEC ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ) foram das combinações 4x5, 2x4 e 2x3. As estimativas negativas foram maiores para os parentais Andra, Turmalina e Manteiga baixo. Desses parentais, somente Turmalina foi considerado bom combinador geral juntamente com Paulista. A combinação 3x5 e 3x4 foram as que indicaram maiores efeitos heteróticos negativos (Tabela 13) desejável para esse caráter, tendo como progenitor comum Paulista.

#### **4.4.3.12. Teor de fibras (FIB)**

Para o caráter teor de fibras, as combinações 2x6, 2x4 e 5x6 apresentaram as maiores estimativas positivas da CEC ( $\hat{\sigma}_{ij}$ ), tendo somente o parental Andra como bom combinador geral (Tabela 11) e estimativas negativas de  $\hat{\sigma}_{ii}$  (Tabela 9), favorecendo o sentido positivo da heterose para as combinações 2x6 e 2x4 observados na Tabela 13.

**Tabela 12.** Estimativas dos efeitos da capacidade específica de combinação (  $\hat{\sigma}$ ..) relativas a treze caracteres <sup>(1)</sup> de feijão-de-vagem. Colatina-ES, 2012

<b>Combinações híbridas</b>	<b>DC</b>	<b>DF</b>	<b>DPC</b>	<b>AP</b>	<b>AIPV</b>	<b>CV</b>	<b>DV</b>	<b>NV</b>	<b>NVP</b>	<b>PV</b>	<b>NLV</b>	<b>NSV</b>	<b>FIB</b>
<b>1.Alessa</b>	1,4384	-1,6808	-0,2368	1,3402	0,4635	0,927	0,7172	1,32	1,3205	3,6866	0,3277	0,2388	0,1738
<b>2.Andra</b>	-0,5697	0,5324	-0,2843	-0,7223	0,8327	-0,1943	-0,1434	-7,5494	-7,5494	-55,4634	-0,1554	-0,3187	-0,0849
<b>3.Paulista</b>	0,0634	-0,062	-0,253	0,6933	0,5984	0,4776	0,0866	5,1169	5,1169	118,6416	0,1602	0,1701	0,0438
<b>4.Turmalina</b>	-0,0735	1,0105	0,4301	-2,1666	-1,5116	-0,1486	-0,1646	5,0012	5,0012	-8,269	0,1196	-0,1574	-0,0118
<b>5.Manteiga baixo</b>	-0,3234	-0,5614	0,0963	-0,0923	-0,531	-0,0805	-0,159	7,0806	7,0806	72,0541	-0,0666	-0,2505	-0,0399
<b>6.UEL</b>	0,1828	0,2354	0,7945	075,65	-1,1673	0,3732	-0,1421	3,4706	3,4706	79,4097	-0,0733	0,0619	-0,1193
<b>7.1x2</b>	-0,1394	0,2583	-0,2093	-2,0798	0,6309	0,3626	-0,2593	-4,6772	-4,6772	66,9741	-0,3313	-0,3862	-0,2443
<b>8.1x3</b>	-0,9991	0,6599	1,3176	-2,0457	1,3062	-1,4327	-2,0306	19,9259	19,9259	-85,3459	0,0502	0,1932	-0,0499
<b>9.1x4</b>	-0,47	-0,6164	0,5329	2,9418	-0,205	0,0267	0,8576	-1,0569	-1,0569	75,7675	-0,1626	-0,1481	-0,0715
<b>10.1x5</b>	-0,6888	1,3452	-0,4152	-0,1073	0,5728	-0,1343	0,2779	-8,3835	-8,3835	-9,5259	0,0568	0,0566	-0,0143
<b>11.1x6</b>	-0,5794	1,7148	-0,7524	-1,3892	-1,3779	-0,6762	-0,2799	-8,4485	-8,4485	-55,2431	-0,2682	-0,1934	0,0323
<b>12.2x3</b>	0,1731	0,3914	0,3876	1,4543	-1,2219	-0,7021	-0,09571	28,2212	28,2212	71,8141	0,5336	0,4257	0,087
<b>13.2x4</b>	0,4272	-0,9048	-0,0621	3,3793	-0,7132	0,5723	0,7085	-8,8466	-8,8466	-23,9775	-0,0067	0,4394	0,1779
<b>14.2x5</b>	0,4109	-0,4633	-0,1977	0,6652	0,2746	0,1588	0,2238	-4,5482	-4,5482	-28,5684	0,0852	0,2041	-0,0549
<b>15.2x6</b>	0,2678	-0,3461	0,6501	-1,9742	-0,636	-0,003	0,571	4,9493	4,9493	24,6844	0,0302	-0,0459	0,2041
<b>16.3x4</b>	-0,025	0,0992	-0,2252	-1,2166	0,0421	0,627	1,0647	-25,346	-25,346	-47,07	-0,5051	-0,4411	-0,0077
<b>17.3x5</b>	0,6887	-0,3317	0,2867	-0,7407	-1,7576	-0,0109	0,4226	-13,735	-13,735	-85,3909	-0,5157	-0,634	-0,1281
<b>18.3x6</b>	0,0356	-0,6945	-1,2605	1,1624	0,4343	0,6617	1,3273	-19,3	-19,3	-91,2906	0,1168	0,116	0,011
<b>19.4x5</b>	0,2703	0,5595	-0,373	-0,5457	0,9787	0,0229	-0,7868	10,9472	10,9472	14,0825	0,484	0,6698	0,1054
<b>20.4x6</b>	-0,0553	-1,1583	-0,7327	-0,2251	2,9206	-0,9515	-1,5146	14,2997	14,2997	-2,2646	-0,485	-0,2052	-0,1805
<b>21.5x6</b>	-0,0341	0,0133	0,5067	0,9134	0,9934	0,2226	0,1807	1,5581	1,5581	-34,7056	0,0233	0,2044	0,1716

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem; DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; NVP: número de vagens por planta; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

