

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS  
VEGETAIS  
DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA

Juliano Garcia Bertoldo

**MELHORAMENTO DE FEIJÃO (*Phaseolus vulgaris* L.) PARA  
CONDIÇÕES DE CULTIVO DA SERRA CATARINENSE COM  
O USO DE GERMOPLASMA PROMISSORES: CICLO DE  
PLANTA PROLONGADO E ELEVADA ESTATURA**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais da Universidade Federal de Santa Catarina como parte dos requisitos necessários para obtenção do título de Doutor em Ciências, área de concentração em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Rubens Onofre Nodari

Co-orientador: Prof. Dr. Jefferson Luís Meirelles Coimbra

Florianópolis  
2011

Catálogo na fonte pela Biblioteca Universitária da  
Universidade Federal de Santa Catarina

B546m Bertoldo, Juliano Garcia

Melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para condições de cultivo da Serra Catarinense com o uso de germoplasma promissores [tese] : ciclo de planta prolongado e elevada estatura / Juliano Garcia Bertoldo; orientador, Rubens Onofre Nodari. - Florianópolis, SC, 2011.

165 p.: grafs., tabs., mapas

Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

Inclui referências

1. Recursos genéticos vegetais. 2. Plantas - Melhoramento genético. 3. Feijão - Planalto catarinense – Seleção – Armazenamento. I. Nodari, Rubens Onofre. II. Universidade Federal de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais. III. Título.

CDU 631

Juliano Garcia Bertoldo

**Melhoramento de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) para condições de cultivo da Serra Catarinense com o uso de germoplasma promissores: ciclo de planta prolongado e elevada estatura**

Esta Tese foi julgada adequada para obtenção do Título de “Doutor em Ciências” e aprovada em sua forma final pelo Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais.

Florianópolis, 30 de Junho de 2011.

---

Prof. Rubens Onofre Nodari, Dr.  
Coordenador do Curso

**Banca Examinadora:**

---

Prof. Dr. Rubens Onofre Nodari  
Presidente e Orientador (CCA/UFSC)

---

Dr. Haroldo Tavares Elias  
Membro (EPAGRI)

---

Dr. Irajá Ferreira Antunes  
Membro (EMBRAPA)

---

Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis  
Membro (CCA/UFSC)

---

Profª. Dra. Juliana Bernardi Ogliari  
Membro (CCA/UFSC)



“A lua só se reflete perfeitamente numa água tranquila”  
Provérbio Chinês

## AGRADECIMENTOS

Ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais (RGV) e todos os funcionários deste, pela oportunidade de realização do Doutorado e por todo o apoio concedido.

Ao Prof. Dr. Rubens Onofre Nodari, pela sua imensa dedicação tanto como profissional quanto como pessoa, pela orientação, confiança e incentivo para a realização deste trabalho e sobretudo pela enorme contribuição para o crescimento tanto pessoal como profissional deste Doutorando.

Ao Prof. Dr. Jefferson Luís Meirelles Coimbra, pelo incentivo, orientação, direcionamento e formação deste Doutorando.

Ao Prof. Dr. Altamir Frederico Guidolin, pelas grandes contribuições para que este trabalho pudesse ser realizado.

Ao Dr. Haroldo Tavares Elias por acompanhar de perto todo o crescimento e desenvolvimento do trabalho, participando de modo ativo no mesmo.

À Prof.<sup>a</sup> Dr. Juliana Bernardi Ogliari, pelas orientações e apoio no trabalho, bem como na formação acadêmica do Doutorando.

Aos Prof. Dr. Miguel Pedro Guerra e Prof. Dr. Maurício Sedrez dos Reis, pela disposição para solucionar dúvidas e pelos conselhos durante o Doutorado e na confecção deste trabalho.

A Bernadete Ribas, secretaria do Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais/UFSC, por todo apoio.

A todos os amigos e colegas do RGV, que para não ser injusto, não irei citar nomes, mas a todos aqueles que partilharam comigo muitas horas de estudo e discussões, bem como no apoio nas horas difíceis.

A todos os amigos e colegas do IMEGEM, que sem o empenho de todos, este trabalho não seria possível.

A minha namorada, Camila Granemann, por todo apoio neste importante passo na minha vida, e, sobretudo, pela compreensão pelo tempo dedicado para o Doutorado e pela ajuda nos momentos que mais precisei.

A todas as pessoas, que não estão citadas aqui, mas que tenho certeza que sabem quem são, muito obrigado por todo o apoio.

## RESUMO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente cultivado mundialmente, sendo a rigor, a espécie mais cultivada no mundo entre as do gênero *Phaseolus*, tendo o Brasil como o maior produtor e ao mesmo tempo o maior consumidor, sendo que, no Brasil, o feijão é cultivado em ampla variedade de ambientes. De modo geral, o principal objetivo dos programas de melhoramento é a obtenção de genótipos com maior potencial produtivo e com características agronômicas desejáveis e insensíveis às variações de ambiente, a que se denominam superiores. Entretanto, devido a presença da interação genótipo x ambiente (GxE), genótipos com adaptabilidade específica a determinados ambientes poderiam ser recomendados, no sentido de minimizar o efeito da interação GxE. Assim sendo, a sugestão de uma divisão do Estado de Santa Catarina em macro-ambientes para recomendação e produção de feijão pode ser fundamental para a melhoria dessa cultura. No entanto, é necessário dispor de variabilidade genética para desenvolver variedades específicas aos distintos ambientes. Para elucidar tais pressupostos, foram realizados quatro ensaios distintos, com os seguintes objetivos, respectivamente: 1) avaliar os componentes da variância fenotípica para o caráter rendimento de grãos, no sentido de gerar informações que auxiliem o melhoramento de plantas e verificar a sensibilidade genotípica entre genótipos de feijão do grupo preto; 2) sugerir uma divisão do Estado de Santa Catarina em macro-ambientes para experimentação e produção de feijão; 3) discriminar os genótipos contrastantes e determinar as melhores combinações híbridas para compor blocos de cruzamentos, bem como a determinação dos acessos promissores para ingressar em programas de seleção e; 4) caracterizar fenotipicamente uma população segregante de feijão comum por meio da técnica de análise multivariada a partir de um cruzamento biparental. Para o objetivo 1, foi avaliado o caráter rendimento de grãos de doze genótipos de feijão em dez ambientes do Estado de Santa Catarina por meio do método REML/BLUP. Os resultados evidenciaram que a decomposição dos componentes da variância fenotípica permitiu ampliar as inferências sobre os resultados obtidos para o caráter rendimento de grãos além daquelas tradicionalmente utilizadas na avaliação de linhagens e que o ambiente foi o fator que mais influenciou este caráter. Para alcançar o objetivo 2, foram avaliados dados dos

caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta de dez genótipos de feijão carioca cultivados em nove ambientes. Os resultados revelaram a existência de divergências entre as regiões de Santa Catarina para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta, que apresentaram uma correlação positiva e significativa de 0,26. De modo geral, o Estado de Santa Catarina pode ser dividido em no mínimo dois macro-ambientes para a recomendação de novas cultivares. Na busca do objetivo 3, foram utilizados 14 genótipos de feijão, sendo dez acessos pertencentes ao acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão do CAV/UEDESC, os quais apresentaram desempenho agrônomico promissor na safra de 2007/08 e quatro cultivares como testemunhas. A análise indicou que o acesso BAF 7 foi o mais promissor para o ideótipo de planta que agregue maior estatura de planta, maior inserção do primeiro legume e incremento no rendimento de grãos. E para o objetivo 4, foram utilizadas as avaliações fenotípicas de populações F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> de feijão, oriunda de um cruzamento biparental entre o genótipo comercial BRS Supremo e a variedade crioula BAF 7, previamente selecionados para os caracteres adaptativos objetos do programa de melhoramento. Os resultados evidenciaram variabilidade entre os genitores e entre os indivíduos da população F<sub>2</sub> para todos os caracteres avaliados bem como superioridade de alguns indivíduos pelo teste de progênie na geração F<sub>3</sub>, o que sugere a possibilidade de obter indivíduos adaptados a Serra Catarinense e portadores das características alvo do estudo.

**Palavras-chaves:** *Phaseolus vulgaris* L.; influência do ambiente; recomendação específica; genótipos promissores; geração segregante; estatura maior; ciclo tardio.

## ABSTRACT

The common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is widely cultivated worldwide, being the most cultivated species in the world among the genus *Phaseolus*. Brazil is the largest producer, and the largest consumers well In Brazil, beans are grown in a wide variety of environments. In general, the main objective of breeding programs is to obtain genotypes with high yield potential and other desirable agronomic characteristics and insensitiveness to environment changes. However, due to the presence of genotype x environment (GxE) interaction, genotypes with specific adaptability to environmental conditions could be recommended to minimize the effect of GxE interaction. Therefore, the suggestion of a division of the State of Santa Catarina in macro-environments for recommendation and bean production may be critical to improving that culture. However, it is necessary to have genetic variability to develop new varieties to specific environment conditions. To elucidate these assumptions, we conducted four separate assays, with the following objectives, respectively: 1) to assess the phenotypic variance components for grain yield in order to generate information that helps breeding and determine the genotypic sensitivity among black bean genotypes, 2) to propose a division of the State of Santa Catarina in macro-environments for bean field testing and production , 3) to discriminate contrasting genotypes and determine the best combinations to compose blocks of hybrid crosses, and to identify promising accessions to enter the breeding programs, and 4) to characterize phenotypically segregating populations of common beans by means of multivariate analysis from a biparental cross. To achieve objective 1, it was measured the grain yield of twelve pinto bean genotypes in ten environments in the State of Santa Catarina using the REML / BLUP approach. The results showed that the decomposition of phenotypic variance components allowed more extensive inferences about the results obtained for grain yield than those traditionally used in the evaluation of lines or varieties and that the environment was the most important factor affecting this character. For the second objective, it was evaluated data of grain yield and plant cycle characters of ten bean genotypes grown in nine environments. The results revealed differences among the regions of Santa Catarina for the traits grain yield and plant cycle, which are positive correlated ( $r=0.26$ ;  $P<0,05$ ). Overall,

the state of Santa Catarina can be divided in at least two major macro-environments for the recommendation of new cultivars and bean production. To achieve the objective 3, it was used 14 bean genotypes: ten accessions of the collection of the Active Germoplasma Bank of Bean CAV / UDESC, which showed in previous studies promising agronomic performance and four cultivars as checks. The access BAF 07 was the most promising for ideotype plant that adds positives values to plant height, insertion height of first pod and grain yield. Finally, to the fourth goal, we used the phenotypic evaluations of an  $F_2$  populations and its  $F_3$  families, derived from a biparental cross between the genotypes BRS Supremo (a commercial cultivar) and the landrace BAF 7, previously selected in assay 3. The results showed the existence of variability among parents and among individuals of the  $F_2$  population for all traits and superiority of some individuals, which was validated by  $F_3$  progeny testing, suggesting that there is possibility of obtaining adapted individuals to Santa Catarina Sierra that carry out the target characteristics set up by this study.

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L.; environmental influence; specific recommendation; best genotypes, segregating generation, late cycle.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1. Valores preditos da decomposição dos componentes da variância fenotípica ((variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ), de ambiente ( $\sigma^2_e$ ) e da interação GxE ( $\sigma^2_{ge}$ )) que constituem o valor fenotípico rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em seis genótipos de feijão preto, quando cultivados em 10 ambientes, preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP)..... 75
- Figura 2. Valores preditos da decomposição dos componentes da variância fenotípica ((variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ), de ambiente ( $\sigma^2_e$ ) e da interação GxE ( $\sigma^2_{ge}$ )) que constituem o valor fenotípico rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em seis genótipos de feijão preto, quando cultivados em 10 ambientes, preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP)..... 76
- Figura 3. Valores do caráter rendimento de grãos e predição dos valores de ambiente pelo método do BLUP para dez genótipos cultivados em nove ambientes ((Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)) no Estado de Santa Catarina nas safras de 2004/05, 2005/06 e 2006/07..... 89
- Figura 4. Valores do caráter ciclo de planta e predição dos valores de ambiente pelo método do BLUP para dez genótipos cultivados em nove ambientes ((Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)) no Estado de Santa Catarina nas safras de 2004/05, 2005/06 e 2006/07..... 90
- Figura 5. Dendograma a partir de nove ambientes do Estado de Santa Catarina ((Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)) para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta em genótipos de feijão Carioca..... 93
- Figura 6. Divisão do Estado de Santa Catarina em dois macro-ambientes (MA1 formado pelos municípios da região do Meio-Oeste, Planalto Serrano, Vale do Itajaí e Sul e MA2 constituído pelos municípios da região do Oeste e Planalto Norte Catarinense) e quatro micro-ambientes (MI1: Águas de Chapecó e Ituporanga; MI2: Campos Novos e Lages; MI3: Chapecó e Urussanga e; MI4 Canoinhas, Ponte Serrada e Xanxerê) para recomendações da pesquisa e/ou produção de sementes de feijão do grupo carioca, com base nos caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta. .... 94

|   |     |
|---|-----|
| Figura 7. Dendrograma utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) pelo método UPGMA para 10 acessos de feijão do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (BAG/IMEGEM/UEDESC) e quatro cultivares comerciais do grupo carioca (Pérola e Guará) e preto (Uirapuru e BRS Supremo), a partir dos caracteres estatura de planta, inserção do primeiro legume, diâmetro de caule, número de legumes por planta, número de grãos por planta, rendimento de grãos e peso de mil grãos. .... | 110 |
| Figura 8. Distribuição fenotípica dos caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), ciclo de planta em dias (CIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), peso de sementes (PCS), diâmetro de colo em mm (DIC) e inserção do 1º legume em cm (IPL) para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante $F_2$ de feijão. ....   | 127 |
| Figura 9. Distribuição fenotípica do caráter agrônômico ciclo de planta em dias para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante $F_3$ de feijão. ....  | 141 |
| Figura 10. Distribuição fenotípica do caráter agrônômico estatura de planta em cm para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante $F_3$ de feijão. ....  | 142 |
| Figura 11. Distribuição fenotípica do caráter agrônômico inserção do 1º legume em cm para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante $F_3$ de feijão. ....   | 142 |
| Figura 12. Distribuição fenotípica do caráter agrônômico diâmetro de colo em mm para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante $F_3$ de feijão. ....  | 143 |
| Figura 13. Distribuição fenotípica do caráter agrônômico número de legumes por planta para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante $F_3$ de feijão. ....  | 143 |
| Figura 14. Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$ Sel) após a seleção praticada em $F_3$ ( $F_3$ ) para o caráter ciclo de planta em dias. ....   | 150 |
| Figura 15. Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$ Sel) após a seleção praticada em $F_3$ ( $F_3$ ) para o caráter estatura de plantas em cm. ....   | 151 |
| Figura 16. Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$ Sel) após a seleção praticada em $F_3$ ( $F_3$ ) para o caráter inserção do primeiro legume em cm. ....   | 152 |

|   |     |
|---|-----|
| Figura 17. Deslocamento dos valores médios dos indivíduos (F <sub>3</sub> Sel) após a seleção praticada em F <sub>3</sub> (F3) para o caráter diâmetro de colmo em mm.....      | 153 |
| Figura 18. Deslocamento dos valores médios dos indivíduos (F <sub>3</sub> Sel) após a seleção praticada em F <sub>3</sub> (F3) para o caráter número de legumes por planta..... | 154 |



## LISTA DE TABELAS

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 1. Estimativas dos componentes da variância dos genótipos, ambientes, interações genótipo x ambiente, considerados como efeitos aleatórios, pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML), estimativa da herdabilidade e predição da contribuição de ambiente para a variância fenotípica através do BLUP em 10 ambientes avaliados no Estado de Santa Catarina para o caráter rendimento de grãos em feijão do grupo comercial preto, obtidos no ensaio de VCU. Lages/SC, 2008. ....  | 70  |
| Tabela 2. Características de nove ambientes de cultivo de feijão no Estado de Santa Catarina* .....   | 85  |
| Tabela 3. Médias de nove ambientes (Águas de Chapecó – AC; Campos Novos – CN; Canoinhas – CA; Chapecó- CH; Ituporanga – IT; Lages – LA; Ponte Serrada – PS; Urussanga – UR e; Xanxerê – XA) e correlação de Pearson para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta a partir de dez genótipos de feijão do grupo carioca. ....   | 87  |
| Tabela 4. Matriz da distância entre os nove ambientes ((Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)) avaliados para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta em feijão Carioca (acima da diagonal) e estatística F para a distância generalizada de Mahalanobis (abaixo da diagonal).....   | 91  |
| Tabela 5. Análise univariada para os caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), inserção do primeiro legume em cm (IPL), diâmetro de caule em mm (DIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), rendimento de grãos em kg.ha <sup>-1</sup> (REND) e peso de mil grãos em g (PMG). ....  | 103 |
| Tabela 6. Médias de 10 acessos de feijão do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (BAG/IMEGEM/UDESC) e quatro cultivares comerciais do grupo carioca (Pérola e Guará) e preto (Uirapuru e BRS Supremo) para os caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), inserção do primeiro legume em cm (IPL), diâmetro de caule em mm (DIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), rendimento de grãos em kg.ha <sup>-1</sup> (REND) e peso de mil grãos em g (PMG). .... | 106 |
| Tabela 7. Diferenças entre as médias das testemunhas (Uirapuru, BRS Supremo, Guará e Pérola) e os acessos do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do  |     |

|   |     |
|---|-----|
| Estado de Santa Catarina (BAG/IMEGEM/UEDESC) pelo teste de Dunnett (*significativo pelo teste t de Dunnett à 5% de probabilidade de erro) para quatro caracteres agronômicos de feijão.....   | 107 |
| Tabela 8. Análise de variância multivariada (MANOVA) para sete caracteres agronômicos de uma população segregante de feijão (estatura de planta, ciclo de planta, número de legumes por planta, número de grãos por planta, peso de cem sementes, diâmetro de colo e inserção do 1º legume). .....  | 120 |
| Tabela 9. Médias os caracteres agronômicos estatura de planta em cm (EST), ciclo de planta em dias (CIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), peso de cem sementes em g (PCS), diâmetro de colo em mm (DIC) e inserção do 1º legume em cm (IPL) de uma população segregante de feijão. ....   | 121 |
| Tabela 10. Coeficientes canônicos para sete caracteres agronômicos de uma população segregante de feijão (estatura de planta, ciclo de planta, número de legumes por planta, número de grãos por planta, peso de cem sementes, diâmetro de colo e inserção do 1º legume). .....   | 122 |
| Tabela 11. Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre os caracteres agronômicos estatura de planta em cm (EST), ciclo de planta em dias (CIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), peso de cem sementes (PCS), diâmetro de colo em mm (DIC) e inserção do 1º legume em cm (IPL) de uma população segregante de feijão..... | 125 |
| Tabela 12. Médias dos caracteres agronômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIA) e número de legumes por planta (NLP) de famílias de uma população F <sub>3</sub> segregante e genitores de feijão. ....   | 136 |
| Tabela 13. Médias dos caracteres agronômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) para duas gerações segregantes de feijão (indivíduos F <sub>2</sub> e famílias F <sub>3</sub> ) e das plantas selecionadas em famílias F <sub>3</sub> (F <sub>3</sub> SEL). .....                            | 138 |
| Tabela 14. Valores fenotípicos para os caracteres agronômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) para os indivíduos não selecionados e selecionados de famílias de uma população F <sub>3</sub> segregante. ....   | 140 |

|   |     |
|---|-----|
| Tabela 15. Diferencial de seleção (Ds), herdabilidade ampla ( $h^2_a = \sigma^2_{\text{famílias}} / \sigma^2_{\text{total}}$ ) e ganho por seleção (Gs) para os caracteres agronômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) para as famílias selecionadas em uma população segregante de feijão (famílias F <sub>3</sub> ).....  | 146 |
| Tabela 16. Estimativa dos componentes da variância fenotípica ( $\sigma^2_{F_3}$ ), variância das famílias ( $\sigma^2_{\text{famílias}}$ ), épocas ( $\sigma^2_{\text{épocas}}$ ), interação famílias e épocas ( $\sigma^2_{\text{famílias} \times \text{épocas}}$ ), variância dentro das famílias ( $\sigma^2_d$ ), entre as famílias ( $\sigma^2_e$ ), variâncias média dos pais ( $\sigma^2_{\text{média dos pais}}$ ) e herdabilidade no sentido amplo em uma população segregante de feijão (F <sub>3</sub> ) para os caracteres ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) ..... | 157 |
| Tabela 17. BLUP 's para as famílias selecionadas em uma população segregante de feijão (famílias F <sub>3</sub> ) comuns a ambas as épocas (outubro e dezembro) para os caracteres agronômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP).....   | 159 |



## SUMÁRIO

|  |    |
|--|----|
| 1. APRESENTAÇÃO .....  | 21 |
| 2. INTRODUÇÃO .....  | 25 |
| 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....  | 33 |
| 4. OBJETIVOS .....   | 46 |
| 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....   | 50 |
| 6. CAPÍTULO 1 .....  | 64 |
| Rendimento de grãos em feijão preto: o componente que mais interfere no valor fenotípico é o ambiente..... | 64 |
| RESUMO .....   | 64 |
| ABSTRACT .....   | 65 |
| INTRODUÇÃO .....   | 65 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 67 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 69 |
| CONCLUSÕES .....   | 77 |
| AGRADECIMENTOS .....   | 78 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 78 |
| 7. CAPÍTULO 2 .....  | 81 |
| Estratificação do estado de Santa Catarina em macro-ambientes para o cultivo do feijão 81                  |    |
| RESUMO .....   | 81 |
| ABSTRACT .....   | 82 |
| INTRODUÇÃO .....   | 82 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 84 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO.....  | 85 |
| AGRADECIMENTOS .....   | 95 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 95 |
| 8. CAPÍTULO 3 .....  | 98 |
| Banco de germoplasma: potencial agronômico de acessos elite para o melhoramento regional de feijão.....    | 98 |
| RESUMO .....   | 98 |
| ABSTRACT .....   | 99 |

|  |     |
|--|-----|
| INTRODUÇÃO .....   | 99  |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 101 |
| RESULTADO E DISCUSSÃO .....  | 102 |
| CONCLUSÕES .....   | 111 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 112 |
| 9. CAPÍTULO 4 .....  | 115 |
| Diagnóstico fenotípico para caracteres adaptativos em população F <sub>2</sub> de feijão comum por meio da análise multivariada..... | 115 |
| RESUMO .....   | 115 |
| ABSTRACT .....   | 116 |
| INTRODUÇÃO .....   | 116 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 118 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 119 |
| CONCLUSÕES .....   | 128 |
| AGRADECIMENTOS .....   | 128 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 128 |
| 10. CAPÍTULO 5 .....   | 131 |
| Busca do ideótipo de feijão para a Serra Catarinense: ciclo de planta prolongado e estatura elevada.....                             | 131 |
| RESUMO .....   | 131 |
| ABSTRACT .....   | 132 |
| INTRODUÇÃO .....   | 132 |
| MATERIAL E MÉTODOS .....   | 134 |
| RESULTADOS E DISCUSSÃO .....   | 135 |
| CONCLUSÕES .....   | 162 |
| AGRADECIMENTOS .....   | 162 |
| REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....   | 163 |
| 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....  | 165 |

## 1. APRESENTAÇÃO

O melhoramento de plantas é um importante aliado para a manutenção ou ampliação da produtividade com a utilização de uma menor área de cultivo, no sentido de atender a demanda atual e futura por alimentos. Deste modo, o aumento na produtividade é o principal objetivo de praticamente todos os programas de melhoramento de plantas.

Ao iniciar o programa de melhoramento de uma espécie, é importante que o melhorista tenha conhecimento da base genética dos caracteres-alvo do estudo, uma vez que, dependendo da natureza genética do caráter, os métodos de seleção podem ser simplificados e no caso de características controladas por poucos genes (qualitativas), onde o efeito do ambiente sobre a característica é de pequena magnitude, o ganho com a seleção poderá ser maior. Por outro lado, ao se estudar um caráter governado por vários genes ou poligenes (quantitativo), a dificuldade no melhoramento pode ser maior. Deste modo, os métodos de seleção devem ser mais complexos, pois a influência do ambiente é maior. Como o objetivo final de praticamente todos os programas de melhoramento é o incremento na produtividade é importante o conhecimento da natureza genética deste caráter. Sendo que, conforme salientaram Falconer e Mackay em 1996, o caráter rendimento de grãos é governado por vários genes de pequeno efeito sobre o fenótipo, classificando esse caráter como quantitativo.

Deste modo, o primeiro capítulo deste trabalho teve como objetivo avaliar os componentes da variância fenotípica para o caráter rendimento de grãos a fim de viabilizar informações para o melhoramento de plantas. Os ensaios realizados permitiram verificar o efeito dos componentes genotípicos, de ambiente e da interação genótipo e ambiente para o caráter em questão e, dentro deste contexto, identificar os genótipos menos e os mais sensíveis ao efeito de ambiente. Os resultados obtidos permitem otimizar o efeito da interação genótipo x ambiente.

Além da natureza genética per se do caráter rendimento de grãos, também já é de pleno conhecimento dos melhoristas a grande influência do ambiente na produtividade. Por esse motivo, a identificação de cultivares com adaptação ampla pode ser desejável

(RAMALHO et al., 1993), para o cultivo em distintas regiões. Entretanto, isso não tem sido consenso entre os melhoristas. A justificativa reside no fato de que regiões com condições específicas, como é o caso da Serra Catarinense, merecem atenção específica no desenvolvimento de cultivares adaptadas às condições específicas de ambiente, como por exemplo, as condições edafoclimáticas da referida região. Possivelmente, um genótipo ao longo do seu processo de seleção apresentará relação intrínseca com o ambiente onde foi desenvolvido e certamente irá responder melhor aos efeitos de ambiente, devido à acentuada interação deste com o ambiente de cultivo, podendo resultar em maiores produtividades. Para Backes et al., (2005), uma maneira de amenizar a influência da interação genótipo x ambiente seria o desenvolvimento de cultivares específicas para cada região.

Assim, o segundo capítulo teve como objetivo propor uma divisão do Estado de Santa Catarina em macro e micro-ambientes, a partir de dez genótipos cultivados em nove locais durante as safras de 2004/05 a 2006/07. Tal idéia emergiu dos resultados obtidos com o conhecimento dos componentes da variância para o rendimento de grãos (capítulo 1), sendo verificado que entre os componentes da variância, o ambiente é o de maior expressão.

Após o melhorista obter as informações sobre os componentes da variância do caráter-alvo, é possível planejar a melhor estratégia para a obtenção de resultados mais promissores. A partir dos resultados verificados nos capítulos 1 e 2, o interesse do presente trabalho foi utilizar o efeito da interação genótipo x ambiente como prioritário. Desta forma, a sugestão foi de um genótipo para a condição específica da Serra Catarinense. Como na Serra Catarinense apenas um ciclo de cultivo por ano é possível, genótipos de ciclo mais longo poderiam ser mais produtivos do que os cultivados atualmente, pois há uma relação positiva do ciclo com a produtividade. Neste caso a premissa é de que sejam obtidas maiores produtividades com o prolongamento do ciclo das variedades atuais. Além disso, existem evidências de que plantas com maior estatura produzem mais. Tomados em conjunto estas duas características, o ideótipo de planta para as condições específicas da Serra Catarinense deveria agregar um ciclo tardio e uma estatura maior, o que propiciaria um incremento no rendimento de grãos. Esta hipótese não deve deixar de considerar outros caracteres que devem ser igualmente melhorados, como os caracteres primários do rendimento de grãos, a inserção do primeiro legume, diâmetro de colmo e o tempo de cocção, entre outros.

Também já é de conhecimento dos melhoristas que uma das principais estratégias de melhoramento é o uso de recursos genéticos adequados, que a partir dos cruzamentos dirigidos geram os recombinantes desejados. Portanto, é necessário verificar quais os genótipos promissores para entrar em blocos de cruzamento (escolha dos genitores), de acordo com o ideótipo do programa de melhoramento. Para tanto, foi realizada a avaliação dos acessos do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UDESC), onde 10 acessos foram considerados promissores para o presente trabalho. Deste modo, o objetivo do capítulo 3 foi discriminar genótipos contrastantes para os caracteres ciclo e estatura de planta para compor blocos de cruzamentos, bem como a determinação dos acessos promissores para ingressar no programa de seleção do Instituto de Melhoramento Genética e Molecular - IMEGEM.

A avaliação destes 10 acessos indicou que para desenvolver o ideótipo de planta almejado para a Serra Catarinense, o acesso BAF 7 foi o mais promissor. Assim sendo, foi realizado um cruzamento entre o acesso BAF 7 e a variedade comercial BRS Supremo, no intuito de obter a população segregante. Espera-se nos recombinantes características como ciclo longo e adaptação à região (do primeiro, já que é uma variedade crioula), bem como elevada estatura, porte ereto e alta produtividade (do segundo genitor).

O capítulo 4 se refere à avaliação da população segregante obtida a partir do cruzamento supracitado, onde o melhorista pode verificar a possibilidade real de obter o ideótipo desenhado. Na geração  $F_2$  foi então verificada a magnitude das variâncias, a influência dos caracteres na discriminação dos genótipos e verificação dos indivíduos mais promissores. Além disso, é um momento de tomada de decisão, pois com base nos resultados, o melhorista pode continuar conduzindo a população ou realizar novos cruzamentos. Deste modo, o capítulo 4 teve como objetivo caracterizar fenotipicamente uma população segregante de feijão por meio da técnica de análise multivariada a partir de um cruzamento biparental.

Entretanto, os resultados obtidos na geração  $F_2$  devem ser considerados preliminares e visam auxiliar o melhorista na tomada de decisão. Por outro lado, é importante que seja verificado na próxima geração a consistência nos resultados, o que pode ser obtido na  $F_{2:3}$  a partir da abertura de linhas de cada planta da geração anterior (teste de progênie). Nesse sentido, o capítulo 5 teve como objetivo identificar

indivíduos promissores portadores de ciclo prolongado e estatura de planta maior, a partir de uma população segregante  $F_3$ , bem como avaliar o efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente nos caracteres objeto deste estudo.

Os cinco capítulos se constituíram nos passos iniciais do desenvolvimento de novas variedades de feijão adaptadas e produtivas para a Serra Catarinense. Após a conclusão da análise dos resultados das famílias  $F_{2:3}$  e das seleções já efetuadas, que é parte do presente trabalho, um esforço de continuar o processo de melhoramento até a obtenção final das variedades “ideotipadas” deverá ser feito pelo IMEGEM/UDESC.