**Tabela 13.** Estimativas da heterose, para treze caracteres <sup>(1)</sup> de feijão-de-vagem. Colatina-ES, 2012

<b>Combinações híbridas</b>	<b>DC</b>	<b>DF</b>	<b>DPC</b>	<b>AP</b>	<b>AIPV</b>	<b>CV</b>	<b>DV</b>	<b>NV</b>	<b>NVP</b>	<b>PV</b>	<b>NLV</b>	<b>NSV</b>	<b>FIB</b>
<b>7.1x2</b>	-0,5738	0,8325	0,0513	-2,3888	0,4462	-0,0038	-0,5462	-1,5625	-1,5625	92,8625	-0,4175	-0,3462	-0,2887
<b>8.1x3</b>	-1,75	1,5313	1,5625	-3,9625	1,2388	-2,135	-2,4325	16,7075	16,7075	-146,51	-0,1938	-0,0112	-0,1588
<b>9.1x4</b>	-1,1525	-0,2813	0,4363	3,355	0,7825	-0,3625	0,5813	-4,2175	-4,2175	78,0588	-0,3862	-0,1887	-0,1525
<b>10.1x5</b>	-1,2463	2,4662	-0,345	-0,7312	1,07	-0,5575	-0,0013	-12,5838	-12,5838	-47,3962	-0,0738	0,0625	-0,1812
<b>11.1x6</b>	-1,39	2,4375	-1,0313	-2,4375	-0,5625	-1,3263	-0,5675	-10,8438	-10,8438	-96,7913	-0,46875	-0,3437	0,005
<b>12.2x3</b>	0,4262	0,1562	0,6563	1,4687	-1,9375	-0,8438	-0,9287	29,4375	29,4375	40,225	0,53125	0,5	0,1075
<b>13.2x4</b>	0,7488	-1,6763	-0,135	4,8237	-0,3738	0,7438	0,8625	-7,5725	-7,5725	7,8888	0,1113	0,6775	0,2262
<b>14.2x5</b>	0,8575	-0,4488	-0,1037	1,0725	0,1237	0,2963	0,375	-4,3138	-4,3138	-36,8638	0,1962	0,4888	0,0075
<b>15.2x6</b>	0,4613	-0,73	0,395	-1,9912	-0,4688	-0,0925	0,7138	6,9887	6,9887	12,7112	0,0712	0,0825	0,3063
<b>16.3x4</b>	-0,02	-0,375	-0,3137	-0,48	0,4987	0,4625	1,1037	-30,405	-30,405	-102,2563	-0,645	-0,4475	-0,0237
<b>17.3x5</b>	0,8187	-0,02	0,365	-1,0412	-1,7913	-0,3075	0,4588	-19,8337	-19,8337	-180,7388	-0,5625	-0,5937	-0,13
<b>18.3x6</b>	-0,0875	-0,7812	-1,5313	0,4375	0,7188	0,2362	1,355	-23,5937	-23,5937	-190,3163	0,0	0,0	0,0487
<b>19.4x5</b>	0,4687	0,335	-0,6363	0,5837	2,0	0,1375	-0,625	4,9062	4,9062	-17,81	0,4575	0,8738	0,1312
<b>20.4x6</b>	-0,11	-1,7813	1,345	0,48	4,26	-1,0638	-1,3613	10,0638	10,0638	-37,835	-0,145	-0,1575	-0,115
<b>21.5x6</b>	0,362	0,1762	0,613	0,5813	1,8425	0,0762	0,3313	-3,7175	-3,7175	-110,4375	0,02	0,2988	0,2512

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem; DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; NVP: número de vagens por planta; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

#### 4.4.4. Estimativas de heterose

Os efeitos heteróticos para as 12 características estudadas, diâmetro do caule, dias para florescimento, dias para colheita, altura média de planta, altura da inserção da primeira vagem, comprimento médio da vagem, diâmetro da vagem, número total de vagens, número de vagens por planta, peso de vagens, número de lóculos por vagem, número de sementes por vagem e teor de fibras, obtidos em relação à média dos pais (heterose), estão descritos nas Tabelas 13 e 14.

Na Tabela 13 podem-se observar, também, valores negativos e positivos para as estimativas de heterose. Na característica avaliada diâmetro do caule ocorreu maior heterose nos híbridos 2x5, 3x5 e 2x4 com porcentagens de heterose de 8,79%, 8,32% e 8,04%, respectivamente. Para a característica dias para florescimento houve heterose nos híbridos 1x5 e 1x6 com 5,62 e 5,0% de heterose. Os híbridos que se destacaram em heterose para a característica dias para colheita foram os híbridos 1x3 com 2,45% de heterose e 4x6 com 2,43%. Já para peso de vagens, a heterose se manifestou de maneira mais intensa nos híbridos 1x2 com 22,85% de heterose e 1x4 com 19,4% de heterose. Para teor de fibras houve maior magnitude da heterose nos híbridos 2x6 e 5x6, cujos valores foram 44,47 e 39,02% de heterose respectivamente.

**Tabela 14.** Porcentagem da heterose, para doze caracteres <sup>(1)</sup> de feijão-de-vagem. Colatina-ES, 2012

<b>Combinações híbridas</b>	<b>DC</b>	<b>DF</b>	<b>DPC</b>	<b>AP</b>	<b>AIPV</b>	<b>CV</b>	<b>DV</b>	<b>NV</b>	<b>PV</b>	<b>NLV</b>	<b>NSV</b>	<b>FIB</b>
<b>7.1x2</b>	-5,53	1,87	0,094	-5,18	1,78	-0,02	-5,19	-2,99	22,85	-6,61	-5,74	-37,19
<b>8.1x3</b>	-16,74	3,48	2,85	-6,38	4,69	-12,36	-25,13	21,94	-23,38	-2,93	-0,17	-22,48
<b>9.1x4</b>	-11,90	-0,63	0,79	7,45	3,23	-2,17	5,66	-7,41	19,4	-5,73	-2,99	-19,06
<b>10.1x5</b>	-12,26	5,62	-0,63	-1,59	4,35	-3,24	-0,01	-21,54	-9,23	-1,14	1,02	-11,1
<b>11.1x6</b>	-13,50	5,50	-1,88	-5,27	-2,39	-8,05	-5,70	-18,91	-22,69	-7,24	-5,47	0,59
<b>12.2x3</b>	4,24	0,34	1,19	3,09	-7,14	-4,83	-9,86	39,44	5,9	8,21	8,08	19,54
<b>13.2x4</b>	8,08	-3,7	-0,24	10,82	-1,49	4,40	8,62	-13,67	1,72	0,17	11,15	35,13
<b>14.2x5</b>	8,79	-1,0	-0,18	2,35	0,48	1,70	3,64	-7,58	-6,48	3,09	8,27	1,30
<b>15.2x6</b>	4,66	-1,61	0,71	-4,34	-1,93	-0,55	7,37	12,51	2,64	1,12	1,36	44,47
<b>16.3x4</b>	-0,21	-0,83	-0,56	-1,03	1,89	2,71	12,03	-38,33	-15,1	-9,35	-6,94	-4,13
<b>17.3x5</b>	8,32	-0,04	0,66	-2,20	-6,70	-1,75	4,84	-24,53	-22,92	-8,49	-9,45	-25,74
<b>18.3x6</b>	-0,87	-1,74	-2,77	0,91	2,80	1,40	15,30	-29,57	-27,13	0,0	0,0	7,87
<b>19.4x5</b>	5,17	0,74	1,15	1,31	8,14	0,81	6,21	7,96	-3,15	6,75	14,17	21,91
<b>20.4x6</b>	-1,19	-3,93	2,43	1,07	18,15	-6,54	14,41	16,62	-7,93	-2,14	-2,49	-16,14
<b>21.5x6</b>	0,37	0,39	0,11	1,27	7,73	0,45	3,40	-5,99	-18,77	0,3	4,85	39,02

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem; DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; NVP: número de vagens por planta; PV: peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

## 4.5. Análise dialélica univariada pelo método de Hayman

### 4.5.1. Teste de suficiência do modelo aditivo-dominante.

Assumindo-se que os efeitos genéticos são os resultados da ação dos genes aditivos e dominantes, Hayman (1954) impôs uma série de restrições necessárias à aplicação de ensaios para verificar a suficiência do modelo. São apresentados na Tabela 15 os resultados dos testes para as características avaliadas. A totalidade das características não foi significativa em qualquer teste e indicaram que o modelo aditivo-dominante foi adequado para o estudo genético dessas características.

**Tabela 15.** Testes de suficiência do modelo aditivo-dominante, usando a metodologia de Hayman (1954) para treze características avaliadas entre seis genitores de feijão-de-vagem. Colatina-ES. 2012

Características <sup>(1)</sup>	Regressão <sup>(2)</sup> Valor de t: (Ho: b=1)	Valor de t após a rotação <sup>(3)</sup> (Ho: B=b-1=0)
DC	0,1556 <sup>ns</sup>	0,1438 <sup>ns</sup>
DF	1,0 <sup>ns</sup>	1,1271 <sup>ns</sup>
DPC	1,0 <sup>ns</sup>	1,9365 <sup>ns</sup>
AP	1,0 <sup>ns</sup>	0,8495 <sup>ns</sup>
AIPV	0,1962 <sup>ns</sup>	0,2200 <sup>ns</sup>
CV	1,0 <sup>ns</sup>	1,1307 <sup>ns</sup>
DV	1,0 <sup>ns</sup>	0,6266 <sup>ns</sup>
NV	0,2022 <sup>ns</sup>	0,8744 <sup>ns</sup>
NVP	0,2022 <sup>ns</sup>	0,8744 <sup>ns</sup>
PV	0,0078 <sup>ns</sup>	0,6511 <sup>ns</sup>
NLV	1,0 <sup>ns</sup>	0,1986 <sup>ns</sup>
NSV	1,0 <sup>ns</sup>	0,5114 <sup>ns</sup>
FIB	1,0 <sup>ns</sup>	-0,0762 <sup>ns</sup>

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem; DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; NVP: número de vagens por planta; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras. <sup>(2)</sup> Teste t, utilizando valores de Wr e Vr à 5% de probabilidade; <sup>(3)</sup> usando Wr e Vr em rotação de 45° à 5% de probabilidade.

### 4.5.2. Diâmetro do caule

As estimativas referentes a todas as características estudadas encontram-se na Tabela 16. Para diâmetro do caule nota-se que a média dos progenitores ( $ML_0=9,7966$ ) quase se iguala à média geral do dialelo ( $ML_1=9,6570$ ). Há

contribuição de alelos recessivos devido à correlação positiva entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r = 0,5538$  (Tabela 17).

**Tabela 16.** Estimativas: variância entre progenitores ( $V_0L_0$ ), média das variâncias dentro de fileira –  $V_r$  ( $V_1L_1$ ), média de  $W_r$  ou média de covariância ( $W_0L_0$ ), variância entre as médias das linhas ( $V_0L_1$ ), média dos progenitores ( $ML_0$ ), média geral do dialelo ( $ML_1$ ) e quadrado da diferença das médias  $(ML_1-ML)^2$ . Colatina-ES. 2012

Tratamentos <sup>(1)</sup>	$V_0L_0$	$V_1L_1$	$W_0L_0$	$V_0L_1$	$ML_0$	$ML_1$	$(ML_1-ML)^2$
DC	0,5335	0,4091	0,0636	0,1484	9,7966	9,6570	0,0194
DF	0,5273	0,7961	-0,1816	0,0827	44,6070	44,7093	0,0104
DPC	0,1234	0,4752	-0,0086	0,0472	54,9545	54,8482	0,0113
AP	3,6647	3,4072	0,6573	0,4582	46,0308	46,068	0,0013
AIPV	3,8892	1,9084	0,9993	0,4144	25,055	25,4909	0,19
CV	0,3856	0,5833	0,2079	0,1992	16,9625	16,6991	0,0693
DV	0,674	1,0236	0,2646	0,1502	9,8037	9,7659	0,0014
NV	300,331	262,785	120,848	57,9753	64,5208	61,713	7,8836
PV	39574,07	8899,31	13075,97	5082,67	557,19	516,34	1668,3
NLV	0,0853	0,1103	0,0292	0,0208	6,5691	6,48	0,0079
NSV	0,0706	0,1368	0,0038	0,0099	6,2116	6,2613	0,0024
FIB	0,0269	0,0241	0,0085	0,0067	0,6645	0,672	0,00005

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem; DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; NVP: número de vagens por planta; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

**Tabela 17.** Estimativa da correlação entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$ , assim como valores esperados das coordenadas  $W_r$ ,  $V_r$ ,  $W_d$  e  $V_d$  e a soma das mesmas para 13 características avaliadas em seis genitores de feijão-de-vagem, pelo método de Hayman (1954). Colatina-ES. 2012

Característica <sup>(1)</sup>	Valor estimado de:						
	$r(Y_r, W_r+V_r)$	$W_r$	$V_r$	$W_r+V_r$	$W_d$	$V_d$	$W_d+V_d$
DC	0,5538	1,0172	1,9396	2,9568	-0,1609	0,0485	-0,1124
DF	-0,554	9,3839	166,9845	176,3684	-0,222	0,0935	-0,1285
DPC	-0,3913	0,0753	0,0459	0,1212	-0,7058	4,0378	3,332
AP	-0,121	0,871	0,207	1,078	-55,7371	847,703	791,9659
AIPV	-0,3333	6,9986	12,5938	19,5924	-0,0713	0,0013	-0,07
CV	-0,6727	1,5362	6,1201	7,6563	0,0711	0,0131	0,0842
DV	0,4431	3,057	13,8661	16,9231	0,04262	0,0026	0,04522
NV	0,1408	689,4089	1582,5343	2271,9432	7,7237	0,1986	7,9223
PV	0,8298	41536,22	43595,67	85131,89	6709,16	1137,43	7846,59
NLV	-0,2336	1,5533	28,2555	29,8088	0,0236	0,0065	0,0301
NSV	-0,7043	0,0275	0,0107	0,0382	-0,404	2,3094	1,9054
FIB	0,3273	0,0769	0,2199	0,2968	0,0001	0,000001	0,0001

<sup>(1)</sup> DC: diâmetro do caule; DF: dias para florescimento; DPC: dias para colheita; AP: altura média de planta; AIPV: altura da inserção da primeira vagem; CV: comprimento médio da vagem; DV: diâmetro da vagem; NV: número total de vagens; NVP: número de vagens por planta; PV: Peso de vagens; NLV: número de lóculos por vagem; NSV: número de sementes por vagem; FIB: teor de fibras.

Os valores de soma de covariância, e os valores esperados das respectivas coordenadas encontram-se na Tabela 18. Essa tabela mostra a classificação em magnitude dos seis pais usados nos cruzamentos. Nota-se que a classificação não é a mesma quando comparada à média, porém a cultivar Alessa foi a melhor genitora em ambas as classificações para a característica diâmetro do caule. Nessa tabela, Alessa apresentou-se como o melhor genitor, com maior concentração de alelos recessivos, porém com possibilidade de geração de materiais promissores.

**Tabela 18.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Diâmetro do caule (DC) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	1,2176	1 <sup>o</sup>	10,7825	1 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	0,4471	6 <sup>o</sup>	10,1225	3 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	0,4344	3 <sup>o</sup>	9,955	2 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	0,3659	4 <sup>o</sup>	9,8075	6 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	0,3135	2 <sup>o</sup>	9,54	5 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	0,0578	5 <sup>o</sup>	8,5725	4 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.3. Dias para florescimento

A obtenção de cultivares precoces possibilita ganhos aos produtores. Portanto, alelos que reduzam a grandeza da característica são de interesse para esses produtores. A correlação negativa entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  (-0,554) indica a ação de alelos dominantes e que proporcionam a redução do número de dias para florescimento (Tabela 17). Efeitos gênicos aditivos predominaram para número de dias para florescimento no trabalho de Silva et al. (2004).

A cultivar Alessa é classificada em primeiro lugar para redução dessa característica (Tabela 19). Isso é condizente com a classificação para média onde ela é classificada em sexto lugar (Tabela 19).