## 2. INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é uma das mais importantes leguminosas do mundo para a alimentação humana. Segundo dados da FAO (2007), nos anos de 1975 e 2005, a produção nacional de feijão em grão foram de 2,28 milhões e 3,08 milhões de toneladas, respectivamente, com uma média de 2,54 milhões de toneladas. Entre 2003 e 2006 a produção de feijão no mundo oscilou entre 16 e 20 milhões de toneladas.

Além de destaque na produção mundial de feijão, o Brasil é considerado o maior consumidor, encontrando nessa leguminosa sua principal fonte proteica vegetal (CARBONELL et al., 2003), sendo cultivados anualmente mais de quatro milhões de hectares de feijão (BACKES et al., 2005). De acordo com os mesmos autores, na safra 2003/04, foram cultivados cerca de 150 mil ha da cultura no Estado de Santa Catarina, com produtividade média de 1147 kg ha<sup>-1</sup>.

Entretanto, dados do IBGE (2007) revelam que a produção e a área cultivada de feijão têm diminuído nos últimos anos. O cultivo do feijão no Brasil tem como característica marcante: os baixos rendimentos obtidos em lavouras, geralmente de pequena extensão de área (COIMBRA et al., 1999).

Nesse sentido, é importante que o estímulo e incremento na produção de feijão sejam contínuos, principalmente pela criação de novas cultivares, no intuito de propiciar uma melhora na produtividade, com uma menor área plantada e a adaptação dos genótipos aos ambientes de cultivo. Esse fato, porém, deve estar associado a uma cultivar que alia características agronômicas e culinárias desejadas pelos agricultores e consumidores, respectivamente, como por exemplo, sementes pequenas e opacas (GUEVARA, 1990); formato e a coloração do tegumento (TEIXEIRA et al., 2001); menor tempo de cocção (COSTA et al., 2001); tipo de ciclo (RIBEIRO et al., 2004); resistência às doenças (SILVA, 2005) e altos teores de fibra (LONDERO et al., 2005).

Mediante isso, programas de melhoramento de feijão são fundamentais para promover e identificar associações alélicas que apresentem tais características. Para tanto, a determinação do controle genético dos caracteres constitui uma etapa inicial, permitindo a escolha de procedimentos mais adequados, visando à obtenção de genótipos desejados de forma mais eficiente. Simultaneamente, é necessário que as

práticas de manejo também sejam eficientes tanto do ponto de vista agrônômico como do ponto de vista ambiental.

Um dos grandes desafios do melhoramento genético é a adaptação de genótipos, aqui definidas como associações alélicas temporárias, a distintos ambientes. Historicamente os primeiros melhoristas, os agricultores que domesticaram plantas e animais, foram capazes de adaptar populações segregantes aos mais variados ambientes. Um dos exemplos mais marcantes é o da batata no Peru, em que o cultivo é praticado desde o nível do mar até 4000 m de altitude. No entanto nas ultimas décadas, pouco esforço tem sido dedicado ao desenvolvimento de novas variedades a ambientes específicos de cultivo.

A necessidade por alimentos para atender a demanda em consequência do crescimento populacional, muitas vezes é uma ameaça para os recursos naturais e, nesse caso, há um esforço para aumentar ao máximo a produtividade das terras agrícolas já em uso ou o avanço para novas áreas para novos cultivos (CERRI et al., 2007). O melhoramento tradicional associado a ferramentas moleculares pode amenizar essa situação, propiciando a obtenção de novas cultivares mais produtivas e, consequentemente, que necessitem de uma menor área de cultivo.

A importância do melhoramento de plantas está no aumento da produção mundial de alimentos e na redução do custo. Atualmente cerca de 950 milhões de pessoas sofrem com a fome no mundo (FAO, 2008); não pela falta de alimento, mas sim pela sua má distribuição (BROUGHTON et al., 2003) e acesso aos alimentos. Com isso, os melhoristas além de viabilizarem maior produção, procuram incessantemente reduzir de forma significativa os custos *per capita* dos alimentos. Nesse sentido, o melhoramento é uma valiosa estratégia para a obtenção de novos produtos agrícolas com uma melhor qualidade e produtividade, fundamentada em bases científicas e utilizando a arte da escolha pelo melhorista das melhores e bem adaptadas plantas.

Inovações nos programas de melhoramento podem contribuir para reverter à redução na área plantada e no seu consumo, como está acontecendo com o feijão no Brasil. O melhoramento da espécie é fundamental para a continuidade no seu cultivo, uma vez que representa papel importante no Brasil, comercialmente, culturalmente e na alimentação. O feijão está entre as culturas de estação quente de maior importância para os estados do Sul do Brasil, provavelmente pela sua participação na formação da renda do agricultor e, principalmente, pela sua contribuição na alimentação humana, onde participa como um dos

principais componentes da dieta humana (COIMBRA et al., 1999). É consumido em praticamente todos os Estados do país, cultivado durante todos os meses do ano e a sua produção provém de quase todo o território nacional (PEREIRA, 1999). O grande consumo de feijão no Brasil se deve ao aspecto social, econômico e cultural, onde segundo RAMOS JÚNIOR et al. (2005), o feijão é um dos alimentos básicos do povo brasileiro e integrante dos hábitos de consumo de grande parcela da população.

Segundo Fuscaldi e Prado (2005), a produção mundial de feijão vem crescendo progressivamente desde os anos 60, sendo que no início da década de 80 alcançou cerca de 15 milhões de toneladas e desde o seu final passou a oscilar em torno de 16 milhões de toneladas. Na década de 1980 houve grande evolução na cultura do feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em razão das contribuições científicas e técnicas, o que auxiliou no desenvolvimento de tecnologias compatíveis aos vários sistemas de produção, devendo ser destacado a criação de cultivares com elevado potencial produtivo (ZIMMERMANN et al. 1996). Dados da FAO (2010) indicam uma produção mundial de feijão seco em 2009 de 19.723.330 de toneladas, sendo que em 2008 a produção mundial foi de 20.404.573 de toneladas.

Com relação ao Brasil, a produção em 2009 foi de 3.522.979 de toneladas (FAO, 2010). O valor é similar ao estimado pelo IBGE, onde a produção nacional de feijão registrada em 2009, considerando-se as três safras do produto, foi de 3.478.775 t, maior 0,5% que a observada em 2008 enquanto que a área colhida de 4.129.423 ha também apresentou um crescimento de 9,3%, sendo que o Paraná manteve-se como maior produtor nacional produzindo 752.670 toneladas, equivalentes a 21,6% do total no País, seguido por Minas Gerais, que obteve uma produção de 602.379 toneladas, representando 17,1%. (LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2009). Na primeira safra do produto, na região Sul, maior produtora, comparativamente à correspondente de 2008, a área colhida de 537.681 ha, registrou acréscimo de 25,9% enquanto a produção obtida de 627.368 toneladas decresceu 2,7%; de uma maneira geral, os números desfavoráveis do produto refletem os problemas enfrentados pelos produtores, quando a falta de chuvas inviabilizou o plantio de muitas áreas na época recomendada. Santa Catarina também foi afetado por problemas climáticos. Embora a área colhida de 89.500 ha tenha sido 14,5% maior que a do ano anterior a produção obtida de 131.386 t registrou decréscimo de 6,8%. O rendimento médio obtido de 1.468

kg/ha foi 18,6% inferior ao do ano anterior (LEVANTAMENTO SISTEMÁTICO DA PRODUÇÃO AGRÍCOLA, 2009).

Por outro lado, segundo dados do IBGE (2010), a produção nacional de feijão, considerando as três safras do produto, está avaliada em 3.373.673 toneladas, superior em 1,4% a do levantamento anterior (2009). Frente aos dados de junho, o feijão 3ª safra foi o que apresentou a maior variação, com um crescimento na produção de 5,8%. Esse ganho no levantamento de julho teve origem notadamente em Minas Gerais, maior produtor dessa safra, com uma participação na produção nacional de 39,2%, que reavaliou positivamente a área e a produção em 5,6% e 8,9%, respectivamente. Vale destacar ainda que o Mato Grosso, com 7,4% de participação, promoveu expressivos aumentos na área (19,5%) e produção (30,3%). Neste Estado, dos 17.147 ha previstos para colheita, 14.050 ha são áreas de plantio de feijão irrigado que estão concentradas nos municípios de Lucas do Rio Verde (1.400 ha), Sorriso (5.000 ha) e Primavera do Leste (7.650 ha), onde se constata rendimentos significativamente maiores.

Outro problema é a queda no consumo *per capita* de feijão. Uma das justificativas para essa situação é que houve mudanças nos hábitos cotidianos dos consumidores, como por exemplo, um menor tempo para o preparo das refeições, fato que fez com que aumentasse a preferência por alimentos de rápido preparo. Deste modo, com as mudanças no cotidiano, o tempo de preparo do feijão deve ser reduzido, no sentido de atender parte da população que não encontra disponibilidade de tempo para um cozimento prolongado (BERTOLDO et al., 2008).

Além das oscilações e a queda no consumo do feijão, a baixa produtividade mundial e no Brasil, incluindo o Estado de Santa Catarina, preocupa tanto os pequenos e médios, quanto os grandes produtores no Estado. A produtividade média mundial de feijão está em torno de 750 kg.ha<sup>-1</sup>, enquanto que a brasileira em 800 kg.ha<sup>-1</sup> (FAO,2010). O cultivo do feijão no Brasil tem como característica marcante os baixos rendimentos obtidos em lavouras, geralmente de pequena extensão de área (COIMBRA et al., 1999). Já em 1992, Wildner alertou que o rendimento de grãos de feijão em Santa Catarina tinha atingido patamares tão baixos que se não houvesse uma tomada de decisão para reverter esta situação, em pouco tempo a cultura estaria inviabilizada economicamente. Além disso, mudanças no hábito de consumo associado à oscilações na produção verificada nos últimos anos (COIMBRA et al., 1999; RAMOS JÚNIOR et al., 2003; BACKES

et al., 2005; BERTOLDO et al., 2008) justificam a preocupação dos agricultores, dos gestores públicos e da comunidade científica com o futuro da cultura no Estado de Santa Catarina.

Contudo, a demanda por feijão ainda é grande. Na safra de 2007/08 o preço por saca aumentou dramaticamente, levando aos agricultores a novamente dar credibilidade ao cultivo da espécie. Este aumento de preço pode ter ocorrido em razão da maior demanda relativamente à produção. Assim, a diminuição da área de cultivo nas safras anteriores a 2007, pode ser atribuída à desvalorização do produto e a redução do consumo.

Outro aspecto relevante no melhoramento genético e adaptação de cultivares a distintos ambientes é a base genética utilizada. Variedades crioulas (*landraces*) têm sido utilizadas aquém do potencial que representam para contribuir com características de importância agrônômica e nutricional. Nas últimas décadas o melhoramento genético, ao privilegiar praticamente o rendimento, promoveu o desenvolvimento de cultivares com menor balanço nutricional, já que grande parte das variedades modernas apresentam menores teores de macro e micronutrientes comparativamente às variedades antigas. Assim sendo, previamente ao uso é importante a avaliação do potencial de uso agrícola e nutricional de variedades crioulas ou locais de feijão, que são fonte de variabilidade oriunda da seleção natural ou humana (RIBEIRO et al., 2008) ou ambas.

Nesse sentido, o aumento da produtividade e adaptação aliado a melhoria na qualidade nutricional e culinária pode contribuir para a ampliação do cultivo desta espécie. Para o incremento na produção de grãos, é necessário que a nova cultivar seja bem adaptada às condições locais e que reúna as características desejáveis pelo consumidor, uma vez que, a determinação da aceitação pelo consumidor é parte crucial no processo de desenvolvimento ou melhoramento de produtos (CARNEIRO et al., 2005). Ainda, a aceitação de feijão pelo consumidor depende de características tais como tamanho, cor, tegumento e qualidade culinária que incluem o tempo de cocção, presença de grãos duros, textura, sabor, aroma e total de sólidos na solução após o cozimento (DALLA CORTE et al., 2003). Assim, as exigências do mercado consumidor, muitas vezes, estabelecem as prioridades dos programas de melhoramento genético (RIBEIRO et al., 2004).

No Brasil, a recomendação de novos cultivares de feijão tem sido feita em função das características agrônômicas (RAMALHO et al., 1993), entretanto, os pesquisadores de programas de melhoramento de

feijão no Brasil têm reconhecido a importância de características físicas e sensoriais dos grãos de cultivares de feijão na sua aceitação pelos consumidores (CARNEIRO et al., 2005). Assim, além de priorizar as características agrônômicas de interesse, o melhoramento do feijão deve também agregar as características tecnológicas, como por exemplo, o tempo de cocção (CHIORATO et al., 2005), textura e sabor, entre outras. É relevante mencionar ainda que, nas últimas décadas para atender a necessidade de cultivo em até três safras por ano, os programas de melhoramento genético do feijão priorizaram o desenvolvimento de variedades precoces.

O feijão está entre as espécies cultivadas com menor duração de ciclo que, no Brasil, normalmente, varia de 75 a 90 dias. A característica precocidade em variedades de feijão apresenta diversas vantagens, tais como: escape em relação ao estresse climático e ocorrência de doenças; redução de perdas na colheita, fazendo-a coincidir com épocas menos chuvosas; menor consumo de água e de tempo de uso do solo em cultivos irrigados e intensivos; e favorecimento da rotação de culturas, liberando mais cedo a gleba para o plantio de outra cultura (BURATTO et al., 2007). No entanto, para o Estado de Santa Catarina, e mais especificadamente para a região da Serra Catarinense, cultivares com ciclo tardio e com estatura elevada podem ser vantajosos, tanto na melhoria da produtividade, quanto na melhor adaptação às mudanças de ambiente, uma vez que, na região da Serra Catarinense, o cultivo do feijão somente é possível em uma época de semeadura, sendo a janela de cultivo de outubro a fevereiro (EPAGRI, 2010). Ainda, nas cultivares com ciclo tardio, o enchimento de grãos possivelmente possa ser favorecido, deste modo, havendo um maior tempo para o mesmo.

Embora não se conheça na plenitude o controle genético, alguns autores sugerem que o caráter ciclo vegetativo seja controlado por poucos genes maiores, com a presença de modificadores (SILVA et al., 2007) e a herdabilidade do caráter é relativamente alta (ARRIEL et al., 1990; BARELLI et al., 1999). De modo contrário, alguns autores verificaram que o caráter ciclo apresenta uma distribuição fenotípica contínua, o que sugere que são governados por vários genes que segregam independentemente, cada qual contribuindo com sua parcela na variância fenotípica, ou seja, pode ser classificado como um caráter quantitativo (RIBEIRO et al., 2004; LIMA et al., 2008), de baixa herdabilidade (LOPES et al., 1995).

Para o caráter estatura de planta, também existem divergências quanto ao seu controle genético. Alguns autores relatam que os fatores

genéticos que controlam a expressão da estatura de plantas são complexos e muito influenciados pelo ambiente (BLISS, 1971; PANWAR et al., 1983; SUNDIN et al., 2002) No entanto, outros autores encontraram valores altos de herdabilidade para o referido caráter (ex: LATIF et al., 1994; MITTELMANN et al., 2002). Estas discrepâncias não devem ser tomadas como surpresas, pois a expressão gênica depende do conjunto de genes existentes num determinado *background* genético que interagem com os meios interno (outros genes) e externo (ambiente).

Deste modo, a discrepância de dados da literatura e o incompleto entendimento sobre o controle genético dos caracteres ciclo e estatura de planta, além da inexistência de estudos sobre as bases genéticas das populações a serem utilizadas neste trabalho, se constituem em uma oportunidade para o aprofundamento científico na compreensão destas características. Assim, espera-se, como impactos diretos, aumentar a eficiência dos programas de melhoramento de feijão, e impactos indiretos para os agricultores, que poderiam utilizar cultivares mais produtivos. Conseqüentemente, os avanços científicos auxiliarão na seleção de plantas com o ideótipo de interesse para a Região de Lages, Santa Catarina, nesse caso, ciclo vegetativo tardio e estatura de planta elevada, o que poderia contribuir para o aumento na produtividade.

É necessário avançar no conhecimento das bases genéticas de características importantes para a adaptação e cultivo do feijão, em particular na Região Serrana Catarinense. Deste modo, a disponibilidade de novas cultivares bem adaptadas a Serra Catarinense, poderá contribuir para aumentar a produtividade dos cultivos desta espécie. Adicionalmente, o uso de variedades crioulas daquela região na geração de progênes segregantes poderá igualmente contribuir para a geração de associações alélicas ainda não existentes, mas com maiores chances de serem adaptadas àquela região.

É consenso entre os pesquisadores da Serra de Santa Catarina que o ideótipo de planta para a Serra Catarinense, portanto, deve agrupar caracteres de interesse, tais como ótima adaptação, alto rendimento de grãos, composição nutricional balanceada e qualidades culinárias, ciclo vegetativo longo e estatura de planta alta. Esses dois últimos são fundamentais no melhoramento, visto que, estão diretamente associados ao rendimento de grãos. Entretanto, dependendo da região, existe interesse na obtenção de plantas de ciclo vegetativo precoce. Esse fato está relacionado com condições de ambiente específicas para cada

região, sendo que em regiões de clima tropical, os programas de melhoramento priorizam ciclo precoce para possibilitar um maior período de plantio. Segundo Ribeiro et al. (2007) as variações encontradas no ciclo possibilitam o melhor planejamento da época de semeadura e da utilização racional do campo de produção agrícola. Ainda, em razão do ciclo curto, tem sido possível o seu cultivo em três épocas durante o ano (ARAÚJO e FERREIRA, 2006), o que não é realidade para a Serra Catarinense.

### 3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

#### 3.1. Melhoramento genético do feijão

O melhoramento de plantas é uma valiosa estratégia para o incremento de determinadas características, inexistentes ou em baixa proporção, numa cultura. O melhoramento de plantas pode ser definido, conforme Poehlman (1965) e Allard (1999) como sendo “a *Arte* e a *Ciência* de modificar geneticamente as plantas”. O melhoramento é considerado *Arte*, pois depende da observação do melhorista ao selecionar determinada planta e; *Ciência*, uma vez que têm como base os fundamentos científicos, notadamente os de genética. Para Moose e Mumm (2008), o melhoramento de plantas diz respeito a todos os métodos que envolvem a criação, seleção e a fixação de fenótipos superiores para o desenvolvimento de cultivares adaptadas às necessidades dos agricultores e consumidores.

Nos últimos 50 anos, a produção agrícola avançou em parte devido ao melhoramento genético, em decorrência da adequação dos objetivos dos melhoristas, trabalho em equipe com os geneticistas, no sentido da utilização de um maior número de informações possíveis (BAENZIGER et al., 2006). De acordo com os autores, a base do melhoramento consiste em três componentes principais: (i) definição dos objetivos do programa de melhoramento; (ii) criação da variabilidade genética e (iii) identificação dos novos genótipos superiores. Ainda, os autores definem a escolha dos genitores, os métodos para a criação de variabilidade genética e as estratégias para a avaliação e seleção como sendo reflexo direto dos componentes supracitados.

O avanço na genética e genômica nos últimos anos possibilitaram uma melhor compreensão dos aspectos estruturais e funcionais do genoma das plantas e têm integrado o conhecimento básico, de modo que possa viabilizar a capacidade de melhorar as plantas para um benefício específico (VARSHNEY, et al., 2006). O desenvolvimento de técnicas de marcadores moleculares tem possibilitado a introgressão de genes específicos ou regiões genômicas de espécies selvagens ou cultivares locais (FERNIE et al., 2006). Nesse sentido, a associação do melhoramento clássico com técnicas de biologia molecular, como por exemplo, marcadores moleculares na seleção assistida, são fundamentais para o avanço da agricultura e na formação de novos cultivares.

De modo geral, ultimamente, os programas de melhoramento genético em feijão têm reconhecido a importância de outras características, além das agronômicas, como por exemplo, as características físicas e sensoriais dos grãos das cultivares (CARNEIRO et al., 2005). Ainda, segundo Bertoldo et al. (2007), o desenvolvimento de cultivares com qualidades tecnológicas superiores desejadas pelos consumidores, como por exemplo, o tempo de cozimento, pode propiciar melhorias para a cultura. Para Ramalho (2007), os programas de melhoramento genético no Brasil tem dado ênfase na obtenção de linhagens mais resistentes às doenças devido a ocorrência de vírus, fungos e bactérias.

Ainda, o melhoramento genético em feijão não está limitado apenas à melhoria de características agronômicas, devendo considerar também, e em conjunto, as demais características, quer culinárias, quer nutricionais ou tecnológicas para viabilizar economicamente cada vez mais o cultivo do feijão no Brasil e no Estado de Santa Catarina. Os objetivos primários do melhoramento de plantas são o incremento em produtividade, qualidade nutricional e outras características de valor comercial (MOOSE e MUMM, 2008).

### **3.2. Ideótipo de planta**

Entre os cultivos produtores de grãos, o feijão é uma das espécies que exhibe o mais alto nível de variabilidade quanto à cor, tamanho e forma da semente, sendo que estas características influenciam as pessoas quanto à preferência por determinada variedade (CARNEIRO et al., 2005). Tal variabilidade possibilita a seleção destas características em um programa de melhoramento, sendo necessário antes do início do programa propriamente dito, planejar o ideótipo de planta a ser alcançado. Um dos primeiros autores a discutir o que seria um ideótipo de planta foram Donald (1968) e Adams em feijão em 1973 e, posteriormente, em 1982. Segundo Donald (1968), o conceito de ideótipo seria “uma forma a partir de uma ideia”. Para Adams, o tipo ideal de feijão para o sistema de monocultura, baseado em características morfológicas, deveria apresentar ciclo de 100 dias (ciclo tardio), plantas espaçadas de 35 cm entre fileiras e 6 cm dentro das fileiras, ou seja, cerca de 500.000 plantas por hectare. Entretanto, para Donald (1968), um ideótipo não pode ser considerado fixo, ou seja, o ideótipo pode variar em função do ambiente e objetivo de cultivo. Rasmusson em 1987 sugeriu a extensão do conceito morfológico de

Donald (1968), onde seriam incluídas características fisiológicas, bioquímicas e fenotípicas. Este conceito tem se estendido, adicionando também os moleculares, sendo que, o ponto chave de uma pesquisa seria mapear QTLs associados com algumas características idealizadas (BEATTIE et al., 2003), como uma boa arquitetura de planta, bem como características do rendimento (ex. número de legumes por planta) e ciclo (ACQUAAH et al., 1991).

Atualmente, os programas de melhoramento têm dado ênfase para cultivares com ciclo curto (80 a 90 dias) na maioria dos estados do Brasil, o que permite o cultivo das cultivares em três épocas do ano: época das chuvas (agosto a novembro), época da seca (janeiro a março) e época de inverno (abril a julho). Adicionalmente, a semeadura atual recomendada é de 200.000 plantas por hectare. No entanto, o ideótipo de planta é específico para cada região, podendo apresentar certa flexibilidade na mudança no padrão pré-estabelecido. E o que é proposto neste projeto difere deste padrão acima apresentado.

Os resultados obtidos, ao final deste trabalho, podem ter uma importância peculiar para a região da Serra Catarinense, especialmente para os programas de melhoramento de feijão, pois são indicativos de que há possibilidade de obter linhagens promissoras, para os caracteres de interesse, com a utilização dos genitores do estudo. Assim sendo, é importante salientar que, a maior parte dos programas de melhoramento de feijão do Brasil prioriza cultivares de ciclo precoce. Entretanto, na maior parte das regiões onde se cultiva feijão no Brasil, há possibilidade de duas ou três safras no mesmo ano, o que não é possível na Serra Catarinense. Assim, para a Serra Catarinense, a precocidade pode não ser tão importante.

Ainda, há possibilidade de que com o prolongamento do ciclo, o enchimento de grãos seja favorecido. Em outros estudos, foi verificada a existência de correlação positiva deste caráter com o rendimento de grãos. Além disso, existem evidências científicas de que o ciclo tardio propicia um maior rendimento, como White em 1989 destacou: na ausência de variações estacionais, que são características de estresses, em particular a seca e as temperaturas baixas, os genótipos de feijão com ciclo tardio rendem substancialmente mais do que os genótipos similares, porém de ciclo precoce. Deste modo, o programa de melhoramento de feijão iniciado para a Serra Catarinense prioriza o aumento do rendimento de grãos, e, genótipos com ciclo de planta prolongado e maior estatura, podem ser promissores nesse sentido.

No melhoramento de plantas é fundamental o conhecimento da relação entre os caracteres alvo de melhoria. Nesse sentido, o conhecimento das correlações fenotípicas pode auxiliar na seleção de um ideótipo de planta mais adequada às exigências de uma agricultura moderna e competitiva (COIMBRA et al., 2000). Para os caracteres de interesse, ou seja, ciclo de planta e estatura de planta, é importante verificar a correlação destes entre si e com o caráter rendimento de grãos, pois o conhecimento do tipo de interação entre estes caracteres (presença ou ausência; positiva ou negativa) é fundamental na elaboração da estratégia da condução das populações segregantes. A análise dos dados dos ensaios de valor de cultivo e uso em Santa Catarina revelou que os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta apresentaram correlação significativa e positiva entre si (BERTOLDO et al. 2010, submetido).

### **Ciclo**

Na produção básica de alimentos, o cultivo do feijão geralmente tem um ciclo curto, sendo a precocidade uma importante característica, principalmente nas regiões onde existe a possibilidade de até três cultivos por ano. Segundo Zimmermann et al. (1996) as cultivares de feijão disponíveis para cultivo no Brasil em 1996 apresentavam diferenças genéticas quanto ao início do florescimento e ao ciclo, sendo o último considerado intermediário (aproximadamente 90 dias) para a maioria das cultivares disponíveis. Entretanto, o objetivo de muitos programas de melhoramento tem sido o desenvolvimento de novas cultivares que completem o ciclo em torno dos 65 a 70 dias (DALLA CORTE et al., 2003), ou seja precoces. O feijão, por ser uma espécie com ciclo anual e desenvolvimento precoce, é mais sensível às variações ambientais que as demais espécies anuais cultivadas (ROSSE e VENCOVSKY, 2000).

### **Arquitetura (Estatura)**

As características relacionadas à arquitetura da planta é um dos objetivos do melhoramento de plantas em várias espécies. Em aveia, Mariot et al. (1999) discutem que entre os caracteres de arquitetura de planta que o melhoramento genético procura para formar um ideótipo, a baixa estatura é a principal. Em muitas espécies, o caráter estatura tem sido estudado de modo efetivo. Em trigo, por exemplo, com intuito de oportunizar o incremento da área cultivada, diversos trabalhos têm sido

desenvolvidos visando ajustar a arquitetura da planta aos diferentes ambientes de cultivo, através do desenvolvimento de cultivares de porte baixo e resistentes ao acamamento (BERTAN et al., 2004).

O tipo de hábito de crescimento de uma planta desempenha um papel determinante na aceitação de um cultivar de feijão pelos agricultores. Por exemplo, em alguns sistemas de cultivo sem suporte artificial, as cultivares mais produtivas são aquelas com hábito de crescimento indeterminado e de pequenas sementes (NIENHUIS e SINGH, 1988) influenciando, deste modo, a aceitação por parte dos agricultores por cultivares de hábitos específicos de crescimento. A cultura do feijão, ao redor do mundo, apresenta baixos índices de colheita mecanizada, pela baixa estatura de plantas associada à baixa altura de inserção de vagens (SOUZA et al., 2010) e que, os genótipos cultivados apresentam a característica comum, ou seja, estatura dos entrenós basais muito baixa, e não dispõem de variabilidade genética como fonte para modificar esta característica por meio do melhoramento de plantas (PESSARAKLI, 2002). O baixo índice de colheita mecanizada referido acima provavelmente deve estar relacionado com os pequenos e médios agricultores, uma vez que, são os que mais cultivam o feijão. Por outro lado, os grandes agricultores certamente lançam mão da colheita mecanizada. Deste modo, com o aumento na estatura de planta e a inserção do primeiro legume, a colheita mecânica da cultura poderia ser facilitada, abrangendo uma maior gama de agricultores. Ainda, em feijão comum, estudos desenvolvidos por Adams (1982) mostram a relevância dos caracteres comprimento e número de nós do ramo principal e número de folhas no ideótipo da cultura e em sua exploração comercial. Segundo o autor, o porte da planta deve permitir a penetração e a interceptação de luz, ser resistente ao tombamento, facilitar a colheita, possuir comprimento e número de nós do ramo razoáveis e eficiência fisiológica na conversão dos produtos metabólicos em produção de grãos.

### **Tempo de cocção**

O caráter tempo de cocção é influenciado por diversos fatores (BERTOLDO et al., 2007). A qualidade dos grãos para o cozimento é afetada por fatores climáticos, como a alta temperatura no período de enchimento dos grãos, práticas de cultivo, beneficiamento pós-colheita, condições de armazenamento e tecnologia de processamento (DALLA CORTE, et al. 2003). Cultivares que apresentam grãos com cozimento

rápido proporcionam economia de tempo e de energia (YOKOYAMA e STONE, 2000).

Segundo Ramos Júnior et al. (2005), foram promovidas mudanças nos hábitos alimentares de parte da população, devido ao processo de urbanização e como consequência, a falta de disponibilidade de tempo no preparo da alimentação familiar. Entre esses hábitos alimentares, encontra-se o consumo de feijão. Um dos principais fatores na adoção de um cultivar de feijão pelos consumidores e, conseqüentemente, pelos agricultores, está relacionado ao tempo de cocção, isso porque a maioria das donas de casa tem atividades fora do lar e o tempo disponível no preparo das refeições é cada vez menor (COSTA et al., 2001). Nesse sentido, o surgimento de cultivares com qualidades culinárias superiores desejadas pelos consumidores, como por exemplo, o menor tempo de cocção possível, pode propiciar melhorias no cultivo de feijão.

### **Perfil sensorial**

Para a aceitação de cultivares pelos consumidores é necessário que esta tenha um tempo de cozimento reduzido e, além disso, que reúna alguns aspectos em níveis de aceitabilidade, tais como sabor, aroma e textura. A aceitação de grãos de feijão pelo consumidor depende do tamanho, cor, forma e qualidades culinárias, como o tempo de cozimento, presença de grãos inteiros, textura, sabor, aroma e total de sólidos após o cozimento (DALLA CORTE et al., 2003).

### **Produtividade**

A maior produtividade é o principal objetivo de praticamente todos os programas de melhoramento de plantas, onde uma nova cultivar só é lançada no mercado quando tem maior produtividade do que os cultivares que já estão sendo utilizados pelos agricultores.