**Tabela 19.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Dias para florescimento (DF) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	1,6994	1 <sup>o</sup>	45,4775	6 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	0,6731	6 <sup>o</sup>	45,125	2 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	0,6523	5 <sup>o</sup>	45,0	4 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	0,4327	2 <sup>o</sup>	44,3125	1 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	0,1144	4 <sup>o</sup>	44,2275	5 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	0,1144	3 <sup>o</sup>	43,5	3 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.4. Dias para colheita

Os alelos que reduzam a grandeza dessa característica são de interesse como visto no caráter anterior, pois a obtenção de cultivares precoces vai possibilitar ganhos aos produtores. A correlação negativa entre  $Y_r$  e  $W_r + V_r$  (-0,3913) indica a ação de alelos dominantes e que proporcionam a redução do número de dias para colheita (Tabela 17). A cultivar Alessa novamente se destaca em relação à classificação (Tabela 20), ficando em sexto lugar quando se trata da média, ou seja, foi a cultivar mais precoce.

**Tabela 20.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Dias para colheita (DPC) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	0,9123	1 <sup>o</sup>	55,27	6 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	0,6198	4 <sup>o</sup>	55,25	2 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	0,5342	3 <sup>o</sup>	55,1875	3 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	0,2714	6 <sup>o</sup>	54,9575	1 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	0,2584	5 <sup>o</sup>	54,625	4 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	0,2028	2 <sup>o</sup>	54,4375	2 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.5. Altura média de planta

Não há contribuição de alelos recessivos devido à correlação negativa entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  (-0,121). Esses valores podem ser observados na Tabela 17. Na Tabela 21 o progenitor Turmalina aparece na primeira classificação colaborando negativamente para o caráter em questão. No estudo de Rodrigues et al. (1998) os efeitos de dominância se sobrepuseram aos de aditividade para diâmetro da vagem e altura de plantas.

**Tabela 21.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Altura média de planta (AP) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
Alessa (1)	6,3592	5 <sup>o</sup>	49,3125	2 <sup>o</sup>
Andra (2)	5,9422	2 <sup>o</sup>	46,5625	4 <sup>o</sup>
Paulista (3)	5,0191	3 <sup>o</sup>	45,9375	1 <sup>o</sup>
Turmalina (4)	4,3076	1 <sup>o</sup>	45,625	6 <sup>o</sup>
Manteiga baixo (5)	1,6427	6 <sup>o</sup>	45,27	5 <sup>o</sup>
UEL (6)	1,1165	4 <sup>o</sup>	43,4775	3 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.6. Altura da inserção da primeira vagem

Na Tabela 17 pode-se observar que não há também contribuição de alelos recessivos devido à correlação negativa entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  (-0,3333). Na classificação geral a cultivar UEL aparece em primeiro lugar e em último lugar em relação à média geral (Tabela 22). Portanto, essa cultivar pode ser recomendada como genitora para a característica altura da inserção da primeira vagem. No trabalho de Silva et al. (2004), efeitos gênicos aditivos predominaram para altura da inserção da primeira vagem.

**Tabela 22.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Altura da inserção da primeira vagem (AIPV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	5,789	2 <sup>o</sup>	8,5625	4 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	5,412	5 <sup>o</sup>	5,6875	2 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	3,1047	3 <sup>o</sup>	4,895	1 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	2,1316	4 <sup>o</sup>	4,25	4 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	1,312	6 <sup>o</sup>	4,185	3 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	-0,3024	1 <sup>o</sup>	2,75	6 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.7. Comprimento médio da vagem

Devido à correlação negativa não houve contribuição de alelos recessivos entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  (-0,6727). Na classificação geral a cultivar Turmalina aparece em primeiro lugar e em quinto lugar em relação à média geral (Tabela 23). Portanto, essa cultivar, pode ser recomendada como genitora para a característica altura da inserção da primeira vagem.

**Tabela 23.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na i-ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na i-ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Comprimento médio da vagem (CV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	1,3495	3 <sup>o</sup>	17,6175	4 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	1,0378	6 <sup>o</sup>	17,4725	3 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	0,8932	4 <sup>o</sup>	17,295	1 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	0,882	1 <sup>o</sup>	16,9075	5 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	0,303	5 <sup>o</sup>	16,4475	2 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	0,2817	2 <sup>o</sup>	16,035	6 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.8. Diâmetro da vagem

Alelos que reduzam a grandeza do caráter são de interesse para diâmetro de vagem. Assim, apesar da correlação positiva entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  (0,4431) indicar

a ação de alelos recessivos, os dominantes é que proporcionam a redução do diâmetro da vagem (Tabela 17). Na Tabela 24 observa-se que a cultivar UEL é a que mais colabora negativamente para a característica em questão, ficando em segundo lugar geral.

**Tabela 24.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Diâmetro da vagem (DV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	2,8215	1 <sup>o</sup>	10,77	1 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	1,4822	3 <sup>o</sup>	10,3375	3 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	1,1211	4 <sup>o</sup>	10,2475	6 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	1,1119	2 <sup>o</sup>	9,7625	4 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	0,7641	6 <sup>o</sup>	9,12	2 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	0,4282	5 <sup>o</sup>	8,585	5 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.9. Número total de vagens

A correlação positiva (0,1408), mostrada na Tabela 17, entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  indica que alelos recessivos são responsáveis pela grandeza do caráter. Quanto à magnitude dos genitores as cultivares Andra e Paulista se destacaram ficando em primeiro e segundo lugares, respectivamente (Tabela 25). No trabalho de Silva et al. (2004) a sobredominância destacou-se para número de vagens por planta.

**Tabela 25.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número total de vagens (NV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
<b>Alessa (1)</b>	820,0657	3 <sup>o</sup>	98,5625	5 <sup>o</sup>
<b>Andra (2)</b>	666,8907	1 <sup>o</sup>	63,105	6 <sup>o</sup>
<b>Paulista (3)</b>	601,1335	2 <sup>o</sup>	61,0	1 <sup>o</sup>
<b>Turmalina (4)</b>	109,6398	5 <sup>o</sup>	60,0825	4 <sup>o</sup>
<b>Manteiga baixo (5)</b>	54,7413	4 <sup>o</sup>	53,6875	2 <sup>o</sup>
<b>UEL (6)</b>	49,3324	6 <sup>o</sup>	50,6875	3 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.10. Peso de vagens

Uma correlação positiva aparece na característica peso de vagens (0,8298), mostrada na Tabela 17, entre  $Y_r$  e  $W_r+V_r$  indicando que alelos recessivos são responsáveis pela grandeza do caráter. Paulista e Andra aparecem novamente como progenitores recomendados para esse caráter (Tabela 26). No trabalho de Silva et al. (2004), os alelos dominantes são responsáveis por aumento no peso de vagem por planta.

**Tabela 26.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Peso de vagens (PV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
Alessa (1)	49460,25	6 <sup>o</sup>	901,285	6 <sup>o</sup>
Andra (2)	27139,64	2 <sup>o</sup>	675,2475	4 <sup>o</sup>
Paulista (3)	17935,2	1 <sup>o</sup>	501,2825	1 <sup>o</sup>
Turmalina (4)	13240,16	5 <sup>o</sup>	460,995	5 <sup>o</sup>
Manteiga baixo (5)	12391,8	3 <sup>o</sup>	452,6225	2 <sup>o</sup>
UEL (6)	11684,66	4 <sup>o</sup>	351,72	3 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.11. Número de lóculos por vagem

Pela correlação entre  $Y_r$  e  $W_r + V_r = -0,2336$  (Tabela17), os alelos dominantes contribuem para a grandeza do caráter. O genitor Andra foi o que mais contribuiu negativamente para essa característica (Tabela 27).