No entanto, o rendimento de grãos é um caráter complexo, resultante dos efeitos multiplicativos de seus componentes primários (COIMBRA et al., 1999). Os mesmo autores destacam que, na atual fase dos programas de melhoramento, são grandes as dificuldades encontradas para a obtenção de progresso genético sobre o caráter rendimento de grãos, principalmente por este ser um caráter quantitativo de difícil seleção, nas primeiras gerações segregantes, pois o número de locos heterozigóticos é significativo. Neste sentido, não se espera grandes progressos genéticos em poucos ciclos de seleção.

Também já é de pleno conhecimento dos melhoristas a grande influência dos ambientes na produtividade. Por esse motivo, a identificação de cultivares com adaptação ampla pode ser desejável (RAMALHO et al., 1993). No entanto, isso não tem sido consenso entre os melhoristas. Ao contrário, regiões de condições específicas, como é o caso da Serra Catarinense, merecem atenção específica no desenvolvimento e adaptação de cultivares, adaptadas as condições específicas de ambiente, como por exemplo, as condições climáticas daquela região.

Streck e Alberto (2006) realizaram um estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho, concluindo que, o aumento na temperatura do ar de 2°C pode anular os efeitos benéficos do aumento de CO<sub>2</sub> no rendimento das culturas de trigo, soja e milho, respectivamente. Cerri et al. (2007) relatam que as alterações climáticas e a variabilidade, seca e outros extremos relacionados a mudanças climáticas tem influência direta na qualidade e quantidade da produção agrícola, e em muitos casos, prejudicando-a. Ainda, relatam os autores que as melhorias nas estratégias de adaptação agrometeorológicas são essenciais para a redução do impacto negativo, econômico ou social, em virtude das mudanças climáticas, principalmente em regiões vulneráveis, onde a produção agrícola é mais sensível a flutuações climáticas.

### **Resistência a Doenças**

As doenças e pragas provocam muitos prejuízos para os agricultores e a obtenção de cultivares resistentes/tolerantes tem sido um dos objetivos em programas de melhoramento. Recentes avanços genéticos em cereais têm sido possíveis pela análise da arquitetura genômica e a expressão de seus componentes, levando ao conhecimento dos genes que estão correlacionados a importantes caracteres agrônômicos (VARSHNEY et al., 2006). Em feijão, diversos trabalhos identificaram QTLs para a reação à doenças (MIKLAS et al., 2001; KOLKMAN e KELLY, 2003; ENDER e KELLY, 2005).

Enfim, dentre o grande número de caracteres que revelam importância econômica para a cultura do feijão, alguns deles acima descritos, os caracteres estatura de planta e ciclo formam o ideótipo de planta almejado neste estudo, aliados a alta produtividade. Isto não significa que os demais caracteres não sejam importantes. No entanto, há que ser priorizado um conjunto deles para que o sucesso de um

estudo seja mais exequível. No presente caso, o ideótipo de planta almejado é: estatura elevada (>90 cm) e ciclo tardio (>90 dias), maior número de grãos e legumes por planta, maior diâmetro de caule e maior altura de inserção do primeiro legume.

É importante salientar que, do ponto de vista nutricional, como por exemplo, a quantidade dos vários micro nutrientes e vitaminas, existe atualmente a preocupação dos melhoristas, pois estudos comprovaram que paralelamente ao aumento da produtividade de grãos houve um decréscimo generalizado dos demais componentes nutricionais (DAVIS, 2009). Embora o presente estudo não focou, no futuro esta questão deverá ser objeto de investigação, já poucos estudos foram feitos com o feijão neste sentido.

### **3.3. Uso dos Recursos Genéticos no Melhoramento vegetal**

Para o sucesso de um programa de melhoramento, é fundamental uma ampla base genética, pois assim, a seleção se torna possível. O sucesso do melhorista, em uma razoável quantidade de tempo, está relacionado com o acesso a uma grande diversidade de variação genética (McCOUCH, 2004). A variabilidade genética é muito importante para os programas de melhoramento, uma vez que, providencia parâmetros para a identificação de genitores contrastantes, propiciando a obtenção de genótipos superiores a partir de uma população segregante (BARELLI et al., 2009).

Nesse sentido, o conhecimento da diversidade genética entre germoplasma adaptados ou elite pode propiciar a identificação de potenciais genitores para participarem de blocos de cruzamento, e assim, originar populações segregantes com variabilidade genética para seleção. Germoplasma é o elemento vital do melhoramento de plantas, pois providencia os materiais (genitores) utilizados no início de um programa de melhoramento (ACQUAAH, 2007). Para HAUSSMANNE et al. (2004), a utilização dos recursos genéticos vegetais na melhoria dos cultivos são: i) desenvolvimento de cultivares adaptadas as condições de estresse abiótico ou biótico; ii) garantir a sustentabilidade da produção, aumentando a eficiência da absorção de água e nutrientes, com redução na aplicação de agroquímicos e; iii) possibilitar alternativas para os agricultores em relação ao desenvolvimento industrial, energético e farmacêutico.

Para muitas pessoas, por exemplo, os consumidores urbanos, que são a maioria da população, a biodiversidade parece ser abundante,

a julgar pela abundância de produtos nas prateleiras dos mercados, porém isso é ilusório (LANG, 2010). Segundo o autor, grande parte da diversidade genética das culturas agrícolas já foi perdida, Sendo que, os recursos genéticos desempenham claramente um importante papel no melhoramento de plantas, é essencial que sejam feitos investimentos para garantir a sua disponibilidade permanente para as futuras sociedades (SWANSON e GÖSCHL, 2000). Ainda, o acesso a uma gama de diversidade genética é crucial para o sucesso de programas de melhoramento e há um esforço global para reunir, documentar e utilizar os recursos genéticos, sendo a diversidade genética nas coleções (germoplasma) fundamental para a luta mundial contra a fome (HOISINGTON et al., 1999).

Sprague (1980) dividiu os Recursos Genéticos em três grupos: i) constituído por todos os indivíduos dentro de um gênero em que há compatibilidade sexual; ii) subconjunto do primeiro e inclui todos os indivíduos das coleções de trabalho dos melhoristas e; iii) cultivares melhoradas em uso comercial. Destaca ainda que, essa diversidade genética, em sua totalidade, é básica para todos os melhoristas de plantas. Acquaaah (2007) classificou as fontes de germoplasma em cinco tipos: i) germoplasma avançado ou elite; ii) germoplasma melhorado; iii) germoplasma crioulo ou *landraces*; iv) parentes silvestres e; v) estoques genéticos, sendo que, para o melhorista de plantas, as maiores fontes de variabilidade podem ser categorizadas em três grupos: i) plantas domesticadas; ii) plantas não domesticadas e ; iii) outras espécies ou gêneros. O grupo das plantas domesticadas agregam todos os materiais vegetais que foram submetidos a ação humana (seleção), sendo as cultivares comerciais (produtos do melhoramento formal para objetivos específicos), materiais do melhorista (genótipos em estágio final de avaliação), *landraces* (cultivares desenvolvidas e mantidas pelos agricultores), introdução de plantas (envolve a importação de genótipos de outras áreas de produção) e estoque genético (produtos oriundos de manipulação genética, como por exemplo, mutantes) (ACQUAAH, 2007).

Conforme mencionado, o melhorista deve acessar a variabilidade genética, e tais categorias apresentadas evidenciam que há uma gama de recursos genéticos disponíveis, com os quais o melhorista pode iniciar um programa de melhoramento. Em outras palavras, o melhorista deve realizar um *screening* preliminar dos recursos disponíveis, e somente então, iniciar o programa de melhoramento, propriamente dito, assim denominado de pré-melhoramento. O pré-

melhoramento se refere a todas as atividades de identificação de características ou genes favoráveis, a partir de materiais não adaptados (exóticos) ou aqueles que foram sujeitos a algum tipo de seleção (NASS e PATERNIANI, 2000). Deste modo, também é interessante que o melhorista, após ter acesso aos recursos genéticos, caracterize estes materiais, relacionando-os com os objetivos do programa de melhoramento a ser iniciado ou ser continuado. O pré-melhoramento é uma forma alternativa de unificar os recursos genéticos e os programas de melhoramento (NASS e PATERNIANI, 2000).

A agricultura comercial, a criação de programas de melhoramento e a redescoberta das leis de Mendel serviram para mudar o foco para a variabilidade genética dentro das culturas agrícolas (FOWLER e HODGKIN, 2004). Assim, há um maior interesse atualmente na caracterização, utilização e conservação do germoplasma, pois são a base do melhoramento de plantas. No caso específico do feijão, uma etapa crucial é a identificação de genótipos promissores, principalmente variedades crioulas, portadores de características agrônomicas de interesse. Tais avaliações vêm sendo realizadas e utilizadas pelo grupo de pesquisa do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UEDESC), com os genótipos do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão do CAV-UEDESC e da EPAGRI (COIMBRA et al., 2008; BORDIN et al., 2009 BERTOLDO et al., 2010). A avaliação do potencial de uso agrícola e nutricional das cultivares crioulas de feijão é importante (RIBEIRO et al., 2008). Assim, geralmente são encontradas variedades crioulas com bom potencial dentro do Banco de Germoplasma ou em uso pelos agricultores. Por exemplo, Coelho et al. (2010) avaliando 26 acessos crioulos de feijão do Banco de Germoplasma de feijão do IMEGEM para o potencial fisiológico da semente, concluíram que os genótipos crioulos foram favorecidos em função da ampla base genética e da facilidade de adaptação às condições ambientais, ao contrário das cultivares comerciais que são consideradas linhagens de estreita base genética. Coimbra et al. (2008) avaliando acessos do Banco de Germoplasma de feijão do IMEGEM, concluíram que os genótipos crioulos constituem uma excelente fonte de genes de importância agrônômica que devem ser utilizados pelos melhoristas de feijão.

Dentre os recursos genéticos disponíveis para o melhoramento de plantas, as variedades crioulas ou *landraces*, podem ser consideradas uma importante fonte de variabilidade. Zeven (1998) fez uma revisão

sobre as definições e classificações de variedades crioulas ou *landraces*, onde aborda os diferentes autores que definem as variedades crioulas, sendo aqui ressaltadas algumas delas: a primeira definição foi de von Rümker (1908), comentando que uma variedade crioula recebe esse nome em virtude de ser cultivada em uma região por um longo tempo; uma segunda definição foi proposta por Mansholt (1909), onde uma variedade crioula tem elevada estabilidade nas suas características e grande capacidade de tolerar a condições adversas, sendo a sua produção menor do que as cultivares comerciais quando cultivadas fora da sua região de cultivo; já Kiessling (1912) definiu uma variedade crioula como sendo uma mistura de formas (fenótipos) com certa uniformidade, com uma composição específica a uma região e grande capacidade de adaptação as condições naturais e técnico-econômicas da região de origem; para Banga (1944) uma variedade crioula é uma população natural desenvolvida numa certa região sob influência das condições de clima, solo e manejo, sem ou com pouca seleção massal; Harlan (1975) comenta que consistem numa mistura de genótipos que são adaptados as condições regionais onde se desenvolveram; Louette et al. (1997) descreveram uma variedade crioula como uma variedade dos agricultores que não tenha sido melhorada através de um programa de melhoramento formal. Outros autores defiram que as variedades crioulas são uma cultivar desenvolvida e mantida pelos agricultores usando métodos tradicionais (CECCARELLI e GRANDO 1991; ACQUAAH, 2007; GIBSON, 2009) e a semente utilizada pelo agricultor advém de anos anteriores, as quais, normalmente são selecionadas pelo próprio agricultor por muitos anos, o que a caracteriza como semente crioula (COELHO et al., 2010). Variedade crioula (*Landrace*) é uma variedade local ou regional de domínio das comunidades indígenas, tradicionais, locais ou de pequenos agricultores, que consiste em genótipos com uma ampla diversidade genética, adaptadas a habitats específicos, como resultado da seleção natural combinada com a pressão de seleção humana sobre o meio ambiente local (STELLA et al., 2004). Segundo Murphy (2007), novas variedades de trigo, arroz e milho foram desenvolvidas, e os agricultores selecionaram variedades crioulas particulares que foram adaptadas para suas próprias regiões de cultivo, solo e clima, sendo que este processo resultou em um aumento lento, porém, constante no rendimento das culturas e na adaptação a uma série de novos ambientes.

De forma sucinta e agregando todas as definições sobre as variedades crioulas, pode ser concluído que: uma variedade crioula,

local ou *landrace* é constituída por um conjunto de genótipos específicos que estão sujeitos ao desafio do ambiente de cultivo, considerados adaptados às condições adversas desse ambiente e sua manutenção depende dos agricultores, representando a principal fonte de variabilidade para os programas de melhoramento de uma espécie.

No sentido de evidenciar a variabilidade presente nas variedades crioulas de feijão, recentes estudos sobre diversidade genética foram realizados, em diferentes regiões do Brasil e do Mundo (BONETT et al. 2006; FONSECA et al., 2008; RIBEIRO et al., 2008; BARELLI et al., 2009; PIERGIOVANNI e LIOI, 2010). BONETT e tal. (2006) ressaltam a existência de variabilidade genética nas cultivares de feijão utilizadas pelos agricultores do Paraná. Fonseca et al. (2008) verificaram a existência de variabilidade genética entre acessos crioulos de feijão coletados em Santa Catarina. Ribeiro et al. (2008) verificaram que algumas variedades crioulas do Rio Grande do Sul são promissoras para uso em programas de melhoramento genético devido ao elevado potencial de uso agrícola. Barelli et al. (2009) analisaram a diversidade entre cultivares tradicionais no Mato Grosso do Sul, sendo que os resultados revelaram uma ampla diversidade genética entre as cultivares tradicionais. Piergiovanni e Lioi (2010) realizaram uma revisão sobre as variedades crioulas de feijão na Itália, ressaltando que a tradição do cultivo do feijão na Itália está relacionada a evolução de muitas variedades crioulas adaptadas a regiões específicas e que ainda o germoplasma italiano de feijão é caracterizado com tendo alto grau de diversidade genética.

Deste modo, fica evidente a existência de variabilidade genética em variedades crioulas de feijão disponível ao melhorista, sendo fundamental para o sucesso do programa de melhoramento a formação de um banco de germoplasma para, após identificar genótipos promissores, utilizá-los em cruzamentos. Do mesmo modo, o uso direto das variedades crioulas também pode ser realizado, sendo que podem ser selecionados indivíduos dentro destas variedades, o que pode constituir uma nova variedade multilinha, por exemplo. Porém, não merece destaque somente a variabilidade disponível nas variedades crioulas, mas também outros atributos. O uso de variedades locais possui diversas outras vantagens ligadas à sustentabilidade da produção como resistência a doenças, pragas e desequilíbrios climáticos, e podem ter as sementes armazenadas para as safras seguintes, o que diminui o custo de produção (CARPENTIERI-PÍPOLO et al., 2010). As cultivares crioulas podem ser promissoras na adaptação a condições adversas de

ambiente (RODIÑO et al., 2003), Deste modo, a utilização das variedades crioulas no programa de melhoramento de feijão é fundamental para o incremento na produtividade de grãos ou de outras características de interesse, o que pode modificar o atual cenário de crise na alimentação, propiciando um aumento no rendimento médio nacional, que é baixo.

No caso específico deste trabalho, a partir do cruzamento entre uma variedade crioula e outra comercial, ambas previamente caracterizadas pelo potencial agrônômico, pôde ser obtida uma população segregante com elevada diversidade genética e, como consequência, podem ser selecionados indivíduos promissores nessa população, relacionados ao objetivo do programa de melhoramento de feijão para a Serra Catarinense.

### **3.4. Melhoramento vegetal de caracteres quantitativos em feijão**

Em muitas espécies vegetais cultivadas, os principais caracteres são controlados por diversos locos, podendo existir diversos alelos por loco, sendo que o ambiente afeta, em graus variáveis, a expressão fenotípica destes alelos. De acordo com Allard (1999), por serem caracteres mensuráveis por quantidade, são denominados caracteres quantitativos.

Em programas de melhoramento de plantas, geralmente as principais características econômicas das culturas, como por exemplo, produtividade, são controladas por muitos genes ou poligenes. A maior parte dos caracteres de importância econômica e agrônômica estudados em espécies vegetais é de natureza quantitativa (ALLARD, 1999). Assim, torna-se de suma importância a caracterização dos parâmetros que contribuem para a expressão fenotípica dos caracteres. O aspecto essencial da genética no melhoramento de plantas é a habilidade do melhorista em identificar a variação genética, onde durante os últimos 50 anos, a variância genética continua sendo classificada em termos de caracteres qualitativos e quantitativos (BAENZIGER et al., 2006).

É inquestionável a importância do melhoramento tradicional e da eficiência nos métodos clássicos na seleção de progênes superiores. No entanto, sempre que houver novas ferramentas para melhorar a eficiência dos programas de melhoramento, elas devem ser empregadas (PEREIRA et al., 2007). Uma das maneiras de facilitar a seleção é o mapeamento de caracteres quantitativos, considerado chave para o estudo de características complexas, que facilita a estimação do número

de regiões do genoma que afetam uma determinada característica, a distribuição do efeito dos genes e a importância relativa da ação genética aditiva e não aditiva (LEE, 1995; FERREIRA e GRATTAPLAGLIA, 1996; AUSTIN e LEE, 1998; CARNEIRO e VIEIRA, 2002; HOLLAND, 2007).

## 4. OBJETIVOS

### 4.1. Geral

Viabilizar a médio e longo prazo uma nova cultivar de feijão do grupo comercial preto para o ambiente da Serra Catarinense, a partir da seleção de plantas em população segregante de feijão com ciclo longo e estatura elevada, para servir de base no desenvolvimento de cultivares de feijão adaptados à região da Serra Catarinense.

### 4.2. Específicos

**Objetivo 1:** Avaliar a magnitude dos componentes da variância fenotípica para o caráter rendimento de grãos.

**Hipótese 1:** Entre os componentes da variância, para o caráter rendimento de grãos, o efeito do ambiente é de maior magnitude.

**Evidência científica:** A maior parte dos caracteres de importância econômica e agrônômica estudados em espécies vegetais é de natureza quantitativa (ALLARD, 1999). O caráter rendimento de grãos é governado por vários genes de pequeno efeito sobre o fenótipo, classificando esse caráter como quantitativo (FALCONER e MACKAY, 1996).

**Comentário:** A literatura científica é farta em evidências da grande magnitude dos efeitos ambientais sobre a expressão de características, notadamente, as quantitativas. Embora de menor complexidade, o caráter estatura de plantas também é influenciado pelas condições ambientais.

**Objetivo 2:** Verificar a necessidade de dividir o Estado de Santa Catarina em macro-ambientes para fins de produção e recomendação de feijão.

**Hipótese 2:** É possível dividir o estado de Santa Catarina em áreas específicas para a recomendação de cultivo e o desenvolvimento das novas variedades de feijão.

**Evidência científica:** A identificação de cultivares, com maior estabilidade fenotípica, tem sido uma alternativa muito utilizada para atenuar os efeitos da interação genótipos com ambientes e tornar o processo de indicação de cultivares mais seguro (RIBEIRO et al., 2008). Porém, a presença da interação entre determinado genótipo a um ambiente, para algumas características, como por exemplo, rendimento de grãos, pode dificultar a recomendação de uma cultivar para grandes áreas geográficas (ARAÚJO et al., 2003). Deste modo, uma maneira de amenizar a influência da interação genótipo x ambiente seria o desenvolvimento de cultivares específicas para cada região (BACKES et al., 2005).

**Comentário:** Há tempos que os pesquisadores já detectaram diferenças expressivas no rendimento de grãos e na estatura de plantas quando uma mesma variedade é cultivada em distintas regiões geográficas. No Estado do Paraná, este zoneamento variedade/região já foi feito (TERASAWA et al., 2008). Assim espera-se que também em Santa Catarina isto seja possível de ser realizado. Por outro lado, é importante que o melhorista interprete o efeito da interação entre genótipos e o ambiente como algo promissor, e otimizando o seu efeito, maiores ganhos podem ser obtidos. Uma maneira de potencializar o efeito da interação é a recomendação de cultivo para ambientes específicos.

**Objetivo 3:** Identificar e caracterizar a magnitude da variabilidade genética para os caracteres ciclo e estatura de planta em linhagens, cultivares crioulos ou melhorados de feijão no Banco de Germoplasma do CAV/UDESC.

**Hipótese 3:** Há existência de variabilidade genética entre genótipos de feijão para o caráter ciclo e estatura de planta.

**Evidência científica:** As variedades crioulas ou melhoradas de feijão comum disponíveis para cultivo no Brasil apresentam diferenças genéticas quanto ao início do florescimento e ao ciclo, sendo o último considerado intermediário (aproximadamente 90 dias) para a maioria dos cultivares melhorados disponíveis (ZIMMERMANN et al., 1996). Provavelmente, como já existe variabilidade em cultivares comerciais, espera-se identificar a existência de variabilidade entre acessos mantidos nos Bancos de Germoplasma do CAV/UDESC e da EPAGRI. Uma vez verificada geneticamente a existência de variabilidade nos acessos de feijão comum, cruzamentos entre genótipos contrastantes serão feitos para a obtenção de novas combinações genéticas em populações segregantes para as características de ciclo e estatura de planta.

**Comentário:** A partir do resultado evidenciado em estudos de avaliação entre os acessos disponíveis no Banco de Germoplasma do IMEGEM, existe variabilidade entre e dentro dos acessos, bem como a possibilidade em se obter populações segregantes para os objetivos do trabalho.

**Objetivo 4:** Identificar plantas para o ideótipo de planta, com ênfase para os caracteres ciclo tardio e estatura elevada em população segregante.

**Hipótese 4:** Os cruzamentos planejados, com parentais contrastantes para as características desejadas, se governadas geneticamente, devem segregar na geração  $F_2$ . Assim, será possível encontrar plantas segregantes que apresentem os fenótipos de ciclo tardio e estatura alta e maior produtividade.

**Evidência científica:** Durante o século passado, variedades mais precoces foram selecionadas e estão em cultivo. O mesmo aconteceu para plantas mais baixas. Assim, havendo variabilidade genética é possível selecionar plantas com o ideótipo desejado. No presente trabalho, a característica estatura elevada está em variedades melhoradas, em contrapartida, os genótipos são precoces. Por outro lado, as variedades crioulas apresentam a característica ciclo tardio. O cruzamento entre ambas deverá possibilitar a recombinação para as duas características.

**Comentário:** No diagnóstico fenotípico da geração  $F_2$ , foram observados diversos tipos de indivíduos para os caracteres-alvos: i) ciclo precoce e estatura baixa; ii) ciclo precoce e estatura elevada; iii) ciclo tardio e estatura baixa e iv) ciclo tardio e estatura elevada, o que comprovada a segregação na geração  $F_2$  para os caracteres estudados. Ainda, foi verificada a presença de indivíduos portadores de ciclo prolongado e estatura de planta maior (tipo iv), inclusive transgressivos, o que representa que a seleção pode ser praticada e que podem ser obtidos ganhos expressivos.

**Objetivo 5:** Selecionar a partir de famílias  $F_3$  plantas de alto rendimento, com ênfase para os caracteres ciclo tardio e estatura elevada.

**Hipótese 5:** O aumento no ciclo do feijão (tardio) proporciona maior disponibilidade no enchimento dos grãos. A elevada estatura de planta possibilita o desenvolvimento de maior número de legumes/planta, e como consequência o maior número de grãos. Assim o ciclo tardio e a

elevada estatura de planta poderão proporcionar um aumento no rendimento de grãos.

**Evidência científica:** Na cultura da soja, o ciclo longo e a estatura de planta elevada são características que costumam conferir maior habilidade competitiva à cultura (BENNETT e SHAW, 2000). Na ausência de variações estacionais, que são características de estresses, em particular a seca e as temperaturas baixas, os genótipos de feijão com ciclo tardio rendem substancialmente mais do que os genótipos similares, porém de ciclo precoce (WHITE, 1989). Matiolo et al. (1997) verificaram em aveia que, o maior período de dias da emergência à floração pode ter aumentado o período de diferenciação dos componentes do rendimento, favorecendo assim, o incremento de número de espiguetas por panícula. Em geral, essas características correlacionam-se positivamente com a produção de grãos, pois têm relação com a maior quantidade de massa seca produzida, uma vez que a produção de fitomassa representa reserva potencial da planta para investir na formação de estruturas reprodutivas e no enchimento de grãos (DYBING, 1994). Oliveira et al. (2005) avaliando a tolerância de cultivares de soja à ferrugem asiática no oeste da Bahia, verificaram que os cultivares de ciclo precoce apresentaram reduções de produtividade inferiores aos cultivares de ciclo tardio. Porém, os cultivares tardios produziram mais do que os de ciclo precoce.

**Comentário:** A partir das análises de correlação fenotípica, pode ser verificado que existe uma relação direta entre os caracteres estatura de planta e os caracteres ligados ao rendimento de grãos (número de legumes, número de grãos e peso de sementes). De modo que, ao selecionar indivíduos de estatura elevada, o rendimento é aumentado (correlação positiva). Por outro lado, neste trabalho, não foi verificada uma correlação entre o ciclo de planta e os caracteres relacionados ao rendimento de grãos, com exceção do caráter peso de sementes, onde a correlação foi positiva e significativa. Entretanto, tal resultado não deve ser considerado como negativo, pelo contrário, pois ao selecionar plantas com ciclo tardio, um dos caracteres primários do rendimento de grãos é aumentado.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ACQUAAH, G.; ADAMS, M.W.; KELLY, J.D. Identification of effective indicators of erect plant architecture in dry bean. **Crop Science**, n.31, p. 261–264, 1991.

ALLARD, R.W. **Principles of Plant Breeding**. 2<sup>a</sup>. ed. New York: John Wiley and Sons, 1999. 264p.

ARAÚJO, G.A. de A.; FERREIRA, A.C. de B. **Manejo do solo e plantio**. In: VIEIRA, C.; PAULA JÚNIOR, T.J. de; BORÉM, A. (Ed.). Feijão. 2.ed. Viçosa: UFV, 2006. p.87-114.

ARRIEL, E.F.; RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B. dos. Análise dialéctica do número de dias para o florescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.25, n.1, p.759-763, 1990.

AUSTIN, D.F.; LEE, M. Detection of quantitative trait loci for grain yield and yield components in maize across generations in stress and no stress environments. **Crop Science**, Madison, v.38, p.1296-1308, 1998.

BACKES, R.L.; ELIAS, H.T.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no Estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.27, n.2, p.309-314, 2005.

BAENZIGER, P. S.; RUSSELL, W. K.; GRAEF, G. L.; CAMPBELL, B. T. Improving Lives: 50 Years of Crop Breeding, Genetics, and Cytology (C-1), **Crop Science**, v. 46, 2006.

BARELLI, M.A.A.; VIDIGAL, M.C.G.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; VIDIGAL FILHO, P.S.; SILVÉRIO, L. Genetic control on number of days to flowering and yield components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Acta Scientiarum**, v.21, p.423-427, 1999.

BARELLI, M.A.A; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; FILHO, P.S.V.; NEVES, L.G.; SILVA, H.T. Genetic divergence in common bean landrace cultivars from Mato Grosso do Sul State. **Semina: Ciências Agrárias**, v.30, suplemento 1, p.1061-1072, 2009.

BARTON, N.H.; KEIGHTLEY, P.D. Understanding quantitative genetic variation. *Nature Reviews|Genetics*, v.3, p. 11-21, 2002.

BEATTIE, A.D.; LARSEN, J.; MICHAELS, T.E.; PAULS, K.P. Mapping quantitative trait loci for a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) ideotype. **Genome**, v.46, p. 411–422, 2003.

BENNETT, A. C.; SHAW, D. R. Effect of Glycine max cultivar and weed control on weed seed characteristics. **Weed Science**, Lawrence, v.48, n.4, p.431-435, 2000.

BERTAN, I.; KUREK, A.J.; CARVALHO, F.I.F; ASSMANN, I.C.; SILVA, G.O.; COSSA, M.L.; Estimativa do ganho genotípico por meio da seleção em geração segregante de aveia. **Scientia Agraria**, v.5, n.1-2, p.29-33, 2004.

BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; SILVEIRA, C.B; TOALDO, D. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biotemas**, Florianópolis, v.21, n.3, p.39-44, 2008.

BERTOLDO, J.G.; TOALDO, Diego; BARILI, L. D.; VALE, N. M.; ROCHA, F.; GRAH, V. F.; GRIMALDI, F.; GROHSKOPF, M. A.; STAHELIN, D.; JUNGES, D. G.; VERISSIMO, M. A. **Cocção em feijão versus tempo de armazenamento**. In: VI Reunião Técnica Catarinense de Milho e Feijão, 2007, Concórdia. Resumos Expandidos, 2007. p.300-303.

BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; ROCHA, F. Correlação entre caracteres de produção e tempo de cocção em feijão em dois ambientes. **Revista Ciência Agronômica**, v.40, n.1, p.135-140, 2009.

BERTOLDO, J.G.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; COIMBRA, J.L.; STAHELIN, D.; GUIDOLIN, A. Genetic gain in agronomic traits of common bean in the region of Planalto Catarinense. **Euphytica**, v. 171, p.381–388, 2010.

BLISS, F.A. Inheritance of growth habit and time of flowering in beans *Phaseolus vulgaris* L. **Journal of American Society Horticulture Science**, v.93, n.1, p.715–717, 1971.

BONETT, L.P.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; SCHUELTER, A.R.; FILHO, P.S.V.; GONELA, A.; LACANALLO, G.F. Divergência genética em germoplasma de feijoeiro comum coletado no estado do Paraná, Brasil. **Semina: Ciências Agrárias**, v.27, n.4, p.547-560, 2006.

BORDIN, L.C.; COELHO, C.M.M.; SOUZA, C.A.; ZILIO, M. Diversidade genética para a padronização do tempo e percentual de hidratação preliminar ao teste de cocção de grãos de feijão. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, 2010.

BOREVITZ, J.O.; CHORY, J. Genomics tools for QTL analysis and gene discovery. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 7, p. 132–136, 2004.

BRIM, C.A. A modified pedigree method of selection in soybeans. **Crop Science**, v.6, p.220, 1966.

BROUGHTON, W.J.; HERNÁNDEZ, G.; BLAIR, M.; BEEBE, S.; GEPTS, P.; VANDERLEYDEN, J. Beans (*Phaseolus* spp.) – model food legumes. **Plant and Soil**, v.252, n.55, p.128, 2003.

BUENO, L.C.S.; MENDES, A.N.G.; CARVALHO, S.P. **Melhoramento Genético de Plantas**. 2ª. ed. Lavras, UFLA, 2006. 319p.

BUNYAMIN TAR'AN, MICHAELS, T.E; PAULS, K.P. Genetic Mapping of Agronomic Traits in Common Bean. **Crop Science**, v.42, n.2, p.544–556, 2002.

BURATTO, J.S.; MODA-CIRINO, V.; FONSECA JÚNIOR, N.S.; PRETE, C.E.C.; FÁRIA, R.T. Adaptabilidade e estabilidade produtiva em genótipos precoces de feijão no estado do Paraná **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.28, n.3, p.373-380, 2007.

BUSO, G. S. C.; AMARAL, Z. P. S.; BRONDANI, R. P. V.; FERREIRA, M. E. Microsatellite markers for the common bean

*Phaseolus vulgaris* L. **Molecular Ecology Notes**, v.6, n.1, p.252 – 254, 2006.

CARBONELL, S.A.M.; CARVALHO, L.; PEREIRA, V.R. Qualidade tecnológica de grãos de genótipos de feijoeiro cultivados em diferentes ambientes. **Bragantia**, v.62, n.3, p. 369-379, 2003.

CARNEIRO, M.S.; VIEIRA, M.L.C. Mapas genéticos em plantas. **Bragantia**, Campinas, v 61, n.2, p.89-100, 2002.

CARNEIRO, J.C.S; MINIM, V.P.R.; SOUZA, M.M.; CARNEIRO, J.E.S.; ARAÚJO, G.A.A. Perfil sensorial e aceitabilidade de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, v. 25, n.1, p.18-24, 2005.

CARPENTIERI-PÍPOLO, V.; SOUZA, A.; SILVA, D.A.; BARRETO, T.P.; GARBUGLIO, D.D.; FERREIRA, J.M. Avaliação de cultivares de milho crioulo em sistema de baixo nível tecnológico. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.32, n.2, p.229-233, 2010.

CARVALHO, M.F.; CRESTANI, M. FARIAS, F.L.; COIMBRA, J.L.M.; BOGO, A. GUIDOLIN, A.F. Caracterização da diversidade genética entre acessos crioulos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) coletados em Santa Catarina por marcadores RAPD. **Ciência Rural**, v.38, n.6, p.1522-1528, 2008.

CECARELLI, S.; S. GRANDO. **Barley Landraces from the Fertile Crescent: A Lesson for Plant Breeders**. Pages 51–76 (Chapter 3) in S. B. Brush, ed., *Genes in the Field. On-farm Conservation of Crop Diversity*. Lewis Publishers, Boca Raton, 1991.

CERRI, C.E.P.; SPAROVEK, G. BERNOUX, M.; EASTERLING, W.E.; MELILLO, J.M.; CERRI, C.C. Tropical agriculture and global warming: impacts and mitigation options. **Scientific Agriculture**, Piracicaba, v.64, n.1, p.83-99, 2007.

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

COELHO, C.M.M.; MOTA, M.R.; SOUZA, C.A.; MIQUELLUTI, D.J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32,n.3, p.097-105, 2010.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F.; COIMBRA, S.M.M.; HEMP, S. Reflexos da interação genótipo x ambiente e suas implicações nos ganhos de seleção em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.433-439, 1999.

COIMBRA, J.L.M.; CARVALHO, F.I.F.; HEMP, S.; OLIVEIRA, A.C.; SILVA, S.A. Divergência genética em feijão preto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.3, p.427-431, 1999.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F.; AZEVEDO, R. Correlações canônicas: ii - análise do rendimento de grãos de feijão e seus componentes. **Ciência Rural**, v.30, p.31-35, 2000.

COIMBRA, J.L.M.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; GUIDOLIN, A.F.; BERTOLDO, J.G.; ROCHA, F.; TOALDO, D. Seleção para caracteres adaptativos em acessos de feijão usando REML/BLUP. **Magistra**, Cruz das Almas, v. 20, n. 2, p. 177-185, 2008.

**CONAB. Acompanhamento da safra brasileira: terceiro levantamento, dezembro 2008/Companhia Nacional de Abastecimento.** Brasília, 2008.

COSTA, G.R.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. 2001. Variabilidade para absorção de água nos grãos de feijão do germoplasma da UFLA. **Ciência e Agrotecnologia**, v.25, n.4, p.1017-1021, 2001.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J; CARNEIRO, P.C.S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético.** Viçosa, UFV: Imprensa Universitária, 2004. 480p.

CRUZ, C.D.; SCHUSTER, I. **GQMOL: aplicativo computacional para análise de dados moleculares e de suas associações com caracteres quantitativos**. Viçosa: UFV, 2005.

DALLA CORTE, A.; MODA-CIRINO, V.; SCHOLZ, M.B.S.; DESTRO, D. Environment effect on grain quality in early common bean cultivars and lines. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, n.3, p.193-202, 2003.

DAVIS, D. R. Declining Fruit and Vegetable Nutrient Composition: What Is the Evidence? **HortScience**, v.44, n.1, p.15–19, 2009.

DONALD, C.M. The breeding of crop ideotypes. **Euphytica**, v.17, p.385-403, 1968.

DYBING, C. D. Soybean flower production as related to plant growth and seed yield. **Crop Science**, Madison, v.34, n.2, p.489-497, 1994.

EPAGRI/CIRAM. **Centro de informações de recursos ambientais e de hidrometeorologia de Santa Catarina**. Disponível em: <<http://ciram.epagri.sc.gov.br/portal/website/?jsessionid=192825c1a137193474985e40aee3>>. Acesso em: 12 de junho de 2010.

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

FALEIRO, F.G.; SCHUSTER, I.; RAGAGNIN, V.A.; CRUZ, C.D.; CORRÊA, R.X.; MOREIRA, M.A.; BARROS, E.G. Caracterização de linhagens endogâmicas recombinantes e mapeamento de locos de características quantitativas associados a ciclo e produtividade do feijoeiro-comum. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.38, n.12, p.1387-1397, 2003.

FAO. **Base de dados FAOSTAT**. Disponível em: <<http://apps.fao.org>>. Acesso em: 05 outubro de 2007.

FAO. **El hambre aumenta**.

<http://www.fao.org/newsroom/es/news/2008/1000923/index.html>. Acesso em: 22 de dezembro de 2008.

FAO. **Crop production**. Disponível em <  
<http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>>  
. Acesso em 26 de set. de 2010.

FERNIE, A.R.; TADMOR, Y.; ZAMIR, D. Natural genetic variation for improving crop quality. **Current Opinion in Plant Biology**, v.9, n.1, p.196–202, 2006.

FOWLER, C.; HODGKIN, T. Plant genetic resources for food and agriculture: assessing global availability. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v.29, p.143–147, 2004.

FUSCALDI, K.C.; PRADO, G.R. **Análise econômica da cultura do feijão**. Política Agrícola. Ano XIV - Nº 1 - Jan./Fev./Mar. 2005.  
GIBSON, R.W. A Review of Perceptual Distinctiveness in Landraces Including an Analysis of How Its Roles Have Been Overlooked in Plant Breeding for Low-Input Farming Systems. **Economic Botany**, v.63, n.3, p.242–255, 2009.

GUEVARA, L.L.V. **Comportamento físico-sensorial de novas cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados em condições ambientais**. Lavras. 1990. 132f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.

HAUSSMANN, B. I. G.; PARZIES, H. K.; PRESTERL, T.; SUSIC, Z.; MIEDANER, T. Plant genetic resources in crop improvement. **Plant Genetic Resources**, v.2, v.1, p. 3–21, 2004.

HOISINGTON, D.; KHAIRALLAH, M.; REEVES, T.; RIBAUT, J. M.; SKOVMAND, B.; TABA, S., WARBURTON, M. Plant genetic resources: what can they contribute toward increased crop productivity? **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v.96, p. 5937-5943, 1999.

HOLLAND, J.B. Genetic architecture of complex traits in plants. **Current Opinion in Plant Biology**, v.10, p.156–161, 2007.

IBGE. **Produção Agrícola 2007 – estimativa de fevereiro em relação a janeiro**. Disponível em:  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa>>. acesso em 27 jun. 2007.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento sistemático da produção agrícola**. Disponível em: <  
[ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao\\_Agricola/Levantamento\\_Sistematico\\_da\\_Producao\\_Agricola\\_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2009/](ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Levantamento_Sistematico_da_Producao_Agricola_%5Bmensal%5D/Fasciculo/2009/)>. Acesso em: 25 ago. 2010.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Lavouras**. Disponível em: <  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/lspa/default.shtm>>. Acesso em: 25 ago. 2010.

IBGE. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade – 1980-2050**. Disponível em <  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em 28 de set. de 2010.

JACINTO-HERNANDEZ, C., AZPIROZ-RIVERO, S.; ACOSTA-GALLEGOS, J.A.; HERNANDEZ-SANCHEZ, H.; BERNAL-LUGO, I. Genetic Analysis and Random Amplified Polymorphic DNA Markers Associated with Cooking Time in Common Bean. **Crop Science**, Madison, v.3, n.1, p.329–332, 2003.

LANG, T. Crisis? What Crisis? The Normality of the Current Food Crisis. **Journal of Agrarian Change**, v.10, n. 1, pp.87–97, 2010.

LATIF, T.; IQBAL, M.; KHAN, A.M.; XHAN, M.A. Correlation coefficient analyses of yield components in rice (*Oryza sativa* L.). **Sarhard Journal of Agriculture**, v.10, n.6, p.667-670, 1994.

LI, Z.K.; YU, S.B.; LAFITTE, H.R.; HUANG, B.; COURTOIS, B.; HITTALMANI, S.; VIJAYAKUMAR, C.H.M.; LIU, G.F.; WANG, G.C.; SHASHIDHAR, H.E.; ZHUANG, J.Y.; ZHENG, K.L.; SINGH, V.P.; SIDHU, J.S.; SRIVANTANEYAKUL, S.; KHUSH, G.S. QTL x environment interactions in rice. I. Heading date and plant height. **Theoretical Applied Genetic**, v. 108, p.141-153, 2003.

LIMA, J.L.; SOUZA, J.C.; MACHADO, J.C.; RAMALHO, M.A.P. Controle genético da exigência térmica para o início do florescimento em milho. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.1, p.127-131, 2008.

LITTELL, R.C.; MILIKEN, G.A.; STROUP, W.W.; et al. **Sas system for mixed models**. Cary, NC: Sas Institute Inc, 2006, 633p.

LONDERO, P.M.G.; RIBEIRO, N.D.; RODRIGUES, J.A.; POERSCH, N.L.; TRENTIN, M. Genetic variability for dietary fiber content in common bean populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.86-90, 2005.

LOPES, U.V.; GALVÃO, J.D.; CRUZ, C.D. Inheritance of the flowering time in maize I. diallel analysis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.10, p.1267-1271, 1995.

MARIOT, M.P.; SERENO, M.J.C.M.; FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F. Herança da estatura de planta e do comprimento da panícula principal no cruzamento entre *Avena sativa* L. e *Avena sterilis* L. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.1, p.77-82, 1999.

MATIELLO, R.R.; SERENO, M.J.C.M.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F.I. F.; TADERKA, I.; PEGORARO, D.G. Variabilidade genética para teor de proteína bruta em grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.27, n.2, p.183-187, 1997.

MCCOUCH, S. Diversifying Selection in Plant Breeding. **PLoS Biology**, v.2, n.10, p.1507-1512, 2004.

MITTELMANN, A.; CARVALHO, F.I.F.; NETO, F.B.; AMARAL, A.L.; PANDINI, F. Herdabilidade para os caracteres ciclo vegetativo e estatura de planta em aveia. **Ciência Rural**, v.31, n.6, p.999-1002, 2001.

MOOSE, S.P.; MUMM, R.H. Molecular plant breeding as the foundation for 21st century crop improvement. **Plant Physiology**, v.147, n.1, p.969-977, 2008.

MURANTY, H.; GOFFINET, B.; SANTI, F. Multitrait and multipopulation QTL search using selective genotyping. **Genetical Research**, v. 70, n. 3; p. 259-265, 1997.

MURPHY, D. **Plant Breeding and Biotechnology – Societal context and the future of agriculture.** Cambridge University Press, New York, 2007. 426p.

NASS, L.L.; PATERNIANI, E. Pre-breeding: a link between genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, v.57, n.3, p.581-587, 2000.

NIENHUIS, J. and SINGH, S.P. Genetics of seed yield and its components in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) of Middle American origin. I. General combining ability. **Plant Breeding**, v.10, p. 143-154, 1988.

OLIVEIRA, A.C.D.; GODOY, C.V.; MARTINS, M.C. Avaliação da tolerância de cultivares de soja à ferrugem asiática no oeste da Bahia. **Fitopatologia brasileira**, v.30, n.6, 2005.

PANWAR, D.V.S.; PARODA, R.S.; VISHWAKARMA, D.N. Selection model in rice (*Oryza sativa* L.). **Indian Journal of Genetics**, v.53, n.2, p.131-137, 1983.

PEREIRA, P.A.A. **A cultura do feijão no Brasil: situação atual e perspectivas.** In: Fancelli, A.L.; Dourado Neto, D. (Coords.). Feijão irrigado: estratégias básicas de manejo. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 1999. p.1-8.

PEREIRA, H.S.; SANTOS, J.B.; ABREU, A.F.B.; COUTO, K.R.. Informações fenotípicas e marcadores microssatélites de QTL na escolha de populações segregantes de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, n.5, 2007.

PESSARAKLI, M. **Role of physiology in improving crop adaptation to abiotic stresses in the tropics: the case of common bean and tropical forages.** In: PESSARAKLI, M. (Ed.). Handbook of plant and crop physiology. 2nd Revised Expanded. New York: CRC Press; Marcel Dekker, 2002. p. 583-614.

PIERGIOVANNI, A.R.; LIOI, L. Italian Common Bean Landraces: History, Genetic Diversity and Seed Quality. **Diversity**, v.2, p.837-862, 2010.

POEHLMANN, J.M. **Mejoramiento genético de las cosechas**. México D. F., Limusa.1965. 453p.

RAMALHO, M.A.P. et al. **Genética quantitativa de plantas autógamias: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia:UFG, 1993. 271p.

RAMALHO, M.A.P. **Melhoramento genético do feijoeiro visando a resistência as doenças**. 2007. Artigo em Hypertexto. Disponível em: [http://www.infobibos.com/Artigos/2007\\_1/MelFeijoeiro/index.htm](http://www.infobibos.com/Artigos/2007_1/MelFeijoeiro/index.htm)>. Acesso em: 11/10/2007.

RAMOS JÚNIOR, E.U.; LEMOS, L.B.; SILVA, T.R.B. Componentes da produção, produtividade de grãos e características tecnológicas de cultivares de feijão. **Bragantia**, Campinas, v.64, n.1, p.75-82, 2005.

RASMUSSEN, D.C. An evaluation of ideotype breeding. **Crop Science**, v. 27, p. 1140–1146, 1987.

RIBAUT, J.M.; HOISINGTON, D. Marker-assisted selection: New tools and strategies. **Trends in Plant Science**, v.3, p.236–239, 1998.

RIBEIRO, N.D.; HOFFMANN JUNIOR, L.; POSSEBON, S. B. Variabilidade genética para ciclo em feijão dos grupos preto e carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.10, n.1, p.19-29, 2004.

RIBEIRO, N.R.; JOST, E.; FILHO, A. C. Efeitos da interação genótipo x ambiente no ciclo e na coloração do tegumento dos grãos do feijoeiro comum. **Bragantia**, Campinas, v.63, n.3, p.373-380, 2004.

RIBEIRO, N.D.; IRAJÁ, F.A.; POERSCH, N.L. ROSA, S.S.; TEIXEIRA, M.G. GOMES, A.L.S. Potencial de uso agrícola e nutricional de cultivares crioulas de feijão. **Ciência Rural**, v.38, n.3, 2008.

RIBAUT J. M.; JIANG, C.; GONZALEZ-DE-LEON, D.; EDMEADES, G. O.; HOISINGTON, D. A. Identification of quantitative trait loci under drought conditions in tropical maize. **Theoretical and Applied Genetics**, v.94, n.6-7, p.887-896, 1997.

RODIÑO, A. P.; SANTALLA, M.; DE RON, A. M.; SINGH, S. P. A core collection of common bean from the Iberian Peninsula. **Euphytica**, v.131, n.2, p. 165-175, 2003.

RODRIGUES, T.B.; SANTOS, J.B; RAMALHO, M.A.P.; AMORIM, E.P.; SILVA, N.O. Identificação de QTLs em feijoeiro por meio de marcadores SSR influenciados pela seleção natural. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n.5, p.1351-1357, 2007.

ROSAL, C.J.S.; RAMALHO, M.A.P.; GONÇALVES, F.M.A; ABREU, A.F.B. Seleção precoce para produtividade de grãos no feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.189-95, 2000.

ROSSE, L.N.; VENCOVSKY, R. Modelo de regressão não-linear aplicado ao estudo da estabilidade fenotípica de genótipos de feijão no Estado do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.1, p.99-107, 2000. SAS Institute, Inc., 2000: **SAS/STAT Users Guide**, Version 9.1. SAS Institute, Cary, NC.

SILVA, M.G.M. **Seleção de famílias superiores de feijoeiro com resistência a antracnose e mancha angular**. Dissertação de Mestrado. 90p. Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade Federal de Lavras. 2005.

SILVA, F.B.; RAMALHO, M.A.P.; ABREU, A.F.B. Seleção recorrente fenotípica para florescimento precoce de feijoeiro 'Carioca'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.10, p.1437-1442, 2007.

SIVIERO, A.; CRISTOFANI, M.; BOAVA, L.P.; MACHADO, M.A. Mapeamento de QTLs associados à produção de frutos e semente em híbridos de *Citrus sunki* vs. *Poncirus trifoliata*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.24, p.741-743, 2002.

SOUZA, C.A.; COELHO, C. M. M.; GUIDOLIN, A. F.; ENGELSING, M. J.; BORDIN, L. C. Influência do ácido giberélico sobre a arquitetura de plantas de feijão no início de desenvolvimento. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 32, n. 2, p. 325-332, 2010.

SPRAGUE, G.F. Germplasm resources of plants: their preservation and use. **Ann. Rev. Phytopathol**, v. 18, p.147-65, 1980.

- STELLA, A.; KAGEYAMA, P.; NODARI, R.O. **Políticas públicas para a agrobiodiversidade**. In: CARVALHO, C. (ed.). Agrobiodiversidade e Diversidade Cultural. Brasília, MMA. p.41-56. 2004.
- STRECK, N.R.; ALBERTO, C.M. Estudo numérico do impacto da mudança climática sobre o rendimento de trigo, soja e milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, n.9, p.1351-1359, 2006.
- SUNDIN, M.F.C.; PEREIRA, M.B.; PEREIRA, E.B.B.; CARDOSO, P.F. Herdabilidade e correlação genética para altura de planta e número de perfilhos em dois níveis de nitrogênio em arroz (*Oryza sativa* L.). **Revista Universidade Rural, Série Ciências da Vida**, v.22, n.1, p.25-32, 2002.
- SWANSON, T.; GÖSCHL, T. Property rights issues involving plant genetic resources: implications of ownership for economic efficiency. **Ecological Economics**, v.32, p.75–92, 2000.
- TANKSLEY, S.D.; NELSON, J.C. Advanced backcross QTL analysis: A method for the simultaneous discovery and transfer of valuable QTLs from unadapted germplasm into elite breeding lines. **Theoretical Applied Genetic**, v.92, p.191-203. 1996.
- TEIXEIRA, I.R.; ANDRADE, M.J.B.; CARVALHO, J.G.; MORAIS, A.R.; CORRÊA, J.B.D. Resposta do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. cv. Pérola) a diferentes densidades de semeadura e doses de nitrogênio. **Ciência e agrotecnologia**, Lavras, v.24, n.2, p.399-408, 2001.
- TERASAWA JRF, VENCOVSKY R E KOEHLER H (2008) Environment and genotype-environment interaction in maize in Paraná, Brazil. **Crop Breeding and Applied biotechnology**, v.1 - 17:22.
- VASEMÄGI, A.; PRIMMER, C.R. Challenges for identifying functionally important genetic variation: the promise of combining complementary research strategies. **Molecular Ecology**, v.14, p.3623–3642, 2005.

VARSHNEY, R.K.; HOISINGTON, D.A.; TYAGI, A.K. Advances in cereal genomics and applications in crop breeding. **Trends in Biotechnology**, v.24, n.11, 2006.

VIEIRA, E.S.N.; PINHO, E.V.R.V.; VIEIRA, M.G.G.C.; MANN, R.S. Similaridade genética entre cultivares de feijão do grupo carioca por meio de marcadores moleculares de proteínas e enzimas visando a certificação da pureza genética. **Revista Brasileira de Sementes**, v.23, n.2, p.35-42, 2001.

YOKOYAMA, L.P.; STONE, L.F. **Cultura do feijoeiro no Brasil: Características da produção**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2000, 75p.

WHITE, J.W. **Aspectos fisiológicos de la precocidade em el frijón común**. BEEBE, S. (ed.). IN: Temas actuales em mejoramiento genético del frijón común. n.47, 465 pp. Programa de Frijol, CIAT; Cali, Colômbia, 1989.

WILDNER, L.P. **Manejo do solo para cultura do feijão: Principais características e recomendações técnicas**. In: EPAGRI. A cultura do feijão em Santa Catarina. Florianópolis: EPAGRI, 1992, p. 83-114, 285 p.

ZEVEN, A.C. Landraces: A review of definitions and classifications. **Euphytica**, v.104, p.127-139, 1998.

ZIMMERMANN, M.J.O.; CARNEIRO, J.E.S.; PELOSO, M.J.D.; COSTA, J.G.C.; RAVA, C.A.; SARTORATO, A.; PEREIRA, P.A.A. **Melhoramento genético e cultivares**. In: ARAUJO, S.R. et al. (Eds.). Cultura do feijoeiro comum no Brasil. Piracicaba: POTAFÓS, 1996. p.223-273.

## 6. CAPÍTULO 1

### **Rendimento de grãos em feijão preto: o componente que mais interfere no valor fenotípico é o ambiente**

#### **RESUMO**

O principal objetivo dos programas de melhoramento é a obtenção de genótipos com maior potencial produtivo. Para tanto, é importante o conhecimento dos componentes da variância do caráter a ser melhorado. O objetivo deste trabalho foi avaliar os componentes da variância fenotípica para o caráter rendimento de grãos, no sentido de gerar informações que auxiliem o melhoramento de plantas e verificar a sensibilidade genotípica entre genótipos de feijão do grupo preto. Para tanto, foi avaliado o caráter rendimento de grãos de doze genótipos de feijão em dez ambientes do Estado de Santa Catarina por meio do método REML/BLUP. A decomposição dos componentes da variância fenotípica permitiu ampliar as inferências sobre os resultados obtidos para o caráter rendimento de grãos além daquelas tradicionalmente utilizadas na avaliação de linhagens. O genótipo BRS Campeiro foi o que apresentou maior média de rendimento de grãos e ainda o que obteve o maior valor predito podendo ser indicado para todos ambientes avaliados. Nos ambientes 1 (2004/Canoinhas), 2 (2005/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) o valor de rendimento de grãos em todos os genótipos avaliados foi acima da média geral. Os genótipos CHP 9858, CHP 9859, CHP 9954 e CHP 9965 revelaram uma adaptabilidade específica ao ambiente 6 (2005/Ituporanga).

**Palavras-chaves:** *Phaseolus vulgaris* L., variância fenotípica, interação GxE, REML/BLUP.

Grain yield in black beans: environment is the component that more interferes in the phenotypic value

## ABSTRACT

The main objective of the breeding programs is to obtain genotypes with high productive potential. Therefore, it is important to know the variance components of the character to be improved. The purpose of this study was to evaluate the components of the phenotypic variance for the character grain yield and verify the genetic sensibility among genotypes of the black beans' group to help breeding programs to take decisions. To achieve the objective, the character grain yield was evaluated in twelve genotypes of beans in ten environments of the Santa Catarina Estate through the REML / BLUP method. With the phenotypic variance components decomposition it was possible to provide additional information than traditionally utilized in line evaluations for grain yield character. The genotype BRS Campeiro presented the highest average grain yield and the highest predicted value, which may be suitable for all evaluated environments. In the environments 1 (2004/Canoinhas), 2 (2005/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) higher grain yield has been obtained above general mean in all evaluated genotypes. The genotypes CHP 9858, CHP 9859, CHP 9954 and CHP 9965 presented specific adaptability to environment 6 (2005/Ituporanga).

**Keywords:** *Phaseolus vulgaris* L., phenotypic variance, interaction GxE, REML / BLUP.

## INTRODUÇÃO

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é amplamente cultivado mundialmente, sendo a espécie mais cultivada no mundo entre as do gênero *Phaseolus*, tendo o Brasil como o maior produtor e ao mesmo tempo o maior consumidor (BERTOLDO et al., 2008). Os programas de melhoramento de feijão no Brasil em geral têm focado, principalmente, o caráter rendimento de grãos, objetivando um aumento significativo na produção sem incrementar a área plantada.

De modo geral, o principal objetivo dos programas de melhoramento é a obtenção de genótipos com maior potencial produtivo e com características agrônômicas desejáveis e insensíveis às variações

de ambiente, a que se denominam superiores. Os objetivos principais do melhoramento de plantas são a melhoria na produção, nas qualidades nutricionais e em outras características de valor comercial (MOOSE e MUMM, 2008). Assim sendo, o resultado mais importante do melhoramento de plantas é a criação de um genótipo melhorado, de modo que a seleção visa acumular alelos favoráveis para a característica de interesse (COIMBRA et al., 2008a). Porém, umas das dificuldades do melhorista, no que se refere à seleção de uma determinada planta, é o efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente (GxE) na constituição fenotípica de um caráter. A natureza complexa da interação genótipo x ambiente (GxE) diminui o sucesso com a seleção, pois reduz a correlação entre o fenótipo e o genótipo (COIMBRA et al., 1999; CARMO et al., 2007).

Devido a presença da interação GxE, genótipos com adaptabilidade específica a determinados ambientes poderiam ser recomendados, no sentido de minimizar o efeito da interação GxE. Entretanto, tal procedimento poderia representar um custo muito elevado ao agricultor, o que poderia tornar sua execução impraticável (PEREIRA et al., 2008), pois o custo para obtenção de cultivares específicas nas empresas privadas seria maior, o que certamente seria repassado aos agricultores no produto final. Porém, a identificação de cultivares, com maior estabilidade fenotípica, tem sido uma alternativa muito utilizada para atenuar os efeitos da interação genótipos com ambientes e tornar o processo de indicação de cultivares mais seguro (RIBEIRO et al., 2008).

Nesse sentido, o conhecimento do comportamento de um genótipo frente aos ambientes ao qual está sujeito é fundamental para que o melhorista possa selecionar aqueles menos sensíveis ou insensíveis às variações de ambiente. Em outras palavras, o melhorista busca genótipos com maior valor genotípico em relação aos valores de ambiente e da interação GxE ou aqueles que agreguem todos os componentes fenotípicos positivos. Para verificar isso, ensaios com genótipos, em mais de um ano e locais são utilizados. Sendo que, a estabilidade na produtividade é um dos aspectos mais relevante em muitas análises em vários ambientes (PIEPHO, 1999).

Nessa situação, os fatores experimentais (local e ano, por exemplo) devem ser considerados aleatórios, uma vez que os tratamentos são obtidos por amostragem. Efeitos aleatórios são aqueles representativos de uma amostra oriunda de uma determinada população (BARBIN, 1995). Nesse caso, o componente da variância é a variância

associada aos efeitos aleatórios do modelo (COIMBRA et al., 2005). Ao se considerar os fatores como aleatórios, a estimativa dos componentes da variância é o objetivo maior (BUENO FILHO e VENCOVSKY, 2000). De acordo com Piepho e Möhring (2006), em situações onde há heterogeneidade nas variâncias (devido a perdas de dados, por exemplo), a estimativa adequada dos componentes da variância é necessária na estimação dos efeitos dos genótipos, e nesses casos, quando os efeitos dos genótipos são considerados como aleatórios, o método mais eficaz é o do melhor preditor linear não viesado (BLUP).

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a magnitude dos componentes da variância fenotípica para o caráter rendimento de grãos e verificar a sensibilidade genotípica de doze genótipos de feijão do grupo preto cultivados em dez ambientes no Estado de Santa Catarina, no sentido de viabilizar informações para o melhoramento de plantas.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foram utilizados dados coletados do Ensaio Estadual de Linhagens e Cultivares de Feijão e do Ensaio de Valor de Cultivo e Uso (VCU), realizados em rede e coordenados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) - Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar de Chapecó, para o caráter rendimento de grãos. Os Ensaio foram conduzidos nas safras agrícolas de 2004/05 e 2005/06 nos municípios de Chapecó, Canoinhas, Ituporanga, Lages e Ponte Serrada. A associação ano – local foi considerada um ambiente específico. Do mesmo modo, dentre os diferentes genótipos de feijão cultivados no referido ensaio doze foram utilizados nesse trabalho: seis linhagens (CHP 9701, CHP 9704, CHP 9858, CHP 9859, CHP 9954 e CHP 9965) e seis cultivares comerciais (IPR Uirapuru, FT Soberano, IPR Graúna, IPR Chopim, BRS Campeiro e Diamante Negro) todos do grupo preto.

O delineamento experimental em todos os ensaios foi o de blocos ao acaso com quatro repetições por tratamento. O espaçamento entre linhas foi de 0,50 metros e a densidade de semeadura de 15 sementes viáveis por metro linear (250.000 plantas por hectare). Para que a cultura não sofresse competição, foi efetuado o controle químico de pragas e plantas invasoras e capina manual conforme a necessidade, ou seja, no momento do início do aparecimento de plantas invasoras. A adubação de base e de cobertura foi realizada de acordo com a análise de solo.

O modelo estatístico utilizado foi:

$$y_{ijkl} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + b_l + \varepsilon_{ijkl}$$

Onde:  $\mu$ : média;  $g_i$ : efeito aleatório do genótipo;  $a_j$ : efeito aleatório do ambiente;  $ga_{ij}$ : efeito aleatório da interação genótipo x ambiente;  $b_l$ : efeito do bloco;  $\varepsilon_{ijkl}$ : erro;

A estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo, onde foram utilizadas as informações dos componentes da variância, foi conforme proposto por Littell et al. (2006):

$$\sigma_f^2 = \sigma_g^2 + \sigma_a^2 / GL_g + \sigma_{ga}^2 / GL_a + \sigma_e^2 / GL_{ga}$$

Onde:  $\sigma_g^2$ : variância genotípica;  $\sigma_a^2$ : variância de ambiente;  $GL_g$ : graus de liberdade do genótipo;  $\sigma_{ga}^2$ : variância da interação;  $GL_a$ : graus de liberdade do ambiente;  $\sigma_e^2$ : variância do resíduo e;  $GL_{ga}$ : graus da liberdade da interação.

$$h^2 = \sigma_g^2 / \sigma_f^2$$

Onde:  $\sigma_g^2$ : variância genética e;  $\sigma_f^2$ : variância fenotípica.