**Tabela 27.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número de lóculos por vagem (NLV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
Alessa (1)	0,2140	4 <sup>o</sup>	7,04	5 <sup>o</sup>
Andra (2)	0,1968	1 <sup>o</sup>	6,75	6 <sup>o</sup>
Paulista (3)	0,1698	6 <sup>o</sup>	6,5	2 <sup>o</sup>
Turmalina (4)	0,0942	3 <sup>o</sup>	6,5	1 <sup>o</sup>
Manteiga baixo (5)	0,0901	2 <sup>o</sup>	6,4375	3 <sup>o</sup>
UEL (6)	0,0724	5 <sup>o</sup>	6,1845	4 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.12. Número de sementes por vagem

O genitor Andra foi novamente o que mais contribuiu negativamente para essa característica (Tabela 28). Pela correlação entre  $Y_r$  e  $W_r + V_r = -0,7043$  (Tabela 17), os alelos dominantes contribuem para a grandeza do caráter. No trabalho de Silva et al. (2004), os alelos dominantes também foram responsáveis pelo aumento no número de sementes por vagem.

**Tabela 28.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Número de sementes por vagem (NSV) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

Genitores	$W_i + V_i$	Classificação <sup>(1)</sup>	Média	Classificação <sup>(2)</sup>
Alessa (1)	0,2619	4 <sup>o</sup>	6,5625	4 <sup>o</sup>
Andra (2)	0,1939	1 <sup>o</sup>	6,3325	6 <sup>o</sup>
Paulista (3)	0,152	3 <sup>o</sup>	6,3125	1 <sup>o</sup>
Turmalina (4)	0,1111	5 <sup>o</sup>	6,25	2 <sup>o</sup>
Manteiga baixo (5)	0,0763	2 <sup>o</sup>	6,0	5 <sup>o</sup>
UEL (6)	0,0489	6 <sup>o</sup>	5,8125	3 <sup>o</sup>

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

#### 4.5.13. Teor de fibras

Na Tabela 17, a correlação positiva entre  $Y_r$  e  $W_r + V_r$  (0,3273), indica que alelos recessivos atuam na grandeza do caráter. O genitor Alessa se destacou em relação aos outros para a característica teor de fibras para vagem fresca (Tabela 29). No estudo de Rodrigues et al., 1998 a cultivar Alessa foi considerada progenitora-elite para teor de fibra de vagem.

**Tabela 29.** Valores de soma de covariância entre as médias parentais e médias na  $i$ -ésima linha ( $W_i$ ) com variância entre médias na  $i$ -ésima linha ( $V_i$ ) e a classificação da magnitude dos seis pais de feijão-de-vagem para Teor de fibras (FIB) de acordo com a metodologia de Hayman (1954). Colatina-ES, 2012

<b>Genitores</b>	<b><math>W_i + V_i</math></b>	<b>Classificação <sup>(1)</sup></b>	<b>Média</b>	<b>Classificação <sup>(2)</sup></b>
<b>Alessa (1)</b>	0,0538	1º	0,9325	1º
<b>Andra (2)</b>	0,0501	6º	0,7575	6º
<b>Paulista (3)</b>	0,0362	4º	0,6675	4º
<b>Turmalina (4)</b>	0,0243	2º	0,62	2º
<b>Manteiga baixo (5)</b>	0,0205	5º	0,53	5º
<b>UEL (6)</b>	0,0111	3º	0,48	3º

<sup>(1)</sup> Refere-se à ordem de concentração de alelos recessivos.

<sup>(2)</sup> Refere-se à classificação perante a média.

## 5. RESUMO E CONCLUSÕES

O parental Paulista (3) e os híbridos 2x3 (12) e 1x3 (8) apresentaram melhor comportamento médio para todos os caracteres. Os efeitos gênicos não-aditivos foram predominantes na expressão de quase todas as características nas análises dialéticas. Os parentais Paulista (3), Manteiga baixo (5) e Andra (2) mostraram-se bons combinadores gerais para a maioria dos caracteres estudados. Na análise dialética de Hayman, efeitos aditivos predominaram em relação aos de dominância.

Os resultados das análises univariadas referentes à análise dialética de Griffing possibilitaram as seguintes conclusões:

1. O parental Paulista (3) e os híbridos 2x3 (12) e 1x3 (8) apresentaram melhor comportamento médio para todos os caracteres;
2. Os efeitos gênicos não-aditivos foram predominantes na expressão de quase todas as características nas análises dialéticas, exceto para dias para florescimento (DF), dias para colheita (DPC), altura média de planta (AP), altura da inserção da primeira vagem (AIPV) e número de sementes por vagem (NSV). Os parentais envolvidos neste dialelo podem ser explorados em programas de melhoramento, com a finalidade de obtenção de novos cultivares e/ou híbridos em virtude da existência de variabilidade aditiva e não-aditiva em relação aos caracteres diâmetro do caule, comprimento médio da vagem, diâmetro da vagem,

número total de vagens, número de vagens por planta, peso de vagens, número de lóculos por vagem, número de sementes por vagem e teor de fibras.;

3. Os parentais Paulista (3), Manteiga baixo (5) e Andra (2) mostraram-se bons combinadores gerais para a maioria dos caracteres estudados. O parental Alessa (1) foi o que apresentou mais CGC para a característica dias para florescimento. O parental Turmalina (4) apresentou maior estimativa de CGC para as características correlacionadas número de lóculos por vagem e número de sementes por vagem. O parental UEL não se destacou em nenhuma característica estudada nesse trabalho. A cultivar Paulista é a que apresenta maiores e positivas estimativas para CGC para quase todas as características confirmando o comportamento médio superior concluído anteriormente;

4. As melhores combinações híbridas quanto à capacidade específica de combinação (CEC) foram: 1x6 (11) e 1x5 (10) para dias para florescimento (DF); 1x3 (8), 2x6 (15), 5x6 (21) e 1x4 (9) para dias para colheita (DPC); 2x4 (13) e 1x4 (9) para altura média de planta (AP); 4x6 (20) e 1x3 (8) para altura da inserção da primeira vagem (AIPV); 3x6 (18) e 3x4 (16) para diâmetro da vagem (DV); 2x3 (12) e 1x3 (8) para número total de vagens (NV); 1x4 (9), 2x3 (12) e 1x2 (7) para peso de vagens (PV); 4x5 (19), 2x4 (13) e 2x3 (12) para número de sementes por vagem (NSV); e 2x6 (15) e 2x4 (13) para teor de fibras (FIB).

5. Os híbridos de maior valor heterótico foram: 2x5 (15) e 3x5 (17) para diâmetro do caule (DC); 1x5 (10) e 1x6 (11) para dias para florescimento (DF); 1x3 (8) e 4x6 (20) para dias para colheita (DPC); 2x4 (13) e 1x4 (9) para altura média de planta (AP); 4x6 (20) e 4x5 (19) para altura da inserção da primeira vagem (AIPV); 3x4 (16) e 3x6 (18) para diâmetro da vagem (DV); 2x3 (12) e 1x3 (8) para número total de vagens (NV); 1x2 (7) e 1x4 (9) para peso de vagens (PV); 4x5 (19) e 2x4 (13) para número de sementes por vagem (NSV); 2x6 (15) e 5x6 (21) para teor de fibras (FIB).