O procedimento utilizado para a predição de valores genéticos foi o BLUP (melhor predição linear não viesada), utilizando estimativas de componentes de variância dos fatores aleatórios obtidas pelo método da máxima verossimilhança restrita (REML), a partir do comando PROC MIXED para experimentos sob delineamento em blocos ao acaso (LITTELL, et al., 2006). A significância (sensibilidade) dos genótipos aos ambientes foi verificada através do espaço de inferência pelo comando ESTIMATE, proposto por McLean et al. (1991).

Em todos os procedimentos foi utilizado o pacote estatístico SAS® 9.1.3 (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram que na constituição fenotípica do caráter rendimento de grãos (Tabela 1), a maior contribuição pode ser associada com o ambiente ( $\sigma_e^2 = 728,368$ ). Por outro lado, a estimativa da variância genotípica foi baixa ( $\sigma_g^2 = 30,175$ ). Do mesmo modo, na estimativa da variância da interação GxE, pode ser observado valores baixos ( $\sigma_{ge}^2 = 28,756$ ). De outro ponto de vista, na variância fenotípica do caráter em estudo, 76,05% pode ser atribuído ao efeito da variância de ambiente, 3% da variância da interação GxE e 3,15% da variância genotípica. Os resultados estão de acordo com os obtidos por Coimbra et al. (2008b), onde a grande variação entre as médias marginais de 24 genótipos do grupo preto avaliados foi atribuída à variância do ambiente sendo a estimativa da contribuição genotípica de menor magnitude.

É importante salientar que, para o melhoramento de plantas, o conhecimento da contribuição de cada um dos componentes da variância representa grande importância, de modo que, na seleção de fenótipos superiores, as estimativas da contribuição dos genótipos (G), ambientes (E) e interação GxE são de grande valia, uma vez que existe dependência do fenótipo (F) com estes valores ( $F=G+E+GxE$ ). O fenótipo é o resultado das respostas de genótipos específicos para efeitos de ambiente específicos (BURGUENO et al., 2008). Ainda, foi verificada uma ampla contribuição dos ambientes na variância fenotípica (Tabela 1), sendo que os valores preditos para ambientes variaram de 1102,68 no ambiente 2 (2005/Canoinhas) e -1002,85 no ambiente 8 (2006/Lages).

O valor encontrado na estimativa do coeficiente de herdabilidade no sentido amplo ( $h^2$ ) foi baixo, sendo estimado em 0,15 (Tabela 1). Os resultados estão de acordo com os encontrados por Gonçalves-Vidigal et al. (2008) e Coimbra et al. (2008b), que observaram coeficientes de herdabilidade igualmente baixos para o caráter rendimento de grãos em feijão de 0,23 e 0,21, respectivamente. A maior parte dos caracteres de importância econômica e agrônômica estudados em espécies vegetais é de natureza quantitativa (ALLARD, 1999), fato que explica os baixos valores para a herdabilidade destas características. De acordo com Falconer e Mackay (1996) o caráter rendimento de grãos é governado por vários genes de pequeno efeito sobre o fenótipo, classificando este caráter como quantitativo. Embora o rendimento de grãos ser o caráter agrônômico de maior importância para o melhoramento, apresenta como característica marcante baixos valores

de herdabilidade (GONÇALVEZ-VIDIGAL et al., 2008), o que se confirmou também no presente trabalho.

**Tabela 1.** Estimativas dos componentes da variância dos genótipos, ambientes, interações genótipo x ambiente, considerados como efeitos aleatórios, pelo método de máxima verossimilhança restrita (REML), estimativa da herdabilidade e predição da contribuição de ambiente para a variância fenotípica através do BLUP em 10 ambientes avaliados no Estado de Santa Catarina para o caráter rendimento de grãos em feijão do grupo comercial preto, obtidos no ensaio de VCU. Lages/SC, 2008.

| Fatores Aleatórios                      | Estimativas |               |          |
|---|-------------|---------------|----------|
|   | Rendimento  |               | %        |
| Genótipo ( $\sigma^2_g$ )               | 30,175      |               | 3,15     |
| Ambiente ( $\sigma^2_a$ )               | 728,368     |               | 76,05    |
| Genótipo x Ambiente ( $\sigma^2_{ga}$ ) | 28,756      |               | 3,00     |
| Resíduo                                 | 170,475     |               | 17,80    |
| Total                                   | 957,77      |               | 100      |
| Ambientes                               | Ano         | Local         | Predição |
| 1                                       | 2004        | Canoinhas     | 676,66   |
| 2                                       | 2005        | Canoinhas     | 1102,68  |
| 3                                       | 2004        | Chapecó       | -781,03  |
| 4                                       | 2005        | Chapecó       | 9,16     |
| 5                                       | 2004        | Ituporanga    | -547,73  |
| 6                                       | 2005        | Ituporanga    | -672,67  |
| 7                                       | 2004        | Lages         | -442,35  |
| 8                                       | 2005        | Lages         | -1002,85 |
| 9                                       | 2004        | Ponte Serrada | 1001,58  |
| 10                                      | 2005        | Ponte Serrada | 656,55   |
| Herdabilidade ( $h^2$ )                 |             | 0,15          |          |

No presente trabalho foi possível verificar a contribuição de cada um dos componentes da variância para o valor final da variância fenotípica para o caráter rendimento de grãos (Figura 1). Por exemplo, a linhagem CHP 9701 apresentou uma média final de 3.117 kg.ha<sup>-1</sup>. Para este valor é necessário considerar o valor do genótipo em cada ambiente, sendo que no ambiente 1 (2004/Canoinhas) foi de -1,09, que é o efeito do genótipo em si, 676,66 foi o efeito de ambiente 1

(2004/Canoinhas) e 154,50 o efeito da interação GxE, levando a predição de 830,07 para o referido genótipo. Adicionando este valor predito à média geral de 3.140 kg ha<sup>-1</sup> obtêm-se o valor de 3.970 kg ha<sup>-1</sup>, que é a função predita para o genótipo nas circunstâncias supracitadas. Considerando que  $F = G + E + GxE$ , temos:  $F = (-1,09) + (676,66) + (154,20) = 830,07 + 3.140 = 3.970$  kg ha<sup>-1</sup>.

Assim, para o mesmo genótipo, porém no ambiente 3 (2004/Chapecó), a predição foi de -620,91. Quando este valor é adicionado à média geral resulta no valor de 2.519 kg ha<sup>-1</sup>. A partir da média dos valores encontrados para o valor fenotípico ( $\mu+p$ ), em todos os ambientes, foi possível obter o valor final do fenótipo, nesse caso: 3.117 kg ha<sup>-1</sup>. A partir da média de todos os valores fenotípicos, pode ser obtida a média geral [(3117.43 + 3111.36 + 3202.58 + 3121.51 + 3234.38 + 3194.29 + 3257.68 + 3124.89 + 2912.96 + 3146.51 + 3038.42 + 3218.01)/12 = 3.140 kg ha<sup>-1</sup>].

A compreensão limitada das consequências dos efeitos de adaptabilidade e de estabilidade fenotípica pelos pesquisadores, dificulta sua aplicação como critério de recomendação regionalizada de cultivares superiores (COIMBRA et al., 2008b). Por isso é importante o avanço no conhecimento dos componentes da variância fenotípica para um determinado caráter. Tal entendimento pode contribuir para os programas de melhoramento, podendo, por exemplo, responder algumas questões altamente pertinentes tais como: *i*) quais genótipos são promissores; *ii*) qual o efeito do ambiente e da interação; *iii*) quais genótipos são menos insensíveis às variações de ambiente; *iv*) qual a intensidade de seleção a ser praticada e; *v*) qual o ganho esperado por seleção.

Os resultados apresentados nesse trabalho revelaram a importância do efeito dos componentes da variância ( $\sigma^2_g$ ,  $\sigma^2_e$  e  $\sigma^2_{ge}$ ) na constituição fenotípica do caráter rendimento de grãos, sendo o efeito de ambiente a principal causa nas mudanças no fenótipo (Figura 1). Para todos os ambientes avaliados, houve diferenças significativas entre os genótipos, ou seja, os genótipos responderam de modo diferenciado frente aos ambientes, conforme obtido pela análise do espaço de inferência amplo proposta por McLean et al. (1991).

O modelo utilizado nessa análise permitiu verificar a contribuição da variância genotípica, de ambiente e da interação GxE (Figuras 1 e 2, coluna 1) na constituição fenotípica do caráter rendimento de grãos (Figuras 1 e 2, coluna 2). Conforme ilustrado anteriormente, pode ser estimada a contribuição de todos os

componentes da variância para o fenótipo de cada genótipo. Por exemplo, a média observada do genótipo BRS Campeiro (Figura 2g) cultivado no ambiente 1 (2004/Canoinhas) foi de  $3.873 \text{ kg ha}^{-1}$ , sendo  $F = 5,70 + 676,66 + 50,75 = 733,11 + 3.140 = 3.873 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Deste modo, é possível verificar qual o componente da variância fenotípica está apontando uma maior contribuição, seja o efeito genotípico, de ambiente ou da interação GxE. Assim, em todos os genótipos avaliados, a contribuição do ambiente foi superior ao efeito genotípico e da interação GxE, exceto para os genótipos CHP 9858 (1c), CHP 9959 (1d), CHP 9965 (1f) e BRS Soberano (2k), todos no ambiente 6 (2005/Ituporanga), onde o efeito da interação foi superior aos demais (Figura 1 e 2, coluna 1). Porém, de modo geral, o aumento ou a redução no rendimento de grãos em todos os genótipos oscilou praticamente em função do efeito de ambiente. Outra revelação relevante desta análise foi que quando a contribuição da interação GxE foi positiva, os valores de rendimento de grãos aumentaram, mesmo diante das contribuições negativas da interação GxE. Por exemplo, para o genótipo IPR Graúna (2j) nos ambientes 3 (2004/Chapecó), 5 (2004/Ituporanga), 7 (2004/Lages) e 8 (2005/Lages) (Figura 2j, coluna 1), a contribuição da interação GxE foi positiva, enquanto que a contribuição do ambiente foi negativa. Mesmo havendo uma contribuição positiva da interação GxE, o efeito de ambiente reduziu a média final (Figura 2j, coluna 2). Entretanto, é relevante destacar que, quando o efeito do ambiente e da interação GxE foram contrários, porém similares (ambiente 7 - 2004/Lages), o valor do rendimento de grãos ( $3.074 \text{ kg ha}^{-1}$ ) foi próximo ao da média geral ( $3.140 \text{ kg ha}^{-1}$ ), ou seja, quando os valores do ambiente e da interação GxE se equivalerem (serem muito próximos ou se anularem), o valor fenotípico observado é próximo a média geral (superior ou igual). Tal comportamento pode ser observado nos genótipos BRS Campeiro no ambiente 5 (1g), IPR Graúna no ambiente 7 (2004/Lages) (2j), em praticamente em todos os genótipos no ambiente 4 (2005/Chapecó) e nos genótipos CHP 9858 (1c), CHP 9859 (1d), CHP 9954 (1e) e CHP 9965 (1f) no ambiente 6 (2005/Ituporanga). Analisando o genótipo IPR Graúna no ambiente 2 (2005/Canoinhas), houve uma contribuição positiva tanto do ambiente quanto da interação GxE, elevando a média do genótipo acima da média geral, consideravelmente. Por outro lado, observando o mesmo genótipo nos ambientes 1 (2004/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) pode ser verificado que quando a interação GxE foi negativa, embora o efeito de ambiente tenha sido positivo, houve

uma redução na média do genótipo. Deste modo, ao se comparar o mesmo genótipo nos ambientes 1 (2004/Canoinhas) e 2 (2005/Canoinhas), por exemplo, apesar de ambos serem superiores a média geral (coluna 2), como prevalece o efeito de ambiente, a média deste genótipo no ambiente 2 (2005/Canoinhas) é superior do que no ambiente 1 (2004/Canoinhas). Ainda, quando a contribuição do ambiente e da interação GxE foram ambas negativas (ambiente 6 – 2005/Ituporanga), houve uma redução significativa na média final.

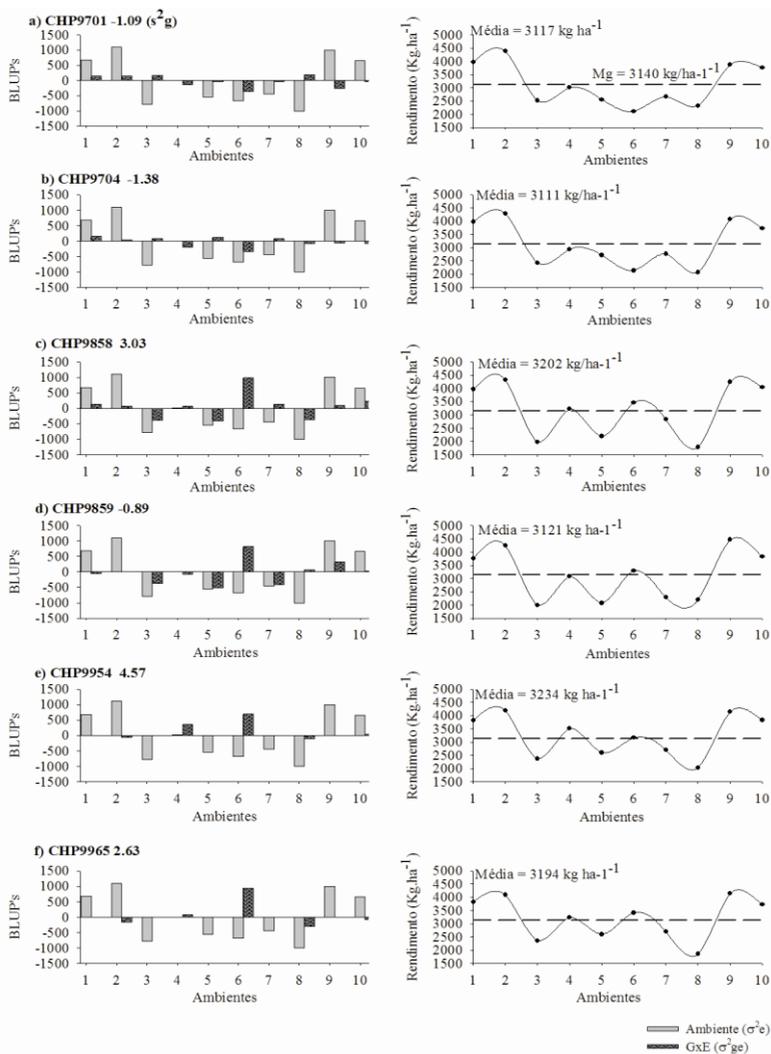
Ainda, pode ser constatada uma baixa contribuição das variâncias genotípicas ( $\sigma^2_g$ ) (Figuras 1 e 2, coluna 1). Assim sendo, foi possível realizar um ranking do efeito das variâncias genotípicas, onde o genótipo com maior valor predito foi o BRS Campeiro (5,70), seguido pelos genótipos CHP 9954 (4,57), IPR Uirapuru (3,78), CHP 9858 (3,03), CHP99 65 (2,63), IPR Graúna (0,31), todos com contribuição positiva. Por outro lado os genótipos IPR Chopim (-0,73), CHP 9859 (-0,89), CHP 9701 (-1,09), CHP 9704 (-1,38), FT Soberano (-4,92) e Diamante Negro (-11,00) apresentaram valores negativos.

Tais resultados evidenciam que a influência da interação GxE deve ser levada em consideração em programas de melhoramento, tendo como objetivo alcançar maiores valores de rendimento. Nesse caso, o desejável seria encontrar genótipos que aliam todos os valores de variância (genotípica, de ambiente e de interação) positivos. Assim sendo, pode ser verificado que os genótipos CHP 9701 e CHP 9704 nos ambientes 1 (2004/Canoinhas) e 2 (2005/Canoinhas) (Figuras 1a e 1b, respectivamente) CHP 9858 nos ambientes 1 (2004/Canoinhas), 2 (2005/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) (Figura 1c), CHP 9954 nos ambientes 1 (2004/Canoinhas) e 10 (2005/Ponte Serrada) (Figura 1e), CHP 9965 no ambiente 1 (2004/Canoinhas) e 9 (2004/Ponte Serrada) (Figura 1f), BRS Campeiro nos ambientes 1 (2004/Canoinhas), 2 (2005/Canoinhas) e 9 (2004/Ponte Serrada) (Figura 2g), IPR Chopim nos ambientes 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) (Figura 2h), Diamante Negro no ambiente 10 (2005/Ponte Serrada) (Figura 2i), IPR Graúna nos ambientes 2 (2005/Canoinhas) e 4 (2005/Chapecó) (Figura 2j), BRS Soberano no ambiente 10 (2005/Ponte Serrada) (Figura 2k) e IPR Uirapuru nos ambientes 2 (2005/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) (Figura 2l), aliam somente componentes com valores positivos.

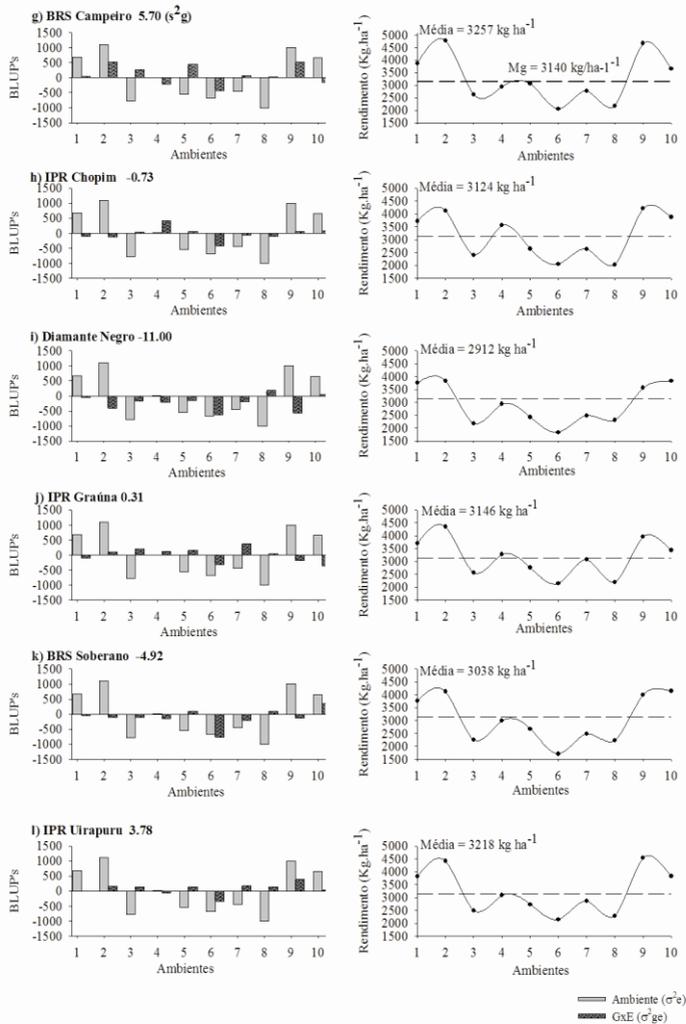
Apesar da pequena participação do componente genotípico no valor final do componente fenotípico, a contribuição individual

influenciou a média final, ou seja, os genótipos que obtiveram maiores valores preditos foram os que revelaram maiores médias de rendimento. Ou seja, o genótipo BRS Campeiro apresentou uma média de 3.257 kg ha<sup>-1</sup> que em parte se deve ao efeito individual do genótipo, nesse caso positivo (5,70). Entretanto, o genótipo Diamante Negro apresentou uma média de 2.912 kg ha<sup>-1</sup>, ou seja, a menor média de todos os genótipos, uma vez que seu valor predito foi negativo (-11,00), o que pode ter influenciado o valor final de rendimento de grãos final. Entre os genótipos avaliados a partir da decomposição dos componentes da variância fenotípica, o BRS Campeiro foi o que apresentou maior média de rendimento de grãos (3.257 kg ha<sup>-1</sup>) e ainda o maior valor predito (5,70). Além disso, o genótipo poderia ser recomendado para a maior parte dos ambientes avaliados, exceto para os ambientes 3 (2004/Chapecó), 6 (2005/Ituporanga), 7 (2004/Lages), e 8 (2005/Lages) (Figura 2g), uma vez que, revelou valores abaixo da média geral. Por meio da Figura 1, pode ser observado que os genótipos CHP 9858, CHP 9859, CHP 9954 e CHP 9965 foram os únicos que revelaram valores iguais ou cima da média para rendimento de grãos no ambiente 6 (2005/Ituporanga). Tal fato pode estar revelando uma adaptabilidade a ambientes específicos, podendo ser recomendados para os ambientes descritos acima.

Outra informação extremamente útil em termos de melhoramento genético vegetal é distinguir em quais ambientes o melhorista pode conduzir e avaliar suas populações segregantes sem que haja uma interferência forte em termos de fenótipo ocasionada pelo efeito não-genético, ou seja, de ambiente (COIMBRA et al., 2008b). Assim sendo, os ambientes 1 (2004/Canoinhas), 2 (2005/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) propiciaram um valor de rendimento de grãos acima da média geral em todos os genótipos avaliados. Isto significa que antes da recomendação de uma nova cultivar para Santa Catarina, seriam necessários pelo menos testes em dois anos e em quatro locais.



**Figura 1.** Valores preditos da decomposição dos componentes da variância fenotípica ((variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ), de ambiente ( $\sigma^2_e$ ) e da interação GxE ( $\sigma^2_{ge}$ )) que constituem o valor fenotípico rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em seis genótipos de feijão preto, quando cultivados em 10 ambientes, preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).



**Figura 2.** Valores preditos da decomposição dos componentes da variância fenotípica ((variância genotípica ( $\sigma^2_g$ ), de ambiente ( $\sigma^2_e$ ) e da interação GxE ( $\sigma^2_{ge}$ )) que constituem o valor fenotípico rendimento de grãos ( $\text{kg ha}^{-1}$ ) em seis genótipos de feijão preto, quando cultivados em 10 ambientes, preditos pelo método do melhor preditor linear não viesado (BLUP).

O fato de que o efeito de ambiente foi dramaticamente superior ao efeito genotípico também indica que há oportunidade para o melhoramento genético. Assim, novas associações alélicas poderiam ser desenvolvidas e testadas nestes locais, visando aumentar a produtividade por área, mas agora com base num genótipo superior.

Os métodos clássicos no melhoramento de plantas são fundamentados no fato de que o fenótipo é o resultado da ação conjunta e independente do genótipo e do ambiente, expressa em termos de suas variâncias associadas aos efeitos dos fatores aleatórios (COIMBRA et al., 2008a). De modo que, o entendimento dos fatores que constituem o fenótipo pode ser de fundamental importância para os programas de melhoramento, possibilitando ao melhorista/pesquisador selecionar indivíduos em função dos maiores valores genéticos preditos, ou seja, os indivíduos que apresentarem maiores variâncias genéticas. A quantificação da variabilidade genética é importante em programas de melhoramento porque revela a estrutura genética da população (CELOIN et al., 2007). Chiorato et al. (2008) avaliando genótipos de feijão concluíram que dentre 18 genótipos avaliados, nove apresentaram valores genotípicos preditos superiores à média geral. Deste modo, com base na variância genotípica, podem ser selecionados aqueles com o ideótipo de planta desejado, ou ainda, aqueles onde há existência de interação GxE, nesse caso, recomendados para ambientes específicos.

## CONCLUSÕES

A decomposição dos componentes da variância fenotípica permitiu ampliar as inferências dos resultados obtidos para o caráter rendimento de grãos. Entre os componentes da variância, para o caráter rendimento de grãos, o efeito do ambiente foi o de maior magnitude. O genótipo BRS Campeiro foi o que apresentou maior média de rendimento de grãos e o maior valor predito podendo ser indicado para a maior parte dos ambientes avaliados. Os ambientes 1 (2004/Canoinhas), 2 (2005/Canoinhas), 9 (2004/Ponte Serrada) e 10 (2005/Ponte Serrada) propiciaram um valor de rendimento de grãos acima da média geral em todos os genótipos avaliados. Os genótipos CHP 9858, CHP 9859, CHP 9954 e CHP 9965 revelaram uma adaptabilidade específica ao ambiente 6 (2005/Ituporanga).

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à UFSC, UDESC, CAPES, CNPq e FAPESC, pela concessão de bolsa e apoio financeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R.W. **Principles of plant breeding**. Wiley, New York, 1999. 257p.

BARBIN, D. **Componentes de variância – Teoria e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: FEALQ, 120p. 1995.

BUENO FILHO J.S.S.; VENCOVSKY, R. Alternativas de análise de ensaios em látice no melhoramento vegetal. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.259-269, 2000.

BERTOLDO, J.G. et al. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biotemas**, v.21, p.39-44, 2008.

BURGUEÑO, J. et al. Using factor analytic models for joining environments and genotypes without crossover genotype x environment interaction. **Crop Science**, v.48, p.1291-1305, 2008.

CARMO, S.L.M. et al. Avaliação do *stay green* em famílias segregantes de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) **Ciência e Agrotecnologia**, v.31, p.953-957, 2007.

CEOLIN, A.C.G. et al. Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analysis. **Hereditas**, v.144, p.1-9, 2007.

CHIORATO, A.F. et al. Prediction of genotypic values and estimation of genetic parameters in common bean. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v.51, p.465-472, 2008.

COIMBRA, J.L.M. et al. Reflexos da interação genótipo x ambiente e suas implicações nos ganhos de seleção em genótipos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Ciência Rural**, v.29, p.433-439, 1999.

COIMBRA, J.L.M. et al. Prediction of the genetic value in populations F3 of *Avena sativa* L. using REML/BLUP. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.5, p.125-133, 2005.

COIMBRA, J.L.M. et al. Seleção para caracteres adaptativos em acessos de feijão usando REML/BLUP. **Magistra**, v.20, p.177-185, 2008a.

COIMBRA, J.L.M. et al. Mineração da interação genótipo x ambiente em *Phaseolus vulgaris* L. para o Estado de Santa Catarina. **Ciência Rural**, v.38, versão online, 2008b.

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

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. et al. Heritability of quantitative traits in segregating common bean families using a Bayesian approach. **Euphytica**, versão online, 2008.

LITTELL, R.C. et al. **SAS System for Mixed Models**. Cary: Statistical Analysis System Institute, 2006. 633 p.

McLEAN, R.A. et al. A unified approach to mixed linear models. **American Statistician**, v.45, p.54-64. 1991.

MOOSE, S.P.; MUMM, R.H. Molecular Plant Breeding as the Foundation for 21<sup>st</sup> Century Crop Improvement. **Plant Physiology**, v.147, p.969–977, 2008.

PEREIRA, D.V. et al. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de soja avaliados para resistência ao oídio. **Ciência Rural**, v.38, p.1836-1842, 2008.

PIEPHO, H.P. Stability Analysis Using the SAS System. **Agronomy Journal**, v.91, p.154–160, 1999.

PIEPHO, H.P.; MÖHRING, J. Selection in Cultivar Trials—Is It Ignorable? **Crop Science**, v.46, p.192–201, 2006.

RIBEIRO, N.D. et al. Adaptação e estabilidade de produção de cultivares e linhagens-elite de feijão no Estado do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v.38, versão online. 2008.

Sas Institute Inc. (2007). **SAS 9.1.3 (TS1M3) for Windows Microsoft**. Cary, NC, SAS Institute Inc.

## 7. CAPÍTULO 2

### **Estratificação ambiental do estado de Santa Catarina em macro-ambientes para o cultivo do feijão**

#### **RESUMO**

O Estado de Santa Catarina apresenta uma diversidade de condições ambientais nas quais o feijão é cultivado, sendo considerável a heterogeneidade de ambientes. Este trabalho teve como objetivo sugerir uma divisão do Estado de Santa Catarina em macro-ambientes para experimentação e produção de feijão. Foram avaliados dados dos caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta de dez genótipos de feijão carioca cultivados em nove ambientes. Os dados foram submetidos ao Teste SNK, no intuito de verificar a existência de diferenças entre os ambientes, e ao método do BLUP, para a predição dos valores de ambiente. Os resultados evidenciaram: (a) divergências entre as regiões de Santa Catarina para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta, que apresentaram uma correlação positiva e significativa de 0,26; (b) Que é possível dividir o Estado, a partir dos genótipos e ambientes estudados, em dois macro-ambientes (MA1 e MA2) e quatro micro-ambientes (MI1, MI2, MI3 e MI4). O Estado de Santa Catarina pode ser generalizado em no mínimo dois macro-ambientes para a recomendação de novos cultivares.

**Palavras-chave:** *Phaseolus vulgaris* L., subdivisão, efeito de ambiente.

## Environmental macro-environment subdivision of Santa Catarina State to common-bean cultivation

### ABSTRACT

The state of Santa Catarina has a diversity of environmental conditions where common bean is cultivated, and also shows a considerable heterogeneity of environments. This study aimed to suggest a division of the Santa Catarina State in macro-environments either to carry out experiments or for commercial production. Data were evaluated for grain yield and plant cycle characters in ten genotypes of common bean grown through nine environments. The data were submitted to the SNK test, in order to verify the differences between the environments, and the method of BLUP, to predict the values of environment. The results showed: (a) differences between the regions of Santa Catarina for the characters grain yield and cycle plant, that had a positive and significant correlation of 0,26, and (b) that it is possible to divide the State, for the genotypes and environments studied, in two macro-environments (MA1 and MA2), and four micro-environments (MI1, MI2, MI3 e MI4). The generalization of Santa Catarina State in two macro- environments to recommendation of new cultivars it is also possible.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris* L., subdivision, environments.

### INTRODUÇÃO

O feijão é uma espécie de cultivo amplo, bastante difundido no Brasil, sendo cultivado em todas as épocas do ano e regiões do Brasil. Apesar de representar um papel fundamental na economia e cultura brasileiras, a produtividade do feijão em Santa Catarina ainda é baixa, mesmo diante de técnicas de melhoramento empregadas na cultura. Por outro lado, está ocorrendo uma queda no consumo e produção do feijão no país, com o passar dos anos (BERTOLDO et al., 2008). Para a safra de 2008/09 a estimativa é de que sejam produzidas 3.696 toneladas de feijão no Brasil, com uma pequena variação positiva em relação à safra anterior (CONAB, 2008).

Devido ao fato de ser utilizado por diversas categorias de agricultores, desde a agricultura familiar, com escasso ou sem nenhum uso de tecnologia, até o grande empresário agrícola, com utilização da mais moderna tecnologia de produção (MELO et al., 2007) e ser cultivado em diversas regiões do país, é crucial a obtenção de

variedades específicas para cada uma das categorias, principalmente para os agricultores, o que pode propiciar uma maior produtividade com menores custos. Para Backes et al., (2005), uma maneira de amenizar a influência da interação genótipo x ambiente seria o desenvolvimento de cultivares específicas para cada região. Ainda, a presença da interação entre determinado genótipo a um ambiente, para algumas características, como por exemplo, rendimento de grãos, pode dificultar a recomendação de uma cultivar para grandes áreas geográficas (ARAÚJO et al., 2003). Nesse sentido, além do uso de variedades comerciais estáveis e com adaptabilidade ampla, a utilização de variedades crioulas seria outra possibilidade.

O estado de Santa Catarina está dividido em oito regiões: i) Oeste; ii) Meio Oeste; iii) Planalto Norte; iv) Planalto Serrano; v) Vale do Itajaí; vi) Nordeste; vii) Litoral e; viii) Sul (GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2008). Apresenta uma diversidade de condições ambientais nas quais o feijão é cultivado, sendo considerável a heterogeneidade de ambientes. Essas diferenças são refletidas nas safras, sendo observadas diferenças no rendimento de grãos entre as regiões onde o feijão é cultivado. Por exemplo, apesar de ser amplamente difundido geograficamente, a produtividade do feijão é afetada pela temperatura do ar (SILVA et al., 2007). Deste modo, algumas variedades podem estar melhor adaptadas à certas temperaturas e, numa determinada região, produzir mais nesta que em outras regiões.

No Estado do Paraná, as companhias de sementes dividem o Estado em dois macro-ambientes, no caso específico do milho (TERASAWA et al., 2008), demonstrando que é uma prática passível de ser utilizada em outros Estados e cultivos. Tal possibilidade pode viabilizar os programas de melhoramento de feijão no Estado, utilizando as informações da interação GxE em benefício do melhorista e da produção de feijão. Para a Serra Catarinense, por exemplo, não se recomenda o cultivo de safrinha, devido à possibilidade de ocorrência de baixas temperaturas no final do ciclo de cultivo, as quais podem limitar o rendimento de grãos (BISOGNIN et al., 1997), de modo que, poderiam ser priorizadas variedades com ciclo tardio, específicas para as condições de ambiente da Serra Catarinense, se cultivadas no período preferencial de cultivo.

Assim, este trabalho teve como objetivo propor uma divisão do Estado de Santa Catarina em macro-ambientes, a partir de dez genótipos cultivados em nove locais durante as safras de 2004/05 a 2006/07.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados dados referentes às safras de 2004/05, 2005/06 e 2006/07 de feijão do grupo comercial carioca, a partir de Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU), realizados em rede e coordenados pela Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI) - Centro de Pesquisa para Agricultura Familiar de Chapecó, conduzidos em nove locais de Santa Catarina (Tabela 2). Em todos VCU's foi utilizado o delineamento experimental de blocos ao acaso com quatro repetições, sendo o espaçamento entre linhas foi de 0,50 metros e a densidade de semeadura de 15 sementes por metro linear (250.000 plantas por hectare). No sentido de evitar a competição, foi efetuado o controle químico de pragas e plantas invasoras e capina manual conforme a necessidade. A adubação de base e de cobertura foi realizada de acordo com a análise de solo e as recomendações para a cultura do feijão.

Os genótipos utilizados foram cinco linhagens –(CHC 9715, CHC 9729, CHC 9851, CHC 9861, LP 9979) e cinco variedades comerciais recomendadas para Santa Catarina (Carioca, FT Bonito, FT Magnífico, SC 202 Guará e Pérola).

O modelo estatístico utilizado no experimento foi o de modelos aleatórios, conforme proposto por Littell et al., (2006):

$$y_{ijk} = \mu + g_i + a_j + ga_{ij} + b_k + e_{ijk}$$

Onde:  $\mu$ : média;  $g_i$ : efeito aleatório do genótipo;  $a_j$ : efeito aleatório do ambiente;  $ga_{ij}$ : efeito aleatório da interação GxA;  $b_k$ : efeito do bloco;  $e_{ijk}$ : erro;

Os dados foram inicialmente submetidos a análise de variância preliminar (Teste F) e as médias ao Teste SNK, no intuito de verificar a diferença entre os ambientes para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta, a partir dos genótipos utilizados. Também foi avaliada a correlação entre os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta a partir do método de Correlação de Pearson. O uso do procedimento PROC MIXED (LITTELL et al., 2006) permitiu estimar a predição da contribuição de cada ambiente para os dez genótipos avaliados, bem como a magnitude e significância da interação de cada genótipo com cada um dos ambientes (sensibilidade). Ainda, os dados de rendimento de grãos e ciclo de planta, bem como as estimativas da contribuição do

ambiente, foram submetidos ao procedimento PROC CANDISC (KHATTREE e NAIK 1999) para elaboração e verificação da significância da matriz da distância generalizada de Mahalanobis e também ao PROC CLUSTER (STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM, 2002) para construção do dendrograma de agrupamento dos ambientes com base no grau de similaridade a partir da referida matriz de distância.

Todos os procedimentos foram realizados com o pacote estatístico SAS<sup>®</sup> 9.1.3 (2007).

**Tabela 2.** Características de nove ambientes de cultivo de feijão no Estado de Santa Catarina\*.

| Local            | Região           | Temp. média anual (°C) | Altitude (m) | Época de Cultivo |
|------------------|------------------|------------------------|--------------|------------------|
| Águas de Chapecó | Oeste            | 20                     | 291          | Safrinha         |
| Campos Novos     | Meio Oeste       | 20                     | 946          | Safrinha         |
| Canoinhas        | Planalto Norte   | 20                     | 839          | Safrinha         |
| Chapecó          | Oeste            | 20                     | 670          | Safrinha         |
| Ituporanga       | Vale do Itajaí   | 17                     | 370          | Safrinha         |
| Lages            | Planalto Serrano | 16                     | 904          | Safrinha         |
| Ponte Serrada    | Oeste            | 16                     | 1.067        | Safrinha         |
| Urussanga        | Sul              | 20                     | 49           | Safrinha         |
| Xanxerê          | Oeste            | 20                     | 800          | Safrinha         |

\*Fonte: GOVERNO DE SANTA CATARINA, 2009.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As diferenças significativas, pelo Teste SNK ao nível de 5% de probabilidade de erro, entre os valores das médias para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta dos nove ambientes avaliados corroboram para a hipótese de heterogeneidade de ambientes em Santa Catarina (Tabela 3).

Os ambientes com maior e menor média para rendimento de grãos foram Ponte Serrada (4.500 kg ha<sup>-1</sup>) e Ituporanga (1.890 kg ha<sup>-1</sup>), respectivamente. A diferença significativa entre as médias revelou ampla diversidade entre os ambientes neste estudo para o cultivo do feijão, o que pode ser verificado, por exemplo, contrastando os

ambientes de Ponte Serrada e Ituporanga, onde a diferença entre as médias de rendimento de grãos foi de  $2.610 \text{ kg ha}^{-1}$ . Ainda, é possível verificar as diferenças contrastantes entre os ambientes avaliados a partir dos escores individuais obtidos, estimados como diferenças entre as médias individuais de cada ambiente em relação à média geral (Tabela 3). Assim sendo, a partir dos escores de cada ambiente, tanto para o caráter rendimento de grãos quanto para o caráter ciclo de planta, ficou evidenciado a diferença entre os nove ambientes avaliados. Por exemplo, o maior escore obtido para o caráter rendimento de grãos foi no ambiente de Ponte Serrada (1.607), estimado pela diferença entre a média do ambiente e a média geral dos ambientes ( $4.500 - 2.893 = 1.607 \text{ kg. ha}^{-1}$ ).

Para o caráter ciclo de planta, a maior média foi observada no ambiente de Ponte Serrada (99 dias) e a menor média no ambiente de Chapecó (81), uma diferença de 18 dias no ciclo. É relevante ressaltar que, alguns genótipos apresentaram diferenças no ciclo da planta, sendo precoce em algumas regiões e tardios em outras, como é o caso do ambiente de Ponte Serrada em relação à Chapecó, fato que intensifica ainda mais a diferença entre as regiões do Estado de Santa Catarina. Do mesmo modo, o escore entre os nove ambientes, baseado nas diferenças entre as médias para os caracteres em estudo, revelou um contraste significativo entre os ambientes.

Os coeficientes de variação (14,31% e 2,04%) e determinação (0,89 e 0,96), para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta, respectivamente, revelaram boa precisão experimental. Analisando os dados, pode ser verificado que o ambiente de Ponte Serrada foi o mais produtivo, sendo o ciclo considerado intermediário-tardio (98 dias). Por outro lado, os ambientes de Águas de Chapecó e Ituporanga, com um ciclo considerado intermediário-precoce (89 e 93 dias), produziram o menor valor de rendimento de grãos. Assim, a análise de correlação entre as duas variáveis em estudo (0,26) revelou que estão positivamente correlacionadas, significando que parte da variação é comum às duas variáveis. Apesar do baixo valor de correlação verificado, isto pode estar indicando que, ambientes onde as variedades apresentem maior ciclo de planta, podem produzir mais.

Se existe uma grande divergência entre as regiões do Estado de Santa Catarina, é fundamental que a recomendação de novas variedades leve em consideração essas diferenças e que as novas variedades sejam adaptadas às condições específicas do ambiente de cultivo, objetivando o aumento no rendimento e produção de grãos. Os melhoristas

usualmente desenvolvem variedades com adaptabilidade ampla as condições de uma região; entretanto, se a região for agroecologicamente diversa, pode ser necessário estratificar essa região em sub-regiões mais homogêneas (PIEPHO e MOHRING 2006). Segundo Atlin et al. (2000), a divisão pode ser realizada tanto em pequenas regiões, explorando a adaptação local, quanto em grandes regiões, porém nestas, resultaria em perda de precisão na estimativa das médias dos genótipos devido a heterogeneidade de ambiente. Em outras palavras, o melhoramento poderia ser praticado em regiões específicas, como por exemplo, programas de melhoramento do feijão para a Serra Catarinense, pois esta região apresenta características típicas.

**Tabela 3.** Médias de nove ambientes (Águas de Chapecó – AC; Campos Novos – CN; Canoinhas – CA; Chapecó- CH; Ituporanga – IT; Lages – LA; Ponte Serrada – PS; Urussanga – UR e; Xanxerê – XA) e correlação de Pearson para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta a partir de dez genótipos de feijão do grupo carioca.

| Local          | Rendimento (kg ha <sup>-1</sup> ) |                              |                              |                 | Ciclo (dias)                  |                                  |                              |                 |
|----------------|-----------------------------------|------------------------------|------------------------------|-----------------|-------------------------------|----------------------------------|------------------------------|-----------------|
|                | <sup>1</sup> X <sub>m</sub> *     | <sup>2</sup> X <sub>ma</sub> | <sup>3</sup> X <sub>mi</sub> | <sup>4</sup> ES | <sup>1</sup> X <sub>m</sub> * | <sup>2</sup> X <sub>m</sub><br>a | <sup>3</sup> X <sub>mi</sub> | <sup>4</sup> ES |
| AC             | 2.035f                            | 2.320                        | 1.789                        | -858            | 89e                           | 92                               | 69                           | -2.04           |
| CN             | 2.553d                            | 3.151                        | 2.281                        | -340            | 94c                           | 93                               | 92                           | 2.27            |
| CA             | 3.961b                            | 4.141                        | 3.752                        | 1.068           | 91d                           | 91                               | 89                           | -0.45           |
| CH             | 2.538d                            | 2.924                        | 2.168                        | -355            | 81g                           | 82                               | 80                           | -9.80           |
| IT             | 1.890f                            | 2.120                        | 1.304                        | -1.003          | 94c                           | 96                               | 89                           | 2.24            |
| LA             | 2.383e                            | 2.688                        | 2.147                        | -510            | 99a                           | 99                               | 97                           | 7.23            |
| PS             | 4.500a                            | 4.707                        | 4.269                        | 1.607           | 99a                           | 99                               | 97                           | 7.28            |
| UR             | 2.299e                            | 2.539                        | 2.139                        | -594            | 82f                           | 96                               | 89                           | -8.93           |
| XA             | 3.757c                            | 3.911                        | 3.512                        | 864             | 96b                           | 98                               | 92                           | 4.55            |
| Média Geral    | 2.893                             |                              |                              |                 | 91                            |                                  |                              |                 |
| C.V. (%)       |                                   | 14.31                        |                              |                 |                               | 2.0                              |                              |                 |
| R <sup>2</sup> |                                   | 0.8                          |                              |                 |                               | 0.9                              |                              |                 |
| Correlação     |                                   |                              |                              | 0,26**          |                               |                                  |                              |                 |

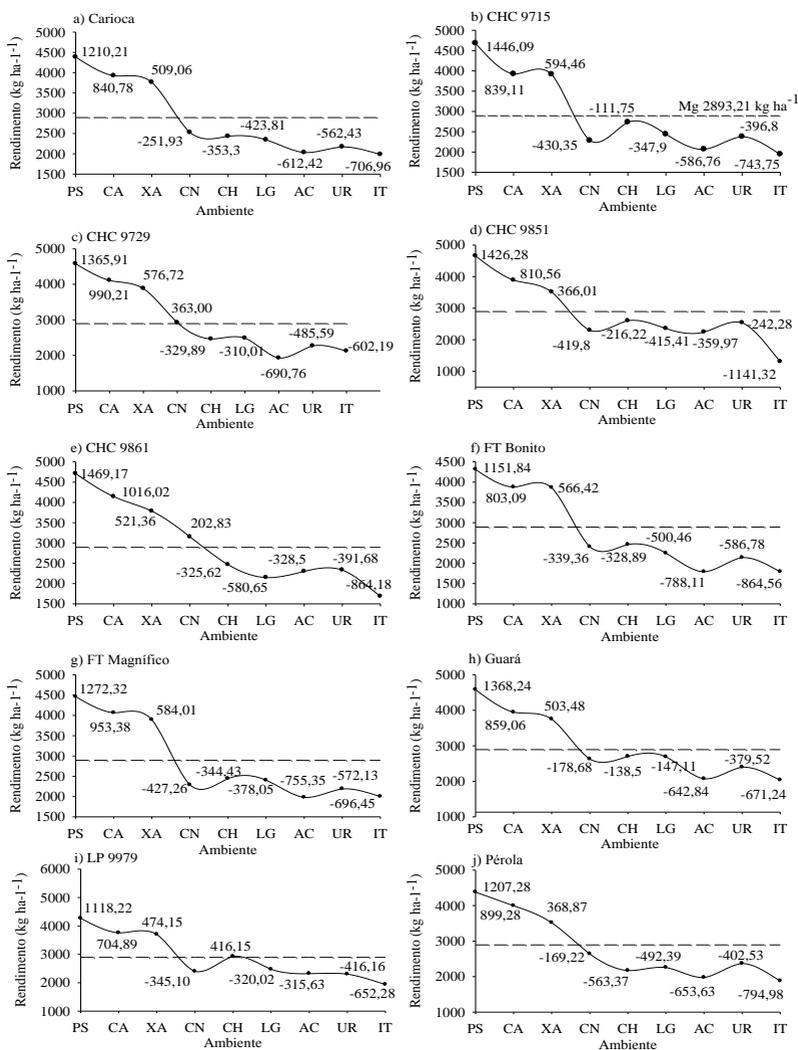
<sup>1</sup>X<sub>m</sub> média geral; <sup>2</sup>X<sub>ma</sub> valor máximo; <sup>3</sup>X<sub>mi</sub> valor mínimo; <sup>4</sup>ES escore com base nas diferenças entre as médias individuais de ambientes e média geral. \*Letras iguais não diferem pelo teste SNK a 5% de probabilidade de erro; \*\*significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

No sentido de avaliar a contribuição dos nove ambientes para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta, foram preditos os valores de ambiente pelo melhor preditor linear não viesado (BLUP) (Figura 3), para posteriormente servir de base para o agrupamento de ambientes.

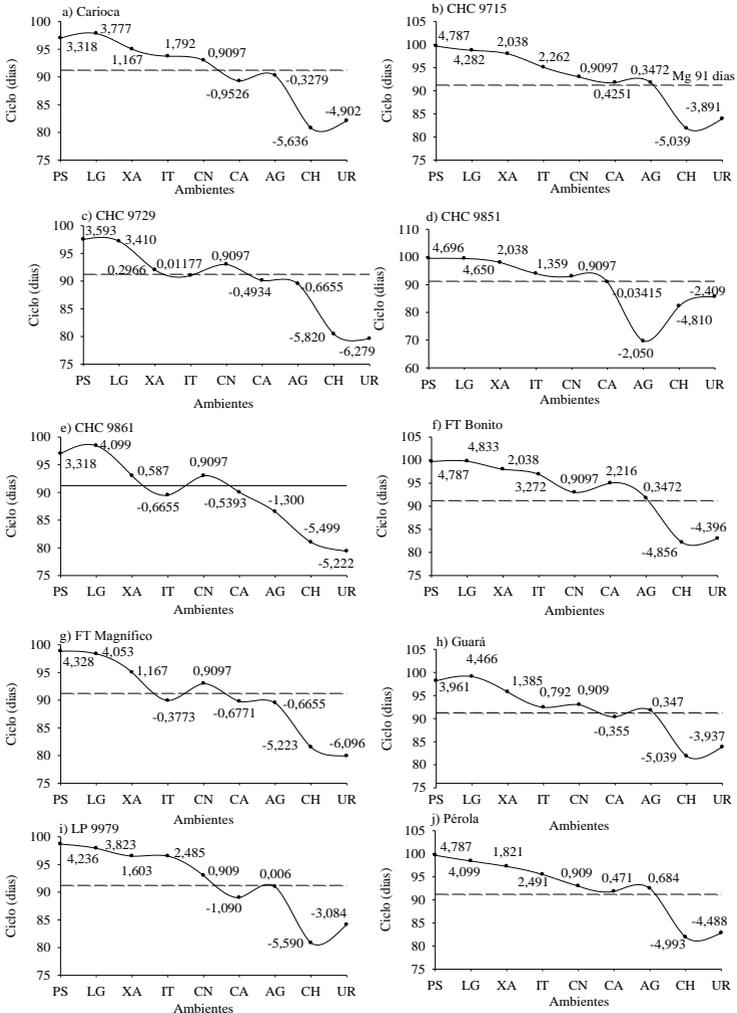
Os ambientes contribuíram de modo diferenciado para os dez genótipos avaliados, pois alguns genótipos foram mais sensíveis ou responsivos em determinado ambiente do que em outro. Deste modo, pode ser verificada uma divergência entre os ambientes tanto para o caráter rendimento de grãos (Figura 3) quanto para ciclo de planta (Figura 4). Como é inevitável a presença dos efeitos de ambiente e da interação genótipo ambiente (GxE), o genótipo ideal, a ser amplamente cultivado, poderia ser o mais insensível ao ambiente, ou seja, mais estável frente aos ambientes e com uma produtividade acima da média. Por outro lado, quando o efeito de ambiente e da interação GxE é muito grande, o ideal seria um ambiente que promovesse uma maior resposta do genótipo, acentuando as características de interesse, como por exemplo, maior produtividade. Desta forma, variedades específicas poderiam ser recomendadas para cada macro-ambiente específico.

A partir dos resultados, pode ser observado que todos os genótipos avaliados apresentaram valores de rendimento de grão acima da média para os ambientes de Ponte Serrada, Canoinhas e Xanxerê. Provavelmente o desempenho superior nestes ambientes se deve as características edafoclimáticas da região (ex.: clima e tipo de solo). Por outro lado, o rendimento de grãos foi abaixo da média para todos os genótipos nos demais ambientes, com exceção dos CHC 9729 e CHC 9861 em Campos Novos (Figura 3c e 3e, respectivamente) e LP 9979 em Chapecó (Figura 3i). Tal resultado pode estar revelando uma possível formação de grupos de ambientes distintos, ou seja, ambientes onde os genótipos apresentam maior e menor produtividade. Além disso, os genótipos CHC 9729 e CHC 9861 podem estar apresentando uma interação significativa no ambiente de Campos Novos e o genótipo LP 9979 em Chapecó, uma vez que todos os demais genótipos exibiram valores de rendimento de grãos abaixo da média nesses ambientes.

Para o caráter ciclo de planta os resultados foram similares aos obtidos para o caráter rendimento de grãos, pois a grande influência do ambiente fez com que os genótipos fossem precoces em algumas regiões e de ciclo intermediário em outras (Figura 4).



**Figura 3.** Valores do caráter rendimento de grãos e predição dos valores de ambiente pelo método do BLUP para dez genótipos cultivados em nove ambientes [(Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)] no Estado de Santa Catarina nas safras de 2004/05, 2005/06 e 2006/07.



**Figura 4.** Valores do caráter ciclo de planta e predição dos valores de ambiente pelo método do BLUP para dez genótipos cultivados em nove ambientes [(Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)] no Estado de Santa Catarina nas safras de 2004/05, 2005/06 e 2006/07.

Deste modo, para o genótipo Carioca nos ambientes mais contrastantes, que foram Lages (ciclo próximo aos 98 dias) e Águas de Chapecó (ciclo próximo aos 80 dias), a diferença no ciclo de planta foi de 18 dias (Figura 4a). Essa diferença no ciclo da planta pode ser relacionada ao efeito de ambiente, sendo que a contribuição do ambiente de Lages foi de 3,777 enquanto que no ambiente de Águas de Chapecó foi de -5,636 (Figura 4a). Assim sendo, um mesmo genótipo classificado como precoce num ambiente, pode não apresentar esse mesmo comportamento em outro ambiente. Além disso, todos os genótipos apresentaram ciclo de planta maior que a média nos ambientes Ponte Serrada, Lages, Xanxerê, Ituporanga e Campos Novos (Figura 4). Entretanto alguns genótipos foram mais sensíveis a outros ambientes, além dos acima referidos, como por exemplo, o genótipo FT Bonito (Figura 4f), uma vez que o valor de ciclo de planta foi maior que a média em Canoinhas e Águas de Chapecó. Chapecó e Urussanga foram os únicos ambientes com valores de ciclo de planta abaixo da média e predições negativas para todos os genótipos.

**Tabela 4.** Matriz da distância entre os nove ambientes [(Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)] avaliados para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta em feijão Carioca (acima da diagonal) e estatística F para a distância generalizada de Mahalanobis (abaixo da diagonal).

| Ambiente | AC     | CN     | CA     | CH     | IT     | LG     | PS     | UR     | XA     |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| AC       | 0      | 13,07  | 174,63 | 65,02  | 6,72   | 42,48  | 302,36 | 42,13  | 86,12  |
| CN       | <,0001 | 0      | 114,43 | 90,96  | 22,713 | 23,67  | 209,09 | 73,13  | 43,57  |
| CA       | <,0001 | <,0001 | 0      | 186,10 | 283,07 | 240,53 | 63,51  | 207,66 | 13,27  |
| CH       | <,0001 | <,0001 | <,0001 | 0      | 152,52 | 255,16 | 447,30 | 4,68   | 122,37 |
| IT       | 0,0013 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | 0      | 32,05  | 425,46 | 108,18 | 111,43 |
| LG       | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | 0      | 301,02 | 207,83 | 69,81  |
| PS       | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | 0      | 456,30 | 19,85  |
| UR       | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | 0      | 127,05 |
| XA       | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | <,0001 | 0      |

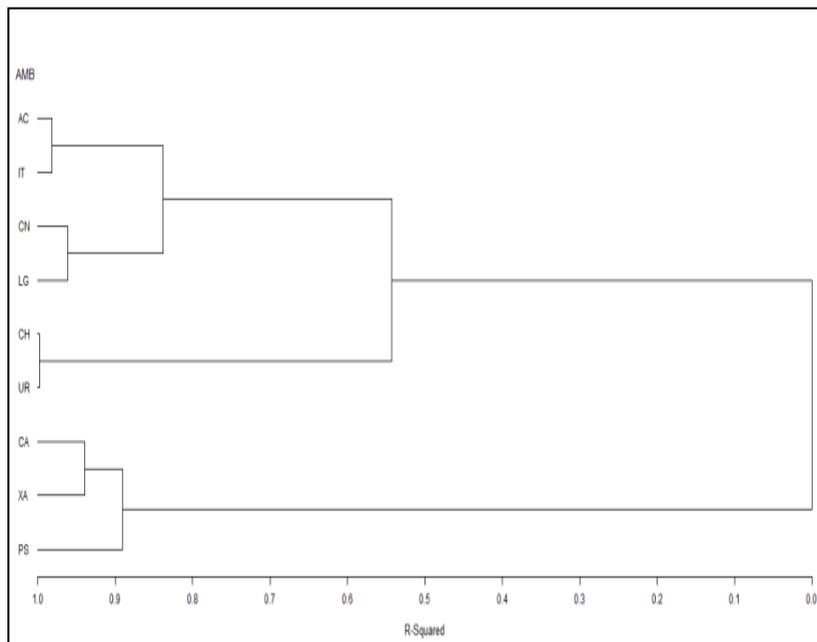
Com base nesses resultados, os nove ambientes foram agrupados em 2 macro-ambientes (MA1 e MA2) e quatro micro-ambientes (Tabela 4, Figura 5). Assim sendo, os ambientes Águas de Chapecó (AC), Ituporanga (IT), Campos Novos (CN), Lages (LG),

Chapecó (CH) e Urussanga (UR) representam o MA1, enquanto que, os ambientes de Ponte Serrada (PS), Xanxerê (XA) e Canoinhas (CA) o MA2. Ainda, os ambientes Águas de Chapecó (AC) e Ituporanga foram agrupados no primeiro micro-ambiente (MI1); no micro-ambiente (MI2), foram agrupados os ambientes Campos Novos (CN) e Lages (LG); Chapecó (CH) e Urussanga (UR) representam o terceiro micro-ambiente (MI3) e; os ambientes Canoinhas (CA), Ponte Serrada (PS) e Xanxerê (XA) constituíram o quarto micro-ambiente (MI4) (Figura 5).

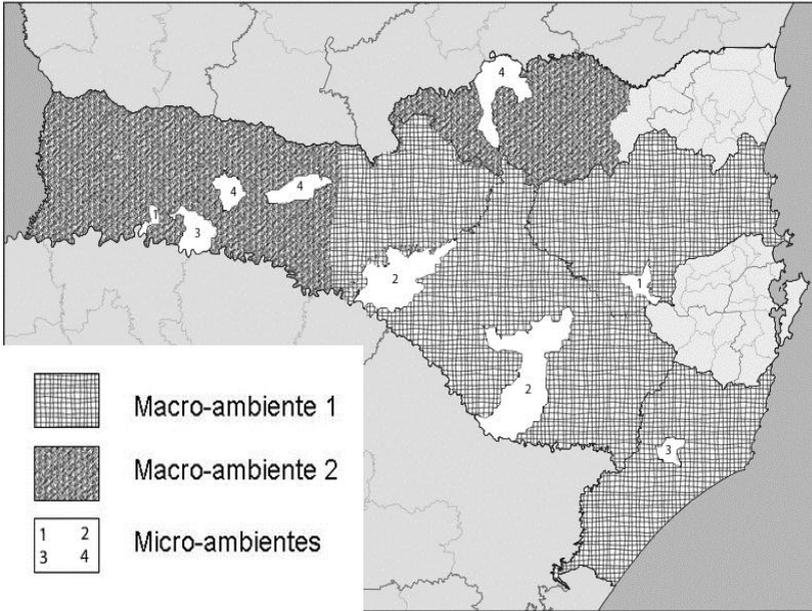
Adicionalmente aos resultados exibidos pelo teste de médias e pelo BLUP, os resultados gerados pelo agrupamento de ambientes, com base nas variáveis rendimento de grãos e ciclo de planta, igualmente reforçam a possibilidade da divisão do estado em regiões para experimentação e produção de feijão, pois corroboraram com as demais análises feitas no presente trabalho.

Desta forma, o Estado de Santa Catarina poderia ser dividido em 2 macro-ambientes para o cultivo do feijão: i) MA1, formado por dois municípios do Oeste (Águas de Chapecó e Chapecó) e pelos municípios da Serra Catarinense, Meio-Oeste, Vale do Itajaí e Sul e; ii) MA2, constituído por dois municípios do Oeste (Ponte Serrada e Xanxerê) e Planalto Norte. Igualmente, os resultados obtidos permitem inferir a subdivisão dos macros-ambientes em quatro micro-ambientes (Figura 6).

Neste contexto, tanto as recomendações da pesquisa quanto a produção de sementes, em razão da necessidade de atender todas as regiões de forma específica e respeitando as peculiaridades de cada município, poderiam ser melhor implementadas se o Estado de SC fosse dividido em no mínimo dois macro-ambientes (MA1 e MA2). De modo que, os novos cultivares poderiam ser recomendados para os municípios da região do Meio-Oeste, Planalto Serrano, Vale do Itajaí e Sul (MA1) ou para os municípios da região do Oeste e Planalto Norte (MA2). Também cabe aqui salientar que, novos estudos são necessários futuramente, no intuito de validar os resultados aqui encontrados. No entanto, esse é o primeiro passo para que seja possível um melhor aproveitamento das condições de ambiente do Estado de Santa Catarina e da disponibilidade de genótipos adaptados a estas condições, sempre objetivando um aumento na produtividade.



**Figura 5.** Dendrograma a partir de nove ambientes do Estado de Santa Catarina [(Águas de Chapecó (AC), Campos Novos (CN), Canoinhas (CA), Chapecó (CH), Ituporanga (IT), Lages (LG), Ponte Serrada (PS), Urussanga (UR) e Xanxerê (XA)] para os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta em genótipos de feijão Carioca.



**Figura 6.** Divisão do Estado de Santa Catarina em dois macro-ambientes (MA1 formado pelos municípios da região do Meio-Oeste, Planalto Serrano, Vale do Itajaí e Sul e MA2 constituído pelos municípios da região do Oeste e Planalto Norte Catarinense) e quatro micro-ambientes (MI1: Águas de Chapecó e Ituporanga; MI2: Campos Novos e Lages; MI3: Chapecó e Urussanga e; MI4 Canoinhas, Ponte Serrada e Xanxerê) para recomendações da pesquisa e/ou produção de sementes de feijão do grupo carioca, com base nos caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta.