Para a análise univariada de Hayman, efeitos gênicos aditivos predominaram para diâmetro do caule, diâmetro da vagem, número total de vagens, número de vagens por planta, peso de vagens e teor de fibras, enquanto os efeitos gênicos dominantes se destacaram para dias para florescimento, dias para colheita, altura média de planta, altura da inserção da primeira vagem, número de lóculos por vagem e número de sementes por vagem.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abreu, A.F.B.; Ramalho, M.A.P.; Gonçalves, F.M.A.; Mendonça, H.A. (2003) Utilização da produtividade de grãos na seleção para resistência ao *Colletotrichum lindemuthianum* no feijoeiro. *Ciência e Agrotecnologia*, v.27, p.363-369.
- Abreu, F.B.; Leal, N.R.; Amaral Júnior, A.T.; Silva, D.J.H. (2004) Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22 (3): 547-552.
- Agrianual – Anuário da Agricultura Brasileira, 2011.
- Ahamed, N.; Shah, F.A.; Zangar, G.H.; Wani, S.A. (1998) Line x tester analysis for the study of combining ability in hot pepper (*Capsicum annuum* L.). *Capsicum and Eggplant Newsletter*, Turin, v.17, p. 38-41.
- Araújo, J. S. *Produção e qualidade do feijão-de-vagem adubado com esterco suíno e fertilizante mineral*. 2000. 74f. (Dissertação de Mestrado em Produção vegetal) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

- Araújo, L.C.; Gravina, G.A.; Marinho, C.D.; Almeida, S.N.C.; Daher, R.F.; Amaral Júnior, A.T. (2012). Contribution of components of production on snap bean yield. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*. n.12, p.206-210.
- Araújo, R.S.; Rava, C.A.; Stone, L.F.; Zimmermann, M.J.O. (1996). *Cultura do feijoeiro no Brasil*. Piracicaba: Associação brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato. 786p.
- Arunga, E.E., Rheenen, H.A.V., Owuoché, J.O. (2010) Diallel analysis of Snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties for important traits. *African Journal of Agricultural Research*, v.5(15), p.1951-1957.
- Association of Official Analytical Chemists. (1975) "Official Methods of Analysis" 12th ed. *Association of Official Analytical Chemists*. Washington, D.C.
- Atkin, J.D. (1972) Natures of the stringy pod rogue of snap beans (*Phaseolus vulgaris*). *Search Agricultural*, 2(9):1-3.
- Baldissera, J.N.C., Valentini, G., Coan, M.M.D., Almeida, C.B., Guidolin, A.F., Coimbra, J.L.M. (2012) Capacidade combinatória e efeito recíproco em características agrônômicas do feijão. *Ciências Agrárias*. V.33, n.2, p.471-480.
- Bastos, I.T.; Barbosa, M.H.P.; Cruz, C.D.; Burnquist, W.L.; Bressiani, J.A.; Silva, F.L. da. (2003) Análise dialélica em clones de cana-de-açúcar. *Bragantia*, Campinas, v.62, n. 2, p. 199-206.
- Bianchini, A.; Maringoni, A.C.; Carneiro, S.M.T.P.G. (1997). Doenças do feijoeiro. In Kimati, H.; Amorim, L.; Bergamin Filho, A.; Camargo, L.E.A.; Rezende, J.A.M. (Eds.). *Manual de Fitopatologia: doenças das plantas cultivadas*. 3ª ed. São Paulo. Ed. Ceres. V2, p. 376-399.

- Bioversity International Institute (1982). Descriptors for *Phaseolus vulgaris* L. *Bioversity International*, Italy, Rome. Disponível em [http://www.bioversityinternational.org/publications/web\\_version/160/ch3.htm#descriptors%20list%20for%20phaseolus%20vulgaris](http://www.bioversityinternational.org/publications/web_version/160/ch3.htm#descriptors%20list%20for%20phaseolus%20vulgaris).
- Bliss, F.A. Common Bean. In: FEHR, W.R. (coord.) (1980) *Hybridization of crop plants*. Madison: American Society of Agronomy-Crop Science Society of America. p.273-84.
- Borém, A.; Cavassim, J.E. (1999) Blocos de cruzamento. In, Borém, A. (Ed.) *Hibridação artificial de plantas*. Viçosa. Editora UFV, p.15-63.
- Cabral, P.D.S, Soares, T.C.B, Lima, A.B.P., Soares, Y.J.B and Silva, J.A. (2011) Análise de trilha do rendimento de grãos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) e seus componentes. *Revista Ciência Agronômica* 42: 132-138.
- Carpentieri-Pípolo, Valéria; Vizoni, E.; Giroto, J.C.M. (2001) Determinação do melhor período para realização de cruzamento artificial em feijão-vagem, *Phaseolus vulgaris* L., em Londrina, Estado do Paraná. *Acta Scientiarum*, Maringá. v. 23, n. 5, p. 1191-1193.
- Carvalho, A.C.P.P; Leal, N.R.; Rodrigues, R.; Costa, F.A. (1999) Capacidade de combinação para oito caracteres agronômicos em cultivares de feijão-de-vagem de crescimento determinado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.17, n.2, p. 102 - 105.
- Castellane, P.D.; Vieira, R.D.; Carvalho, N.M. (1998) *Feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.): cultivo e produção de sementes*. Jaboticabal: FCAV-UNESP. 60p.
- Castiglioni, V.B.R.; Takahashi, L. S. A.; Athanásio, J. C.; Menezes, J. R. de; Fonseca, M. A. R.; Castilho, S. R. (1993) "UEL 1". Nova cultivar de feijão-de-vagem com hábito de crescimento determinado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.11, n.2, p.164.

Ceasa - RJ - *Central de Abastecimento do Estado do Rio de Janeiro S/A*:

Centro Internacional de Agricultura Tropical - CIAT (1992). Snap bean consumption in less developed countries. In: Henry, G; Janssen, W. (Technical eds.). *Proceedings of an international conference on Snap Bean in the Developing World*. CIAT, Cali, Colombia, p. 47-63

Ceperj – Anuário estatístico do estado do Rio de Janeiro (2006) <http://www.ceperj.rj.gov.br> (acessado em fevereiro de 2010).

Committee on Genetic Vulnerability of Major Crops (1972). Genetic vulnerability of major crops. National Academy of Sciences, Washington, D.C.

Corrêa, T.B.S. (1984) *Avaliação tecnológica de cultivares de feijão-de-vagem (Phaseolus vulgaris L.) para industrialização* – Tese (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos). Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, 183p.

Costa, M.N. (2006) *Análise dialéctica das capacidades geral e específica de combinação utilizando técnicas uni e multivariadas e divergência genética em mamoneira (Ricinus communis L.)* – Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade Federal da Paraíba, 132p.

Cruz, C.D.; Regazzi, A.J.; Carneiro, P.C.S. (2004). *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético*. Viçosa: Ed. UFV, 480p.

Dangaria, G.J.; Dobarra, K.L.; Fatteh, U.G.; Patel, V.J. (1987) Heterosis and combining ability analysis in castor. *Journal Oilseeds Research*, v. 4, p. 46-53.

Debouck, D.G. (1986) Primary diversification of *Phaseolus* in the Americas: three centers? *Plant Genetic Resources Newsletter*, v.67, p.2-8.