A partir do exposto, pode ser concluído que: i) os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta apresentaram uma correlação positiva e significativa de 26%; ii) é possível dividir o Estado de Santa Catarina, a partir dos genótipos e ambientes estudados, em dois macro-ambientes (MA1 e MA2) e quatro micro-ambientes (MI1, MI2, MI3 e MI4) e; iii) o Estado de Santa Catarina pode ser generalizado em no mínimo dois macro-ambientes (MAG1 e MAG2) para a recomendação de novos cultivares.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradecemos à UDESC, UFSC, CNPq, CAPES e FAPESC, pela concessão de bolsa e apoio financeiro.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

ALLARD, R.W. **Principles of Plant Breeding**. 2<sup>a</sup>. ed. New York: John Wiley and Sons. 1999. 264p.

ARAÚJO, R.; MIGLIORANZA, E.; MONTALVAN, R.; DESTRO, D.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; MODA-CIRINO, V. Genotype x environment interaction effects on the iron content of common bean grains. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, n.1, p.269-274, 2003.

ATLIN, G.N.; BAKER, R.J.; MCRAE, K.B.; LU, X. Selection response in subdivided target regions. **Crop Science**, v.1, p.7:13, 2000.

BACKES, R.L.; ELIAS, H.T.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, n.1, p.309:314, 2005.

BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; SILVEIRA, C.B.; TOALDO, D. Efeito de diferentes concentrações salinas na redução do tempo de cocção de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.). **Biotemas**, Florianópolis, v.3,p.39:44, 2008.

BORÉM, A.; MIRANDA, G.V. **Melhoramento de plantas**. Viçosa, UFV: Imprensa Universitária. 525 p. 2009.

BISOGNIN, D.A.; ALMEIDA, M.L.; GUIDOLIN, A.F.; NASCIMENTO, J.A. Desempenho de cultivares de feijão em semeadura tardia no Planalto Catarinense. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.2, p.93:199, 1997.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: terceiro levantamento, dezembro 2008/** Companhia Nacional de Abastecimento. Brasília. 2008.

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

GOVERNO DE SANTA CATARINA. **Geografia**. Disponível em <http://www.sc.gov.br/conteudo/santacatarina/geografia/paginas/regioes.htm>. Acesso em 12 de janeiro de 2009.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Applied multivariate statistics with SAS<sup>®</sup> software**. Second Edition, Cary, NC: SAS Institute INC, 317pp. 1999.

LITTELL, R.C.; MILIKEN, G.A.; STROUP, W.W. **Sas system for mixed models**. Cary, NC: Sas Institute Inc, 633p. 2006.

MELO, L.C.; MELO, P.G.S.; FARIA, L.C.; DIAZ, J.L.C.; DEL PELOSO, M.J.; RAVA, C.A.; COSTA, J.G.C. Interação com ambientes e estabilidade de genótipos de feijoeiro-comum na Região Centro-Sul do Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.5, p.715-723, 2007.

PIEPHO, H.P.; MOHRING, J. Best linear unbiased prediction of cultivar effects for subdivided target regions. **Crop Science**, v.1, p. 1151 -1159, 2005.

RAMALHO, M.A.P. et al. **Genética quantitativa de plantas autógamas**: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Goiânia:UFG, 271p. 1993.

Sas Institute Inc. **SAS 9.1.3 (TS1M3) for Windows Microsoft**. Cary, NC, SAS Institute Inc. 2007.

SILVA, J.C.; HELDWEIN, A.B.; MARTINS, F.B.; STRECK, N.A.; GUSE, F.I. Risco de estresse térmico para o feijoeiro em Santa Maria, RS. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.3, p.643:648, 2007.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEM. **SAS: Statistical Analysis System - Getting Started with the SAS<sup>®</sup> Learning Edition**. 2002. Cary, NC: SAS Institute, 86p. 2002.

TERASAWA, J.R.F.; VENCOVSKY, R.; KOEHLER, H.  
Environment and genotype-environment interaction in maize in  
Paraná, Brazil. **Crop Breeding and Applied biotechnology**, v.1, p. 17-  
22, 2008.

## 8. CAPÍTULO 3

### **Banco de germoplasma: potencial agronômico de acessos elite para o melhoramento regional de feijão**

#### **RESUMO**

Dentre os recursos genéticos disponíveis para o melhoramento de plantas, as variedades crioulas podem ser uma importante fonte de variabilidade. O objetivo do presente trabalho foi discriminar os genótipos contrastantes e determinar as melhores combinações híbridas para compor blocos de cruzamentos, bem como a determinação dos acessos promissores para ingressar no programa de seleção do Instituto de Melhoramento Genética e Molecular - IMEGEM. Foram utilizados 14 genótipos de feijão, sendo dez acessos pertencentes ao acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão do CAV/UEDESC, os quais apresentaram desempenho agronômico promissor na safra de 2007/08, e quatro cultivares comerciais de feijão registradas no Serviço Nacional de Proteção a Cultivares (SNPC) as quais serviram como testemunhas. Foram avaliados ao final do ciclo sete caracteres adaptativos: *i*) Estatura de planta; *ii*) Diâmetro do caule; *iii*) Inserção do primeiro legume; *iv*) Número de legumes por planta; *v*) Número de grãos por legume; *vi*) Massa de mil grãos e *vii*) Rendimento de grãos. A seleção pode ser praticada entre e dentro dos acessos, pois há variabilidade disponível. Os acessos BAF 7, BAF 44 e BAF 45 mostraram ser promissores para aumento na estatura de planta e o BAF 1 para a redução na estatura de planta. O acesso BAF 7 foi o mais promissor para o ideótipo de planta em termos de agregar maior estatura de planta, maior inserção do primeiro legume e incremento no rendimento de grãos.

**Palavras-chaves:** *Phaseolus vulgaris* L., acessos de feijão, escolha de genitores.

## Germplasm bank: elite access agronomic potential to regional improvement of common bean

### ABSTRACT

Among the genetic resources available to plant breeding, the landraces can be an important source of variability. The objective of the present work was to discriminate the contrasting genotypes and to determine the best hybrid combinations to compose blocks of crossings, as well as to determine the promising accesses to enter in the breeding program of the Instituto de Melhoramento Genética e Molecular IMEGEM (IMEGEM). In this sense, 14 bean genotypes were used, being ten accesses belonging to the collection of the Germoplasm Active Bank of common bean hold by Centro Agroveterinário – Universidade do Estado de Santa Catarina (CAV/UEDESC), which presented promising agronomic acting in the harvest of 2007/08, and four cultivate commercial of bean registered in the National Service of Protection Cultivate her (SNPC) which served as controls. They were evaluated at the end of the cycle for seven adaptative characters: i) plant height; ii) diameter of the stem; iii) first pod insert; iv) pod number per plant; v) grain number per pod; vi) mass of a thousand grains and vii) grain yield. The selection can be practiced within and between the accesses, because there is genetic variability. The results revealed that accesses BAF 7, BAF 44 and BAF 45 showed promising for increase plant high. The access BAF 7 was the most promising for the plant ideotype that joins higher plant height, higher insert of the first pod, and increment in the grain yield.

**Key words:** *Phaseolus vulgaris* L., bean accesses, parental choosing.

### INTRODUÇÃO

O crescimento populacional é uma das maiores preocupações deste século, uma vez que, com o aumento no número de habitantes do planeta, há maior demanda por alimentos. Provavelmente, é nesse aspecto que o melhoramento de plantas tem seu maior uso: suprir a demanda mundial de alimentos, de modo que a produção agrícola aumente ou principalmente, seja mantida. Hoisington et al. (1999) alertaram que o desafio de alimentar uma população crescente (160 pessoas a cada minuto e destas, mais de 90% nos países em desenvolvimento) é preocupante, relatando que a previsão para 2050 é o aumento da população mundial em 8 bilhões. A população mundial

atual está contabilizada em cerca de 6,7 bilhões e a projeção é de um crescimento acima de 25% para 2050, ou seja, um incremento de 2,5 bilhões (UNFPA, 2007). No Brasil, a situação não é diferente: a projeção é de um aumento de 187 milhões de pessoas em 2007 para cerca de 215 milhões em 2050 (IBGE, 2010).

Neste contexto, o acesso a diversidade genética é crucial para o sucesso de programas de melhoramento e há um esforço global para reunir, documentar e utilizar os recursos genéticos, sendo a diversidade genética nas coleções (germoplasma) fundamental para a luta mundial contra a fome (HOISINGTON et al., 1999). O sucesso de um programa de melhoramento depende essencialmente da existência de variabilidade genética para que então o melhorista exerça a arte e a ciência de desenvolver genótipos superiores, pois, o resultado mais importante do melhoramento de plantas é a criação de uma cultivar melhorada (COIMBRA et al., 2008).

A linha de melhoramento seguida pelas diferentes instituições de pesquisa ocasionou um estreitamento na variabilidade genética. Contudo, existe uma valiosa fonte de conservação de variabilidade que pode ser encontrada nos bancos de germoplasma e a sua manipulação consistente é importante, pois esses acessos podem ser aproveitados pelos melhoristas na busca de novos alelos, que concedem, por exemplo, adaptabilidade, estabilidade e resistência a estresses bióticos e abióticos. Assim, a conservação da variabilidade genética para o futuro e a utilização eficiente de acessos disponíveis são duas metas importantes a ser atingidas (NASS e PATERNIANI, 2000). Dentre os recursos genéticos disponíveis para o melhoramento de plantas, as variedades crioulas ou *landraces*, podem ser consideradas uma importante fonte de variabilidade. As variedades crioulas poderiam ser definidas como uma cultivar desenvolvida e mantida pelos agricultores usando métodos tradicionais (CECCARELLI e GRANDO 1991; GIBSON, 2009). A utilização eficiente desses acessos pode ser efetuada através de seleção realizada nesses bancos a fim de encontrar constituições genéticas favoráveis que possam vir a ser lançadas como cultivares. Porém para que a seleção seja eficiente é necessário não só a variabilidade genética, que garante o sucesso de um programa de melhoramento (VILELA et al., 2008) mas também que o melhorista lance mão de artifícios que o auxiliem na busca dos melhores genótipos.

De posse da variabilidade genética disposta no germoplasma o melhorista pode selecionar constituições genéticas promissoras seguida do lançamento de uma cultivar e escolher genótipos mais divergentes

para compor blocos de cruzamentos. Porém a utilização desta variabilidade genética só é eficiente se devidamente avaliada e quantificada, por meio de caracteres de importância agronômica.

O objetivo do presente trabalho foi discriminar genótipos contrastantes para os caracteres ciclo e estatura de planta para compor blocos de cruzamentos, bem como a determinação dos acessos promissores para ingressar no programa de seleção do Instituto de Melhoramento Genética e Molecular - IMEGEM.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido no município de Lages, localizado no Planalto Sul de Santa Catarina de coordenadas geográficas 27°48'57" de latitude sul e 50°19'33" de longitude oeste, com altitude média de 916 m, clima do tipo mesotérmico úmido com verão fresco, Cfb, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 15,6 °C e a precipitação média anual de 1.400 mm (AGRITEMPO, 2010).

Foram utilizados 14 genótipos de feijão, sendo dez acessos pertencentes ao acervo do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão do CAV/UEDESC (BAF 1, BAF 2, BAF 7, BAF 9, BAF 10, BAF 14, BAF 44, BAF 45, BAF 60 e BAF 148) os quais apresentaram desempenho agronômico promissor na safra de 2007/08, e quatro cultivares comerciais de feijão (BRS Supremo, IPR Uirapuru, Pérola e SCS Guará) registradas no Serviço Nacional de Proteção a Cultivares (SNPC), as quais serviram como testemunhas.

O delineamento experimental utilizado foi de blocos completamente casualizados com quatro repetições. As unidades experimentais foram constituídas de quatro linhas com 4 m de comprimento cada, espaçadas de 0,50 m entre si, com 15 plantas por metro linear totalizando uma densidade de 250.000 plantas/ha. A área útil foi composta pelas duas fileiras centrais, descartando 0,30 m das extremidades.

Foram avaliados ao final do ciclo sete caracteres adaptativos: *i*) Estatura de planta (EST) em cm; *ii*) Diâmetro do caule (DIC) em cm; *iii*) Inserção do primeiro legume (IPL) em cm; *iv*) Número de legumes por planta (NLP); *v*) Número de grãos por legume (NGL); *vi*) Massa de mil grãos (MMG) em g e *vii*) Rendimento de grãos (REND) em Kg ha<sup>-1</sup>. Para EST, DC, IPL, NLP, NGL foram realizadas avaliações em dez

plantas ao acaso retiradas da área útil da parcela. Para MMG e REND foram utilizados os dados da área útil.

Após a colheita e trilha os grãos foram secos em estufa com circulação de ar forçada durante três dias a temperatura média de 26 °C, a fim de uniformizar a umidade dos grãos para 13 % para então realizar a avaliação da MMG e REND.

Para todos os procedimentos foi utilizado o pacote estatístico SAS<sup>®</sup> 9.1.3 (2007). Os dados foram submetidos à análise de variância ( $Pr < 0,05$ ). As médias dos acessos foram comparadas par a par contra as testemunhas, pelo teste de Dunnett ( $Pr < 0,05$ ). O dendrograma foi elaborado utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) pelo método UPGMA.

## RESULTADO E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no presente trabalho evidenciaram a existência de variabilidade entre os genótipos avaliados, para a maioria dos caracteres estudados (Tabela 5). Os valores da amplitude, dos valores máximos e mínimos dos dados e da significância exibida pelo teste F (ao nível de 5% de probabilidade de erro) corroboram com os resultados referidos.

Assim sendo, a partir dos valores máximos e mínimos, pode ser observado que, os caracteres avaliados apresentaram amplitudes elevadas. Deste modo, pode ser verificado que, para o caráter inserção do primeiro legume (IPL), por exemplo, os indivíduos variaram entre 7,10 cm à 21,60 cm. Do mesmo modo, porém para o caráter estatura de planta (EST), foram observados indivíduos com 30,60 cm e genótipos com 117,80 cm. Ainda, para os demais caracteres também foi possível observar valores discrepantes, sendo que para o caráter diâmetro do caule (DIC) os indivíduos variam de 2,20 mm a 6,80 mm, de 5 a 37 para o caráter número de legumes planta (NLP), de 17 a 109 para o caráter número de grãos por planta (NGP), de 303 a 2.577  $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  para o caráter rendimento de grãos (REND) e para o caráter peso de mil grãos (PMG) de 175 a 365 g (Tabela 5). Os resultados obtidos pelo teste F evidenciaram que houve diferenças significativas para todos os caracteres, com exceção dos caracteres diâmetro do caule (DIC) e número de legumes por planta (NLP). Estes dois caracteres foram os que obtiveram os menores valores de amplitude e, deste modo, os valores entre os indivíduos não variaram de forma significativa, o que

justifica o fato de não haver diferença significativa entre os genótipos para os dois caracteres supracitados.

**Tabela 5.** Análise univariada para os caracteres agronômicos estatura de planta em cm (EST), inserção do primeiro legume em cm (IPL), diâmetro de caule em mm (DIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup> (REND) e peso de mil grãos em g (PMG).

| Caráter | Média | Desvio Padrão | Mínimo | Máximo | Amplitude | CV (%) | Valor de F | Pr > F |
|---------|-------|---------------|--------|--------|-----------|--------|------------|--------|
| EST     | 57,80 | 21,61         | 30,60  | 117,80 | 87,20     | 20,45  | 8,31       | <.0001 |
| IPL     | 12,75 | 2,63          | 7,10   | 21,60  | 14,50     | 15,23  | 3,82       | 0,0005 |
| DIC     | 4,27  | 1,03          | 2,20   | 6,80   | 4,60      | 24,61  | 1,28       | 0,2670 |
| NLP     | 11,59 | 4,79          | 5      | 37     | 32        | 38,45  | 1,64       | 0,1153 |
| NGP     | 44,40 | 16,84         | 17     | 109    | 92        | 32,29  | 2,53       | 0,0122 |
| REND    | 1.288 | 658,86        | 303    | 2.577  | 2.274     | 29,08  | 5,92       | <.0001 |
| PMG     | 225   | 76,28         | 175    | 365    | 190       | 14,64  | 10,99      | <.0001 |

Valores de probabilidade inferiores a 0,05 (Pr < 0,05) são significativos pelo teste F

É importante frisar que o conhecimento da magnitude da variação entre os genótipos utilizados no programa pode contribuir para o melhorista, uma vez que, possibilita determinar quais genótipos podem propiciar combinações promissoras para serem utilizadas em blocos de cruzamento e, como consequência, a seleção entre as plantas segregantes, oriundas desse cruzamento poderia ser potencializada, em virtude da presença de variação genética entre as plantas. Por outro lado, ao se utilizar acessos de um Banco de Germoplasma, a seleção pode ser efetuada diretamente entre as plantas de cada acesso, pois um acesso representa uma mistura de linhas puras, e deste modo, a seleção é possível, pois existe variação genética entre as plantas. A possibilidade de ganho genético, por meio de genótipos crioulos, está diretamente associada à existência de variabilidade genética e este tipo de germoplasma se constitui numa excelente fonte de variabilidade que pode ser explorada pelos melhoristas de feijão (COIMBRA et al., 2008).

Assim, conforme verificado, a utilização dos genótipos avaliados pode ser viável para a seleção de indivíduos superiores, pois existem diferenças entre estes para a maior parte dos caracteres

avaliados, ou seja, podem ser identificados genótipos com potencial para a utilização em blocos de cruzamento ou seleção de plantas geneticamente distintas. Na elaboração de um programa de melhoramento, é necessária a escolha criteriosa de genótipos com genes desejáveis com potencial para serem utilizados em hibridações artificiais, com o objetivo de identificar plantas que possuem genes superiores numa progênie segregante (COIMBRA e CARVALHO, 1998). Um dos meios para obtenção de avanços significativos envolve investimentos no melhoramento genético, introdução de germoplasma, hibridação, métodos de melhoramento e uso de métodos de avaliação e seleção (MOREIRA et al., 2009). Como o melhoramento do feijão baseia-se, principalmente, na hibridação de cultivares e linhagens, gerando populações segregantes, em que se procede à seleção de linhagens superiores, torna-se importante o conhecimento da dissimilaridade genética entre os genitores (RIBEIRO e STORCK, 2003). Não somente o conhecimento da dissimilaridade, mas também é importante o conhecimento de todas as variáveis relacionadas aos genótipos utilizados, desde a diferença estatística entre os caracteres avaliados à magnitude da variabilidade presente, pois sem esta, o ganho genético é restrito.

Nesse sentido, a partir do *screening* primário, foram selecionados, conforme comentado anteriormente, os dez acessos mais promissores do Banco Ativo de Germoplasma de Feijão do CAV/UEDESC e deste modo, é importante a confirmação dessa superioridade para os caracteres avaliados. O procedimento utilizado para tanto foi a utilização de cultivares comerciais amplamente cultivadas nos Estados do Sul do Brasil, onde, de certo modo, apresentam características agronômicas promissoras para Santa Catarina. Entretanto, nenhuma delas apresenta o conjunto de características de importância agronômica para a região da Serra Catarinense se o desejo do melhorista for recomendar novos genótipos para esta região. Por exemplo, para os melhoristas do IMEGEM, o genótipo ideal apresentaria uma combinação de características peculiares a região da Serra Catarinense, como ciclo de planta tardio - devido a possibilidade de apenas uma safra por ano na região; estatura elevada e maior inserção do primeiro legume - facilitando a colheita mecânica; maior diâmetro de caule e porte ereto - evitando o acamamento e; maior produtividade (BERTOLDO et al., 2010).

Por outro lado, se o melhorista deseja recomendar um novo genótipo para outra região de interesse particular, deve avaliar os

acessos disponíveis, e a partir do ideótipo objetivado, realizar cruzamentos entre os contrastantes ou selecionar diretamente os indivíduos segregantes, uma vez que, sendo o acesso uma mistura de linhas puras, se existe variabilidade dentro de um acesso, a seleção é possível. Rodrigues et al. (2002) verificaram que as cultivares de feijão em poder dos agricultores do Rio Grande do Sul apresentam maior variabilidade genética, quando comparadas com as geradas pela pesquisa. Ou seja, as variedades crioulas apresentaram maior variabilidade em relação às cultivares comerciais, e deste modo, fica evidente que a seleção entre e dentro desses genótipos é viável. Segundo Murphy (2007), novas variedades de trigo, arroz e milho foram desenvolvidas, e os agricultores selecionaram variedades crioulas particulares que foram adaptadas para suas próprias regiões de cultivo, solo e clima, sendo que este processo resultou em um aumento lento, porém, constante no rendimento das culturas e na adaptação a uma série de novos ambientes. Coelho et al. (2010) avaliando 26 genótipos crioulos de feijão para o potencial fisiológico da semente, concluíram que os genótipos crioulos foram favorecidos em função da ampla base genética e da facilidade de adaptação às condições ambientais, ao contrário das cultivares comerciais que são consideradas linhagens de estreita base genética. Ainda, avaliando os acessos do BAG do CAV/UDESC, Coimbra et al. (2008) e Bertoldo et al. (2010) verificaram que a seleção de acessos promissores foi possível tanto entre quanto dentro de um mesmo acesso.

O comparativo entre as médias dos acessos avaliados e das cultivares comerciais possibilitou a verificação e/ou confirmação dos acessos mais promissores, selecionados anteriormente da coleção do BAG do CAV/UDESC (Tabelas 6 e 7).

Foram verificadas diferenças significativas entre os genótipos avaliados, para todos os caracteres deste estudo. Assim, a partir das médias obtidas (Tabela 6) foi realizado o teste de Dunnett par a par ( $P < 0,05$ ), ou seja, comparando a média de um acesso  $i$  com a média de uma cultivar comercial  $j$  (Tabela 7). Deste modo, os acessos com diferenças estatisticamente significativas entre médias podem ser classificados, de acordo com o objetivo do programa de melhoramento, como sendo promissores ou não promissores. Entretanto, a não significância também é um indicativo de que os acessos podem apresentar um potencial, pois não diferem estatisticamente das cultivares comerciais (testemunhas). Para os caracteres diâmetro de caule e número de legumes por planta não houve diferenças estatísticas entre os

acessos quando comparados com as testemunhas, e deste modo, os valores não foram demonstrados.

**Tabela 6.** Médias de 10 acessos de feijão do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (BAG/IMEGEM/UDESC) e quatro cultivares comerciais do grupo carioca (Pérola e Guará) e preto (Uirapuru e BRS Supremo) para os caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), inserção do primeiro legume em cm (IPL), diâmetro de caule em mm (DIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), rendimento de grãos em kg.ha<sup>-1</sup> (REND) e peso de mil grãos em g (PMG).

| Genótipo | EST  | IPL  | DIC | NLP | NGP | REND  | PMG   |
|----------|------|------|-----|-----|-----|-------|-------|
| BAF1     | 33,9 | 11,1 | 4,8 | 11  | 41  | 1.474 | 232,5 |
| BAF2     | 38,5 | 13,3 | 4,5 | 13  | 37  | 1.004 | 241,3 |
| BAF7     | 98,8 | 17,2 | 3,9 | 14  | 65  | 1.501 | 205,0 |
| BAF9     | 85,9 | 14,2 | 4,4 | 18  | 55  | -     | -     |
| BAF10    | 36,2 | 10,5 | 4,5 | 6   | 21  | 770   | 237,5 |
| BAF14    | 50,3 | 11,6 | 3,6 | 9   | 35  | 1.643 | 276,3 |
| BAF148   | 62,4 | 12,3 | 4,2 | 13  | 50  | 1.096 | 228,3 |
| BAF44    | 71,7 | 12,3 | 3,1 | 10  | 34  | 899   | 250,0 |
| BAF45    | 68,7 | 12,3 | 3,8 | 9   | 35  | 873   | 257,5 |
| BAF60    | 50,6 | 11,6 | 4,6 | 13  | 57  | 1.738 | 223,8 |
| Uirapuru | 58,4 | 14,5 | 4,2 | 12  | 46  | 1.440 | 227,5 |
| Supremo  | 59,2 | 12,5 | 4,0 | 11  | 39  | 1.472 | 273,8 |
| Guará    | 54,1 | 15,3 | 5,5 | 14  | 55  | 2.014 | 260,0 |
| Pérola   | 42,5 | 9,8  | 3,8 | 9   | 46  | 1.973 | 256,3 |

**Tabela 7.** Diferenças entre as médias das testemunhas (Uirapuru, BRS Supremo, Guará e Pérola) e os acessos do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (BAG/IMEGEM/UEDESC) pelo teste de Dunnett (\*significativo pelo teste t de Dunnett à 5% de probabilidade de erro) para quatro caracteres agrônômicos de feijão.

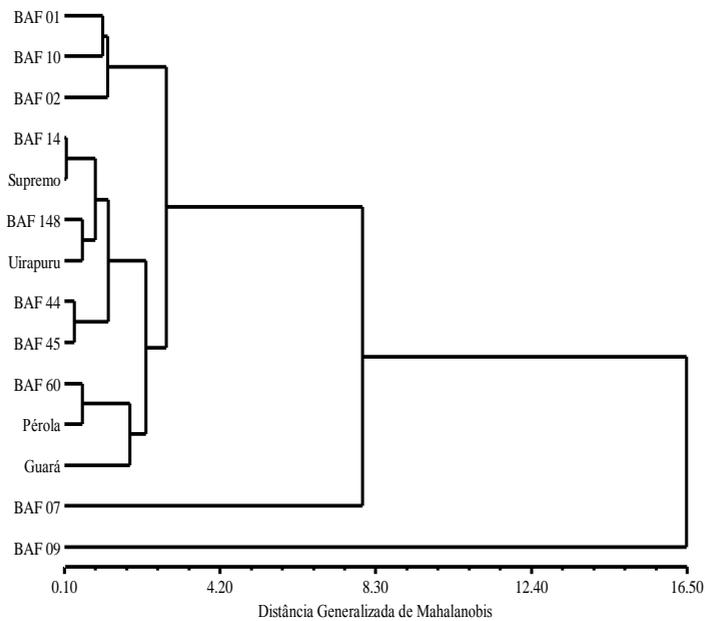
| Genótipos | Estatura de planta (cm)                    |        |       |        |        |       |        |        |        |       |
|-----------|--|--------|-------|--------|--------|-------|--------|--------|--------|-------|
|           | BAF01                                      | BAF02  | BAF07 | BAF09  | BAF10  | BAF14 | BAF148 | BAF44  | BAF45  | BAF60 |
| Uirapuru  | -24,6*                                     | -19,9  | 40,4* | 27,5*  | -22,2  | -8,1  | 2,8    | 12,8   | 10,3   | -7,8  |
| Supremo   | -25,3*                                     | -20,7  | 39,6* | 26,7*  | -23,0  | -8,9  | 2,0    | 12,0   | 9,5    | -8,6  |
| Guará     | -20,2                                      | -15,5  | 44,7* | 31,9*  | -17,8  | -3,8  | 7,1    | 17,1   | 14,6   | -3,5  |
| Pérola    | -8,6                                       | -4,0   | 56,3* | 43,4*  | -6,3   | 7,8   | 18,7   | 28,7*  | 26,2*  | 8,1   |
| Genótipos | Inserção do primeiro legume (cm)           |        |       |        |        |       |        |        |        |       |
|           | BAF01                                      | BAF02  | BAF07 | BAF09  | BAF10  | BAF14 | BAF148 | BAF44  | BAF45  | BAF60 |
| Uirapuru  | -3,5                                       | -1,2   | 2,6   | -0,4   | -4,0   | -2,9  | -2,2   | -2,2   | -2,2   | -3,0  |
| Supremo   | -1,4                                       | 0,8    | 4,7*  | 1,6    | -2,0   | -0,9  | -0,1   | -0,1   | -0,2   | -0,9  |
| Guará     | -4,2*                                      | -2,0   | 1,9   | -1,1   | -4,8*  | -3,7  | -2,9   | -2,9   | -3,0   | -3,7  |
| Pérola    | 1,2  | 3,5    | 7,3*  | 4,3*   | 0,7    | 1,8   | 2,5    | 2,5    | 2,5    | 1,8   |
| Genótipos | Rendimento de grãos (kg.ha <sup>-1</sup> ) |        |       |        |        |       |        |        |        |       |
|           | BAF01                                      | BAF02  | BAF07 | BAF09  | BAF10  | BAF14 | BAF148 | BAF44  | BAF45  | BAF60 |
| Uirapuru  | 34   | -436   | 61    | -1440* | -670   | 203   | -344   | -541   | -568   | 298   |
| Supremo   | 3  | -468   | 29    | -1472* | -702   | 172   | -376   | -573   | -599   | 267   |
| Guará     | -540                                       | -1010* | -513  | -2014* | -1244* | -371  | -919*  | -1115* | -1142* | -276  |
| Pérola    | -499                                       | -969*  | -473  | 73*    | 103*   | -330  | -878   | -1074* | -1101* | -235  |
| Genótipos | Número de grãos por planta                 |        |       |        |        |       |        |        |        |       |
|           | BAF01                                      | BAF02  | BAF07 | BAF09  | BAF10  | BAF14 | BAF148 | BAF44  | BAF45  | BAF60 |
| Uirapuru  | -5,2                                       | -9,1   | 18,3  | 9,1    | -25,1  | -11,0 | 7,3    | -11,8  | -11,0  | 10,6  |
| Supremo   | 1,9  | -2,1   | 25,3  | 16,1   | -18,1  | -4,0  | 14,3   | -4,7   | -4,0   | 17,6  |
| Guará     | -13,4                                      | -17,3  | 10,0  | 0,9    | -33,4* | -19,2 | -0,9   | -20,0  | -19,3  | 2,4   |
| Pérola    | -4,8                                       | -8,8   | 18,6  | 9,4    | -24,8  | -10,7 | 7,6    | -11,5  | -10,7  | 10,9  |
| Genótipos | Peso de mil sementes (g)                   |        |       |        |        |       |        |        |        |       |
|           | BAF01                                      | BAF02  | BAF07 | BAF09  | BAF10  | BAF14 | BAF148 | BAF44  | BAF45  | BAF60 |
| Uirapuru  | 5  | 14     | -23   | -228*  | 10     | 49    | -9     | 23     | 30     | -4    |
| Supremo   | -41  | -33    | -69   | -274*  | -36    | 3     | -55    | -24    | -16    | -50   |
| Guará     | -28  | -19    | -55   | -260*  | -23    | 16    | -41    | -10    | -3     | -36   |
| Pérola    | -24  | -15    | -51   | -256*  | -19    | 20    | -38    | -6     | 1      | -33   |

Assim sendo, os resultados evidenciaram a possibilidade de selecionar acessos tanto para o ideótipo de planta para a região da Serra Catarinense, quanto para outras regiões. Para as características de interesse para a Serra Catarinense, os acessos mais promissores seriam aqueles com maior estatura de planta, maior inserção do primeiro legume, maior número de legumes por planta e maior rendimento de grãos. Pode ser verificados, a partir das comparações entre as médias que os acessos BAF0 7, BAF 09, BAF 44 e BAF 45 são positivamente promissores para o incremento na estatura de planta, pois foram encontradas diferenças significativas em relação a pelo menos uma testemunha (Tabela 7). Para o caráter inserção do primeiro legume, os acessos BAF 07 e BAF 09 apresentaram diferenças significativas com duas testemunhas, BRS Supremo e Pérola (BAF 07) e Pérola (BAF 09). Por outro lado, se o objetivo for obter genótipos com menor estatura, o acesso BAF 01 seria promissor, pois diferiu significativamente com duas testemunhas (Uirapuru e BRS Supremo). Para os demais caracteres, incluindo o diâmetro do caule e o número de legumes por planta, os acessos BAF 01 (REND, NGL e PMS), BAF 02 (EST, IPL, NGP e PMS), BAF 07 (REND, NGP e PMS), BAF 09 (NGL), BAF 10 (EST e PMS), BAF 14 (EST, IPL, REND, NGP e PMS), BAF 148 (EST, IPL, NGP e PMS), BAF 44 (IPL, NGP e PMS), BAF 45 (IPL, NGP e PMS) e BAF 60 (EST, IPL, REND, NGL e PMS) podem ser classificados como potenciais, pois não diferiram das testemunhas (Tabela 7).