- Debouck, D.G. (1991) Systematics and morphology. In: Schoonhoven, A. van; Voysest, O. (Ed.). *Common beans: research for crop improvement*. Cali: CIAT. p.55-118.
- Dickson, M.H. (1967) Diallel analysis of seven economic caracteres in snap bean. *Crop Science*, v.7, n.3, p.121-124.
- Embrapa – *Empresa Brasileira de Pesquisa agropecuária* - Agência de Informação Embrapa Grãos: <http://www.embrapa.br>. Acesso em 25/02/2010.
- Falconer, D.S. (1981) *Introdução à genética quantitativa*. Viçosa, MG: UFV. Imp. Univ. 279 p.
- Faleiro, F.G.; Ragagnin, V.A.; Schuster, I.; Corrêa, R.X.; Good-God, P.J.; Brommonshenkel, S.H.; Moreira, M.A.; Barros, E.G. (2003) Mapeamento de genes de resistência do feijoeiro à ferrugem, antracnose e mancha-angular usando marcadores RAPD. *Fitopatologia Brasileira*, v.28, p.59-66.
- Fernández, F.; Gepts, P.; López, M. (1986). *Etapas de desarrollo de la planta de fríjol común (Phaseolus vulgaris L.)*. Calí. Centro Internacional de Agricultura Tropical, 34 p.
- Filgueira, F.A.R. (2003). *Novo manual de olericultura: Agrotecnologia Moderna na produção e comercialização de hortaliças*. Viçosa. Editora UFV, 412p.
- FNP. *Anuário Estatístico da Agricultura Brasileira - AGRINUAL 2011*. (2011) São Paulo: FNP Consultoria & Comércio, 376 p.
- Francelino, F.M.A., Gravina, G.A., Manhães, C.M.C., Cardoso, P.M.R., Araújo, L.C. (2011) Avaliação de linhagens de feijão-de-vagem para as regiões Norte e Noroeste Fluminense. *Revista Ciência Agronômica*, v. 42, n. 2, p. 554-562.
- Frank, T.; Anhder, G.I.; Carter, W.B. (1961) *Testing snap beans for fiber content*. *Keystone Seeds*, St. Lois, 8 p.

- Freitas, F.O. (2006) Evidências genético-arqueológicas sobre a origem do feijão comum no Brasil. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.41, n.7, p.1199-1203.
- Gepts, P.; Debouck, D.G. (1991) Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris*). In: Schoonhoven, A. van; Voysest, O. (Ed.). *Common beans: research for crop improvement*. Cali: CIAT,. p.7-53.
- Gepts, P; Osborn, T.C.; Rasca, K.; Bliss, F.A. (1986). Phaseolin-protein variability in wild forms and landraces of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.): evidence for multiple centers of domestication. *Economic Botany*, v. 40 (4), p. 451-468.
- Geraldi, I.O.; Miranda Filho, J.B. de. (1988) Adapted models for the analysis of combining ability of varieties in partial diallel. *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. 11, n.2, p. 419-430.
- Gonçalves, B.M.L. (2006). Produção agrícola e pecuária do estado do Rio de Janeiro 1999 – 2004. Serviço Nacional de Aprendizagem Rural (SENAR), 32p. (Disponível em [www.senar-rio.com.br](http://www.senar-rio.com.br)).
- Gonçalves, M.C., Correa, A.M., Destro, D., Souza, L.C.F. and Sobrinho, T.A. (2003) Correlations and path analysis of common bean grain yield and its primary components. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 3: 217-222.
- Gonçalves-Vidigal, M. C.; Silvério, L.; Elias, H. T.; Vidigal Filho, P. S.; Kvitschal, M. V.; Retuci, V. S.; Silva, C. R. (2008) Combining ability and heterosis in common bean cultivars *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.43, n.9, p.1143-1150.
- Griffing, B. (1956). Concept of general and specific combining ability in relation to diallel crossing systems. *Australian Journal of Biological Sciences*, v. 9, p.:463–493.

Hayman, B.I. (1954). The theory and analysis of the diallel crosses. *Genetics*, v. 39, p. 798–809.

Henry, G.; Jansen, W. (1992) Snap Beans in the developing world. Calif. *Centro internacional de agricultura tropical*. 366p.

<http://www.ceasa.rj.gov.br/consultas/consultas.html> em 25/02/2010.

Isla (2010). Disponível em <http://isla.com.br/cgi-bin/detalhe.cgi/semente/fava-e-feijoesvagem/feijaovagem-macarrao-baixo?id=152>. Acesso em 04 de março de 2010.

Kurek, A.J.; Carvalho, F.I.F.; Assmann, I.C.; Cruz, P.J. (2001) Capacidade combinatória como critério de eficiência na seleção de genitores em feijoeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 4, p. 645–651.

Leal, N.R. (1987) Cota: Nova cultivar de feijão-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, DF, v. 5, n. 1, p. 62.

Leal, N.R. (1990) Andra: Nova cultivar de feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*; Brasília, 8 (1):29-30.

Leal, N.R.; Bliss, F. (1990) Alessa: nova cultivare de feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 8, n. 1, p. 29-30.

Machado, C. Identificação de genótipos de feijão-caupi quanto à precocidade, arquitetura da planta e produtividade de grãos. *Revista Ciência Agronômica*, v. 39, n. 01, p. 114-123, 2008.

Machado, C.de F.; Santos, J.B. dos.; Nunes, G.H. de S.; Ramalho, M.A.P. (2002) Choice of common bean parents based on combining ability estimates. *Genetics and Molecular Biology*, v. 25, n. 2, p. 179-183.

- Mariguele, K.H.; Maluf, W.R.; Gomes, L.A.A.; Lopes, M.J.C.; Melo, O.D. (2008) Controle genético da qualidade da vagem em cruzamento de feijão-vagem e feijão-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.43 (1).
- Mayers, J.R.; Baggett, J.R. (1999) Improvement of snap bean. In: Singh, S. P. (ed.) *Common bean improvement in the twenty-first century*. Boston: Kluwer Academic Publishers, p. 289-330.
- Melo, P.C.T. (2006) *Panorama atual da cadeia de produção de hortaliças no Brasil*. 6ª Reunião Ordinária da Câmara Setorial da Cadeia Produtiva de Hortaliças - CNPA / Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), Brasília, DF.
- Mendes, F.F.; Ramalho, M.A.P.; Abreu, A.F.B. (2009) Índice de seleção para escolha de populações segregantes de feijoeiro-comum. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.44, n.10, p.1312-1318.
- Miranda Filho, J.B.; Viégas, G.P. Milho híbrido. In: Paterniani, E.; Viégas, G.P. (Ed.). (1987) *Melhoramento e produção de milho*. Campinas: Fundação Cargill, 1987. Cap. 7, p. 277-340.
- Miranda, J.E.C. de; Costa, C.P. da; Cruz, C.D. (1988) Análise dialéctica em pimentão. I. Capacidade combinatória. *Revista Brasileira de genética*, Ribeirão Preto, v. 11, n. 2, p. 431-440.
- Naspolini Filho, V.; Gama, E.E.G. e.; Vianna, T.; Môro, J.R. (1981) General and specific combining ability for yield in a diallel cross among 18 maize populations (*Zea mays* L.). *Revista Brasileira de Genética*, Ribeirão Preto, v. iv, n. 4, p. 571-577.
- Nass, L.L.; Paterniani, E. (2000) Pré-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 57, n. 3, p. 581-587.

- Nucci, L.A. (1940) *Hibridação artificial no feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.)* Campinas: Instituto Agrônômico do Estado de São Paulo, Boletim técnico n.84.
- Oliveira Júnior, A.; Miranda, G. V.; Cruz, C. D. (1999) Predição de populações F<sub>3</sub> a partir de dialelos desbalanceados. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 34, n. 5, p. 781-787.
- Oliveira, A. P; Sobrinho, J. T., Souza, A. P. Característica e rendimento do feijão-vagem em função de doses e formas de aplicação de nitrogênio. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 37, n. 03, p. 714-720, 2003.
- Oliveira, A.P.; Andrade, A.C.; Sobrinho, J.T.; Peixoto, N. (2001) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem de crescimento indeterminado, no município de Areia-PB. *Horticultura Brasileira*. Brasília, v.19 (2).
- Oliveira, F.J.; Bastos, G.Q.; Carneiro, F.W.O. Teor de fibra em genótipos de feijão-vagem. *Revista Ecosystema*, v. 26, n. 01, p. 65-67, 2001.
- Patel, J.A.; Shukla, M.R.; Doshi, K.M.; Patel, B.R.; Patel, S.A. (1998) Combining ability analysis for green fruit yield and components in Chilli (*Capsicum annuum* L.) *Capsicum and Eggplant Newsletter*, n. 17, p. 34-37.
- Paula Júnior, T.J., Zambolim, L. (1998) Doenças. In: Vieira, C., Paula Júnior, T. J., Borém, A. (eds.) *Feijão: aspectos gerais e cultura no Estado de Minas*. Viçosa: UFV, p. 375-433.
- Peixoto, N. (1993) Produção de sementes de linhagens e cultivares arbustivas de feijão-de-vagem em Anápolis - GO. *Horticultura Brasileira*, v. 11, n. 02, p. 151-152.
- Pereira, H.S.; Santos, J.B.; e Abreu, A.F.B. (2007) Linhagens de feijoeiro com resistência à antracnose selecionadas quanto a características agrônômicas desejáveis. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.39, n.3, p.209-215.

- Peternelli, L.A.; Borém, A. (1999) A. Hibridação em feijão. In, Borém, A. *Hibridação artificial de plantas*. Viçosa, Editora UFV, p.271 - 294.
- Ramalho, M.A.P.; Santos, J.B.; Zimmermann, M.J.O. (1993) *Genética Quantitativa em Plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro*. Goiânia - GO, 271p.
- Ramalho, M.A.P; Abreu, A.F.B.; Santos, P.S.J. (1998) Interações genótipos x épocas de semeadura, anos e locais na avaliação de cultivares de feijão nas regiões Sul e Alto Paranaíba em Minas Gerais. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 22, p. 176-181.
- Resende, M.D.V. de. *Genética biométrica e estatística no melhoramento de plantas perenes*. Brasília: Embrapa Informações Tecnológicas, 2002. 975 p.
- Rodrigues, R.; Leal, N.R.; Pereira, M.G. (1998). Análise dialéctica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. *Bragantia*, Campinas, v.57(2).
- Ronzelli Júnior, P. *Melhoramento genético de plantas*. Curitiba, 1996.
- Saettler, A.W. (1991) Diseases caused by bacteria. In: Hall. R. *Compendium of bean diseases*. St. Paul: APS, p. 29-32.
- Sidra–Sistema IBGE De Recuperação Automática (2009) <http://www.sidra.ibge.gov.br>. (acessado em fevereiro de 2010).
- Silbernagel, M.J. (1986). Snap breeding. In: Basset, M.J (ed.) *Breeding vegetable crops*. New York: Avi Publishing, p. 243-282.
- Silbernagel, M.J; Janssen, W.; Davis, J.H.C.; Montes de Oca, G. (1995). Snap bean production in the tropics: Implications for genetic improvement. In Van Schoonhoven, A.; Voysest, O. (eds.) *Common beans: Research for crop improvement*. C.A.B; Ciat, Cali, Colômbia, p. 835–862.

- Silva, M.P., Amaral Júnior, A.T., Pereira, M.G., Rodrigues, R., Daher, R.F., Posse, S.C.P. (2005) Diversidade genética e identificação de híbridos por marcadores RAPD em feijão-de-vagem. *Acta Sci. Agron.* v.27, n.3, p.531-539.
- Silva, M.P., Amaral Júnior, A.T., Rodrigues, R., Pereira, M.G., Viana, A.L. (2004b) Genetic control on morphoagzronomic traits in snap bean. *Brazilian Archives of Biology and Technology.* Curitiba. vol.47 no.6.
- Silva, M.P.; Amaral Júnior, A.T.; Rodrigues, R.; Daher, R.F.; Leal, N.R.; Schuelter, A.R. (2004a) Análise dialélica da capacidade combinatória em feijão-de-vagem. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v.22, n.2, p.277-280.
- Singh, S.P. (2001). Broadening the Genetic Base of Common Bean Cultivars: A Review. *Crop Science*, v. 41, p.1659-1675.
- Sistrunk, W.A. (1965) Effect of storage time and temperature of fresh snap beans on chemical composition on the canned product. *Proceedings of the American Society Horticultural Science.* 86: 491-497.
- Skroch, P.W., Nienhuis, J. (1995). Qualitative and quantitative characterization of RAPD variation among snap bean (*Phaseolus vulgaris*) genotypes. *Theoric. Applied. Genetics*, v. 91, p. 1078–1085.
- Sprague, G.F.; Tatum, L.A. (1942) General vs specific combining ability in single crosses of corn. *Journal Americam Soc. Agronomy.* 34: 923-932.
- Swarnlata.; Prasad, M.V.R.; Rana, B.S. (1984) Inheritance of yield and its components in castor. *Indian Journal of Genetics*, v. 44, n. 3, p. 538-543.
- Trindade, R.S.; Amaral Júnior, A.T.; Rodrigues, R.; Viana, J.M.S.; Pereira, M.G.; Gonçalves, L.S.A. (2011) Combining ability for morphoagronomic traits in common bean and snap bean. *African Journal of Agricultural Research*, v.6(29), p.6240-6245.

- Vaid, K. (1990) Factors in artificial crossing of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). *Legume Res.*, Kamal, v.13, n.2, p.87- 88.
- Vencovsky, R. (1970) Aspectos teóricos e aplicados do cruzamento dialélico de variedades. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade de São Paulo – USP, Piracicaba – SP.
- Vencovsky, R.; Barriga, P. (1992) *Genética biométrica no fitomelhoramento*. Ribeirão Preto, Sociedade Brasileira de Genética, 496p.
- Viana, J.M.S. (2000) The parametric restrictions of the Griffing diallel analysis model: combining ability analysis. *Genetics and Molecular Biology*, v. 23, n. 4, p. 877-881.
- Vieira, C.; Borém, A.; Ramalho, M.A.P. (1999). Melhoramento do feijão. In: BORÉM, A. *Melhoramento de espécies cultivadas*. Viçosa. Ed. UFV, p. 273-349.
- Vieira, C.; Paula, J.T.J.; Borém, A. (1998). *Feijão: aspectos gerais da cultura no Estado de Minas*. Viçosa: Imprensa Universitária, 569p.
- Vilela, F.O., Amaral Júnior, A.T., Freitas Júnior, S.P., Viana, A.P., Pereira, M.G. and Morais Silva, M.G. (2009) Selection of snap bean recombined lines by using EGT and SSD. *Euphytica* 165: 21-26.
- Vilhordo, B.W.; Mikusinski, O.M.F.; Burin, M.E.; Gandolf, V.H. (1996). Morfologia. IN: Araújo, R.S.; Rava, C.A.; Stone, L.F.; Zimmermann, M.J.O (eds.). *Cultura do feijoeiro: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba. Associação Brasileira para pesquisa da potassa e do fosfato, p. 669 -700.
- Zimmermann, M.J.O.; Teixeira, M.G. (1996) Origem e evolução. In: Zimmermann, M.J.O.; Rocha, M.; Yamada, T. *Cultura do feijoeiro comum no Brasil*. Piracicaba: Associação Brasileira da Potassa e do Fosfato.