A identificação de acessos promissores, por meio da avaliação, é fundamental para um programa de melhoramento, principalmente em feijão, pois uma das características da cultura é apresentar uma grande divergência entre os genótipos. Esta avaliação pode propiciar uma utilização dos acessos de um banco de germoplasma com maior eficiência, por exemplo. Assim, há um maior interesse atualmente na caracterização, utilização e conservação do germoplasma, pois são à base do melhoramento de plantas. Coimbra e Carvalho (1998) comentaram que os recursos genéticos à serem caracterizados e avaliados são de extrema relevância para o conhecimento, a "priori", da variabilidade existente tanto nas espécies selvagens como nas cultivadas e Rodrigues et al. (2002) discutiram que a grande variabilidade genética presente no germoplasma de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) em uso na agricultura familiar no Brasil era plenamente reconhecida. Deste modo, os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os obtidos no *screening* anteriormente realizado, sendo que, os dez acessos

selecionados anteriormente podem ser identificados como promissores, de acordo com o objetivo do programa de melhoramento, e que existe variabilidade entre eles.

No sentido de ilustrar a divergência entre os acessos e cultivares comerciais utilizados, foi elaborado um dendrograma com base nas médias em conjunto de todas as características avaliadas (Figura 7). Os resultados evidenciaram a formação de quatro grupos, sendo: grupo I – constituído pelos genótipos BAF 1, BAF 02, BAF 10; grupo II – formado pelos genótipos BAF 14, BAF 44, BAF 45, BAF 60, BAF 148, Uirapuru, BRS Supremo, Pérola e Guará e; grupo III e IV – composto pelos genótipos BAF 07 e BAF 09, respectivamente. Desta forma, os genótipos que encontram-se em grupos diferentes apresentam maior divergência genética que os do mesmo grupo e podem, então, serem utilizados em blocos de cruzamentos, podendo possibilitar a formação de populações altamente segregantes. Estas proporcionam ao melhorista selecionar plantas nas quais ocorreram recombinação gênica e associações alélicas compatíveis ou semelhantes com o ideótipo de plantas desejadas.



**Figura 7.** Dendrograma utilizando a distância generalizada de Mahalanobis ( $D^2$ ) pelo método UPGMA para 10 acessos de feijão do Banco de Germoplasma do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (BAG/IMEGEM/UDESC) e quatro cultivares comerciais do grupo carioca (Pérola e Guará) e preto (Uirapuru e BRS Supremo), a partir dos caracteres estatura de planta, inserção do primeiro legume, diâmetro de caule, número de legumes por planta, número de grãos por planta, rendimento de grãos e peso de mil grãos.

Outro ponto importante para a obtenção de genótipos promissores para entrar em blocos de cruzamentos é considerar a opinião dos agricultores, tanto quanto às características do produto final, como as características dos genótipos existentes e a demanda pelo cultivo específico. Ou seja, é necessária uma reflexão para direcionar os novos programas de melhoramento de feijão, de modo que, uma estratégia pode ser a utilização da interação Gx E, o que provavelmente poderia agregar maiores valores para a qualidade tecnológica, culinária e nutricional do novo genótipo e ainda poderia atender a demanda específica dos agricultores.

Os agricultores familiares e suas entidades representativas são responsáveis pela manutenção de um patrimônio importantíssimo para a humanidade, por meio da conservação das sementes de cultivares crioulas, apesar do grande avanço da agricultura moderna (BEVILAQUA et al., 2009). Assim sendo, é fundamental considerar a opinião do agricultor ou ainda propiciar o melhoramento participativo, o que é pouco realizado no Brasil, porém é comum no exterior. Alguns autores destacam a participação dos agricultores no processo seletivo (CECCARELLI et al. 2001; ALMEKINDERS e ELINGS, 2001) e enfatizam a importância dessa participação na decisão de qual ou quais linhagens devem ser recomendadas. Para Antunes et al. (2007) dentre os desafios da pesquisa pública, estão, primeiro, a busca do aumento da eficiência das cultivares crioulas em relação a características agrônomicas desejáveis, como cor, brilho, forma e tamanho tipos, através do emprego de técnicas do melhoramento genético e, segundo, a viabilização de tipos que agreguem maior valor, para uso das diferentes comunidades de produtores, de modo que, ao mesmo tempo que propiciem maiores retornos ao pequeno produtor, possibilitem novas alternativas ao consumidor. Ainda, com o melhoramento de variedades específicas a determinadas regiões e com o melhoramento participativo, a rejeição das novas variedades recomendadas (geralmente com ampla adaptabilidade), pode reduzir, viabilizando ainda mais o programa de melhoramento, uma vez que, segundo Belilaqua et al. (2007), as variedades submetidas a processos de melhoramento voltados para alta produtividade e altamente dependentes de uso de insumos, na maioria dos casos, não estão adaptadas a sistemas de produção agroecológicos da agricultura familiar, poupadores de insumos externos, inexistindo materiais genéticos indicados à sistemas agroecológicos.

Alguns trabalhos estão obtendo sucesso com o melhoramento genético participativo, como o que vem sendo conduzido pela Embrapa Clima Temperado, em Pelotas, liderado pelo Dr. Irajá Antunes, indicando a possibilidade e a necessidade em se trabalhar junto aos agricultores, no sentido de viabilizar a cultura do feijão.

## **CONCLUSÕES**

Os acessos de feijão avaliados apresentaram divergência entre si e com relação as cultivares comerciais utilizadas. A seleção pode ser praticada nos acessos, pois há variabilidade disponível. Os acessos BAF 7, BAF 44 e BAF 45 foram promissores para aumento na estatura de

planta enquanto que para a redução na estatura de planta o acesso BAF 1 foi o mais promissor. O acesso BAF 07 foi o mais promissor para o ideótipo de planta que agregue maior estatura de planta, maior inserção do primeiro legume e incremento no rendimento de grãos.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANTUNES, I.F.; TEIXEIRA, M.G.; CAMPOS, A.D.; MASTRANDONIO, J.S.; CHOLLET, C.B.; SANTIN, R.C.M.; LOPES, R.A.M.; RIBEIRO, L.S. Diversidade intrapopulacional em feijão crioulo como fonte de cultivares para nichos de mercado diferenciados. IN: Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

BERTOLDO, J.G.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; COIMBRA, J.L.; STAHELIN, D.; GUIDOLIN, A. Genetic gain in agronomic traits of common bean in the region of Planalto Catarinense. **Euphytica**, v. 171, p.381–388, 2010.

BEVILAQUA, G.A.P.; SILVA, S.D.A.; ANTUNES, I.F.; BARBIERI, R.L.; GALHO, A.M.; BAMMANN, I. Banco de sementes de variedades crioulas e tradicionais da agricultura familiar de clima temperado. IN: Resumos do II Congresso Brasileiro de Agroecologia. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, 2007.

BEVILAQUA, G.A.P.; ANTUNES, I.F.; BARBIERI, R.L.; SILVA, S.D.A. Desenvolvimento *in situ* de Cultivares Crioulas através de Agricultores Guardiões de Sementes. IN: Resumos do VI CBA e II CLAA. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, 2009.

CECARELLI, S.; S. GRANDO. Barley Landraces from the Fertile Crescent: A Lesson for Plant Breeders. Pages 51–76 (Chapter 3) in S. B. Brush, ed., *Genes in the Field. On-farm Conservation of Crop Diversity*. Lewis Publishers, Boca Raton, 1991.

COELHO, C.M.M.; MOTA, M.R.; SOUZA, C.A.; MIQUELLUTI, D.J. Potencial fisiológico em sementes de cultivares de feijão crioulo (*Phaseolus vulgaris* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, v.32,n.3, p.097-105, 2010.

COIMBRA, J.L.M.; CARVALHO, F.IF. Divergência genética em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) com grão tipo carioca. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.4, n.3, p.211-217, 1998.

COIMBRA, J.L.M.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; GUIDOLIN, A.F.; BERTOLDO, J.G.; ROCHA, F.; TOALDO, D. Seleção para caracteres adaptativos em acessos de feijão usando REML/BLUP. **Magistra**, Cruz das Almas, v.20, n.2, p.177-185, 2008.

AGRITEMPO. Disponível em:  
<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>. Acessado em:  
 20/05/2010.

FOWLER, C.; HODGKIN, T. Plant genetic resources for food and agriculture: assessing global availability. **Annu. Rev. Environ. Resour.**, v.29, p.143-147, 2004.

GIBSON, R.W. A Review of Perceptual Distinctiveness in Landraces Including an Analysis of How Its Roles Have Been Overlooked in Plant Breeding for Low-Input Farming Systems. **Economic Botany**, v.63, n.3, p.242-255, 2009.

HOISINGTON, D.; KHAIRALLAH, M.; REEVES, T.; RIBAUT, J. M.; SKOVMAND, B.; TABA, S., WARBURTON, M. Plant genetic resources: what can they contribute toward increased crop productivity? **Proc. Natl. Acad. Sci.**, v.96, p. 5937-5943, 1999.

IBGE. **Projeção da população do Brasil por sexo e idade – 1980-2050**. Disponível em <  
<http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/populacao/contagem2007/default.shtm>>. Acesso em 03 de out. de 2010.

MOREIRA, R.M.P.; FERREIRA, J.M.; TAKAHASHI, L.S.A.; VANCONCELOS, M.A.C.; GEUS, L.C.; BOTTI, L. Potencial agrônomo e divergência genética entre genótipos de feijão-vagem de crescimento determinado. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, suplemento 1, p. 1051-1060, 2009.

MURPHY, D. **Plant Breeding and Biotechnology – Societal context and the future of agriculture**. Cambridge University Press, New York, 2007. 426p.

NASS, L.L.; PATERNIANI, E. Pre-Breeding: A link genetic resources and maize breeding. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.57, n.3, p.581-587, 2000.

RIBEIRO, N.; STORCK, L. Escolha de genitores de feijoeiro por meio da dissimilaridade genética. **Revista Brasileira de Agrociência**, v.8, n.2, p.89-95, 2003.

RODRIGUES, L.S.; ANTUNES, I.F.; TEIXEIRA, M.G.; SILVA, J.B. Divergência genética entre cultivares locais e cultivares melhoradas de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.37, n.9, p. 1275-1284, 2002.

UNFPA, 2007. **State of World Population 2007: Demographic, Social and Economic Indicators**. Washington, DC: UN Population Fund (<http://www.unfpa.org/swp/2007/english/notes/indicators.html>). Acesso em 03 de out. de 2010.

VILELA, F. O.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; PEREIRA, M. G.; SCAPIM, C. A.; VIANA, A. P.; FREITAS JÚNIOR, A. P. Effect of recurrent selection on the genetic variability of the UNB-2U popcorn population using RAPD markers. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 30, n. 1, p. 25-30, 2008.

## 9. CAPÍTULO 4

### Diagnóstico fenotípico para caracteres adaptativos em população $F_2$ de feijão comum por meio da análise multivariada

#### RESUMO

A caracterização das populações segregantes iniciais é importante para o melhorista, pois assim, pode melhorar a eficiência da seleção. O presente trabalho teve como objetivo caracterizar fenotipicamente uma população segregante de feijão comum por meio da técnica de análise multivariada a partir de um cruzamento biparental. Para tanto, foi utilizada nas avaliações fenotípicas uma população  $F_2$  de feijão, oriunda de um cruzamento biparental entre o genótipo comercial BRS Supremo e a variedade crioula BAF 7, previamente selecionados para os caracteres adaptativos objetos do programa de melhoramento. Foram avaliados os seguintes caracteres agronômicos para 10 plantas de cada genitor e individualmente 219 plantas  $F_2$ : *i*) estatura de planta em cm; *ii*) ciclo de planta em dias; *iii*) número de legumes por planta; *iv*) número de grãos por planta; *v*) peso de sementes em g; *vi*) diâmetro de colo em mm e; *viii*) inserção do 1º legume em cm. Os resultados evidenciaram variabilidade entre os genitores e entre os indivíduos da população  $F_2$  para todos os caracteres avaliados. As características peso de sementes, número de grãos por planta, diâmetro de colo e estatura de planta são fundamentais quando o critério é o de selecionar indivíduos distintos. A partir das correlações entre os caracteres avaliados, foi possível verificar que a seleção simultânea pode ser praticada.

**Palavras-chave:** variabilidade, segregante, seleção.

## Phenotypic diagnosis for adaptive traits in $f_2$ common bean population by multivariate analysis

### ABSTRACT

The characterization of the initial populations is important to breeder, because it can help the efficiency of the selection. This study aimed to characterize phenotypically a segregating population of common bean through the technique of multivariate analysis from a biparental cross. Thus, it was used in an  $F_2$  population phenotypic evaluations of beans, derived from a biparental cross between the genotype and genotype BRS Supremo and BAF 7, previously selected objects for adaptive traits in the breeding program. We evaluated the following agronomic characters in 10 plants of each parent and individually 219  $F_2$  plants: i) plant height in, cm; ii) plant cycle, in days; iii) number of pods per plant; iv) number of grains per plant; v) seeds weight, in g; vi) neck diameter, in mm and; viii) 1st pod insertion, in cm. The results showed differences among parents and variability between individuals of the  $F_2$  population for all traits. The characteristics of seed weight, number of grains per plant, stem diameter and plant height are key when the criterion is to select distinct individuals. Based on the correlation coefficient values among traits, it was possible that the tandem selection can be practiced.

**Key words:** variability, segregation, selection.

### INTRODUÇÃO

Por ser uma leguminosa de grande importância para a alimentação no Brasil, é fundamental que novos incentivos sejam propiciados à cultura do feijão, no sentido de encorajar o plantio e incrementar a sua produção. Nesse sentido, os programas de melhoramento são fundamentais, pois podem auxiliar na melhoria das qualidades agrônomicas e culinárias da cultura, propiciando uma melhor aceitação do produto final pelos consumidores, principalmente. Além disso, o aumento de produtividade das espécies cultivadas mais importantes tem sido o principal responsável por atender à demanda crescente de alimentos e de outros produtos agrícolas, inclusive o feijão comum (TORGA et al., 2010). No desenvolvimento de novas cultivares, características como alta produtividade, resistência a fatores bióticos e abióticos são desejadas de modo a atender as demandas do setor

produtivo; porém, visando a atender as exigências do mercado consumidor, busca-se também melhoria nas qualidades tecnológicas e nutricionais dos grãos (PERINA et al., 2010).

Além disso, a recomendação de novas cultivares adaptadas às condições específicas de ambiente e portadoras de características desejadas pelos agricultores pode propiciar uma melhoria na qualidade agrônômica e melhor aceitação desta no mercado agrícola. Deste modo, o Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UEDESC) e seus parceiros, como a Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC) e a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI), tem como objetivo a recomendação e o lançamento futuro de novas cultivares adaptadas às condições edafoclimáticas da Serra Catarinense. Assim sendo, como somente uma safra por ciclo de cultivo é possível nesta região, o objetivo é obter um ideótipo de planta que apresente ciclo de planta tardio, bem como estatura elevada e incremento nos caracteres primários do rendimento de grãos. Conforme salientaram Bertoldo et al. (2009), tanto as recomendações da pesquisa quanto a produção de sementes, em razão da necessidade de atender todas as regiões de forma específica e respeitando as peculiaridades de cada município, poderiam ser melhor implementadas se o Estado de Santa Catarina fosse dividido em no mínimo dois macro-ambientes.

Nesse contexto, a hibridação pode propiciar a obtenção de populações segregantes com ampla variabilidade genética, ou seja, com possibilidades de sucesso na seleção de individual de plantas. Segundo Ribeiro e Storck (2002), o melhoramento do feijão no Brasil baseava-se principalmente na hibridação de cultivares ou linhagens a fim de gerar populações segregantes, nas quais se procede a seleção de linhagens superiores. De fato, o melhoramento por hibridação é comumente utilizado na cultura do feijão, no sentido de obter populações segregantes (CEOLIN et al., 2007), sendo que, os programas utilizam a hibridação para ampliar a variabilidade genética (GONÇALVEZ-VIDIGAL et al., 2007). Ademais, a caracterização das populações segregantes iniciais é importante para o melhorista, pois assim, pode direcionar a seleção. Como o melhoramento genético de plantas tem por base ampliar a variabilidade existente através de cruzamentos controlados, é de fundamental importância o conhecimento das populações formadas, a fim de prever o potencial das combinações a partir de diferentes genitores, permitindo maior amplitude de seleção

para o caráter desejado, otimizando, dessa forma, o ganho genético (HARTWIG et al., 2007).

Nesse sentido, para avaliar o conjunto de variáveis avaliadas fenotipicamente em um determinado ensaio (como por exemplo, em uma população segregante), uma das metodologias que pode ser utilizada é a análise multivariada. Segundo Khattree e Naik (2003), o uso da análise multivariada está relacionado com a análise estatística de dados de mais de uma variável. A análise de variância multivariada (MANOVA - multivariate analysis of variance) é uma técnica de grande relevância para a derivação de inferências referentes à variação de um conjunto de variáveis-respostas entre dois ou mais tratamentos, fato habitual na área da experimentação agrônômica e/ou biológica (COIMBRA et al., 2007).

Deste modo, o presente trabalho teve como objetivo caracterizar fenotipicamente uma população segregante de feijão por meio da técnica de análise multivariada a partir de um cruzamento biparental.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

Foi utilizada nas avaliações fenotípicas uma população  $F_2$  de feijão, oriunda do cruzamento biparental entre a variedade comercial BRS Supremo e a variedade crioula BAF 7, ambas do grupo comercial preto, previamente selecionadas para os caracteres adaptativos objetos do programa de melhoramento. O experimento para avaliação fenotípica foi implantado na área experimental do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UEDESC), situado em Lages, Santa Catarina,  $27^{\circ}48'57''$  de latitude sul e  $50^{\circ}19'33''$  de longitude oeste a 916 m de altitude, com clima do tipo mesotérmico úmido com verão fresco, Cfb, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de  $15,6^{\circ}\text{C}$  e a precipitação média anual é de 1.400 mm (AGRITEMPO, 2008).

As sementes oriundas do cruzamento inicial ( $F_1$ ) entre os dois genitores foram multiplicadas em casa de vegetação para a obtenção da geração  $F_2$ . As sementes obtidas foram semeadas a campo na safra agrícola de 2009/10, em seis linhas, sendo quatro linhas centrais de 30 metros contendo as sementes  $F_2$ , duas linhas externas de 30 metros cada uma com sementes dos genitores (BRS Supremo e BAF 7) e duas linhas de bordadura. A densidade de semeadura foi de 10 plantas por metro linear e o espaçamento entre fileiras foi de 0,50 m. A área experimental totalizou  $90\text{ m}^2$  ( $30 \times 0,5 \text{ m} \times 6$  linhas). Os tratamentos culturais consistiram

na aplicação de 1 L ha<sup>-1</sup> de s-metolacloro, setoxidim (oxima ciclohexanodiona) e metamidofós (organofosforado) e quando necessário, capina manual. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise preliminar de solo.

Foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos para 10 plantas de cada genitor e individualmente 219 plantas F<sub>2</sub>: *i*) estatura de planta, em cm; *ii*) ciclo de planta, em dias; *iii*) número de legumes por planta; *iv*) número de grãos por planta; *v*) peso de sementes em, g; *vi*) diâmetro de caule, em mm e; *viii*) inserção do 1º legume, em cm.

Os dados fenotípicos foram avaliados pelo procedimento PROC GLM opção MANOVA, para a análise de variância multivariada. As frequências dos indivíduos dos genitores e indivíduos da população F<sub>2</sub> foram estimadas pelo procedimento PROC FREQ e a elaboração dos histogramas pelo procedimento PROC UNIVARIATE. A correlação fenotípica foi estimada pelo procedimento PROC CORR. Para todos os procedimentos foi utilizado o pacote estatístico SAS<sup>®</sup> 9.1.3 (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados evidenciaram efeito significativo para todas as variáveis estudadas pelos testes de Wilks' Lambda (<.0001), Pillai's Trace (0,0003), Hotelling-Lawley Trace (<.0001) e Roy's Greatest Root (<.0001), de modo que, o genitor 1 (BRS Supremo), o genitor 2 (BAF 7) e a população F<sub>2</sub> no conjunto de sete caracteres avaliados, são diferentes estatisticamente para a estatura de planta (cm), ciclo de planta (dias), número de legumes por planta, número de grãos por planta, peso de cem sementes (g), diâmetro de colo (mm) e inserção do primeiro legume (cm) (Tabela 8). Tal fato pode ser importante para o programa de melhoramento por dois aspectos: *i*) sendo os genitores contratantes para as características avaliadas, pode ser obtido sucesso na seleção, pois maior deve ser a variação entre os indivíduos das populações segregantes, o que possibilita, em tese, selecionar indivíduos discrepantes e; *ii*) como os indivíduos da população segregante, nesse caso, a geração F<sub>2</sub>, foram diferentes dos genitores, a seleção pode ser eficaz, no sentido de selecionar indivíduos transgressivos. A utilização de genitores próximos (similares) reduz as chances de se obter progressos na seleção, pois se perde tempo com hibridações e condução de populações segregantes a campo com pouca probabilidade de darem origem a uma nova cultivar com características competitivas para um mercado cada vez mais exigente (RIBEIRO e STORCK, 2002).

**Tabela 8.** Análise de variância multivariada (MANOVA) para sete caracteres agronômicos de uma população segregante de feijão (estatura de planta, ciclo de planta, número de legumes por planta, número de grãos por planta, peso de cem sementes, diâmetro de colo e inserção do 1º legume).

|           | Teste estatístico   | Valor   | Valor de F | GLN | GLD  | Pr > F |
|-----------|---------------------|---------|------------|-----|------|--------|
| Genótipos | Wilks' Lambda       | 0,0210  | 10,11      | 14  | 24,0 | <.0001 |
|           | Pillai's Trace      | 1,4355  | 4,72       | 14  | 26,0 | 0,0003 |
|           | Hotelling-Lawley    | 24,8393 | 20,25      | 14  | 16,1 | <.0001 |
|           | Roy's Greatest Root | 23,9320 | 44,45      | 7   | 13,0 | <.0001 |

A avaliação fenotípica das plantas dos dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e da população  $F_2$  corrobora com os resultados obtidos a partir da análise de variância multivariada (MANOVA), pois as diferentes médias, amplitudes e variâncias comprovam a existência de variabilidade tanto entre os indivíduos da população  $F_2$  quanto entre os genitores utilizados no cruzamento (Tabela 9). Pode ser verificado que para os caracteres estatura de planta, ciclo de planta, número de grãos por planta e diâmetro de colo os valores médios obtidos com a avaliação dos indivíduos da população  $F_2$  foram intermediários aos dois pais. Por outro lado, foram verificadas médias superiores (caracteres número de legumes por planta e peso de sementes) e inferiores (caráter inserção do primeiro legume) dos indivíduos da população  $F_2$  em relação aos genitores. Ainda, a amplitude dos dados e das variâncias para os genitores e população  $F_2$  revelou a existência de variabilidade entre os indivíduos segregantes  $F_2$ . Assim sendo, as variâncias foram de maior magnitude entre os indivíduos segregantes do que os genitores para os caracteres caráter estatura de planta (474,11), número de legumes por planta (265,75), número de grãos por planta (8180,06) e diâmetro de colo (6,79). Ainda, para os caracteres ciclo de planta (66,79), peso de sementes (21,46) e inserção do primeiro legume (11,02)

as variâncias observadas foram menores do que em relação aos genitores.

**Tabela 9.** Médias os caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), ciclo de planta em dias (CIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), peso de cem sementes em g (PCS), diâmetro de colo em mm (DIC) e inserção do 1º legume em cm (IPL) de uma população segregante de feijão.

| Genótipos               | Parâmetros | Características |       |       |        |      |      |      |
|-------------------------|------------|-----------------|-------|-------|--------|------|------|------|
|                         |            | EST             | CIC   | NLP   | NGP    | PCS  | DIC  | IPL  |
| BRS<br>Supremo<br>n=10  | Média      | 79,9            | 92,0  | 32,0  | 189,0  | 10,9 | 9,0  | 11,0 |
|                         | Desvio     | 5,2             | 1,8   | 8,4   | 48,4   | 7,7  | 1,2  | 2,9  |
|                         | Mínimo     | 74,0            | 89,0  | 20,0  | 127,0  | 4,3  | 7,0  | 7,0  |
|                         | Máximo     | 92,0            | 95,0  | 48,0  | 293,0  | 24,3 | 11,0 | 16,0 |
|                         | Variância  | 27,0            | 3,3   | 70,0  | 2341,6 | 59,0 | 1,6  | 8,2  |
|                         | Amplitude  | 78,0            | 6,0   | 28,0  | 166,0  | 20,0 | 4,0  | 9,0  |
| BAF 7<br>n=10           | Média      | 69,2            | 109,0 | 31,0  | 150,0  | 4,9  | 8,1  | 12,6 |
|                         | Desvio     | 10,8            | 8,6   | 13,3  | 73,1   | 1,0  | 2,0  | 5,9  |
|                         | Mínimo     | 43,0            | 99,0  | 9,0   | 35,0   | 2,7  | 6,0  | 7,0  |
|                         | Máximo     | 82,0            | 119,0 | 49,0  | 248,0  | 5,9  | 12,0 | 25,0 |
|                         | Variância  | 115,7           | 74,5  | 177,6 | 5344,3 | 1,0  | 4,1  | 34,7 |
|                         | Amplitude  | 39,0            | 20,0  | 40,0  | 213,0  | 3,1  | 6,0  | 18,0 |
| F <sub>2</sub><br>n=219 | Média      | 75,8            | 100,0 | 33,0  | 178,0  | 20,6 | 7,9  | 10,6 |
|                         | Desvio     | 21,8            | 8,2   | 16,3  | 90,4   | 4,6  | 2,6  | 3,3  |
|                         | Mínimo     | 16,0            | 73,0  | 1,0   | 0,0    | 0,0  | 1,0  | 4,0  |
|                         | Máximo     | 144,0           | 119,0 | 87,0  | 501,0  | 32,2 | 16,0 | 26,0 |
|                         | Variância  | 474,1           | 66,8  | 265,8 | 8180,1 | 21,5 | 6,8  | 11,0 |
|                         | Amplitude  | 128,0           | 46,0  | 86,0  | 501,0  | 32,2 | 15,0 | 22,0 |

Os resultados evidenciaram variabilidade entre os genitores e entre os indivíduos da população F<sub>2</sub> para todos os caracteres avaliados e é possível a existência de genes distintos nos genitores (genes complementares, incluindo interações entre eles), pelo fato da grande magnitude das variâncias e diferenças entre as médias observadas na população F<sub>2</sub>, que apresentou inclusive, indivíduos transgressivos. A variabilidade genética é de essencial interesse para o melhorista na obtenção de progressos no melhoramento de plantas através da seleção natural ou artificial, viabilizando o emprego de técnicas que possibilitem a identificação de genótipos superiores (HARTWIG et al., 2007). Ainda pode ser dito que, as diferentes médias observadas e a magnitude das amplitudes e variâncias observadas na população F<sub>2</sub> em relação aos

genitores, podem estar indicando que há possibilidade de sucesso com a seleção de plantas nas gerações subsequentes. Entretanto, cabe ressaltar que, a magnitude das variâncias observadas pode ser em parte devido ao efeito de ambiente, pois provavelmente há grande influência do ambiente principalmente nas primeiras gerações segregantes. Outro fato relevante é que, pela elevada amplitude e magnitude da variância, possivelmente os caracteres estatura de planta, ciclo de planta, número de legumes por planta e número de grãos por legume sejam governados por um grande número de genes, estes de pequeno efeito na expressão do caráter em questão. Assim sendo, a seleção de indivíduos com base nos valores fenotípicos (médias, por exemplo) pode não ser eficiente e deve, portanto, ser postergada para as próximas gerações.

Um aspecto relevante para a seleção de plantas é o conhecimento amplo das características fenotípicas que estão sendo avaliadas. Nesse sentido, o entendimento de características que agrupam ou separam os indivíduos segregantes é importante, pois há possibilidade de utilizar as principais características individualmente (Tabela 10).

**Tabela 10.** Coeficientes canônicos para sete caracteres agrônômicos de uma população segregante de feijão (estatura de planta, ciclo de planta, número de legumes por planta, número de grãos por planta, peso de cem sementes, diâmetro de colo e inserção do 1º legume).

| Características              | Canônicas |        |
|------------------------------|-----------|--------|
|                              | 1         | 2      |
| Estatura de planta           | 0,533     | 0,269  |
| Ciclo de planta              | -2,006    | 0,914  |
| Número de legumes por planta | -1,869    | 0,963  |
| Número de grãos por planta   | 0,972     | -0,617 |
| Peso de cem sementes         | 1,610     | 0,726  |
| Diâmetro de colo             | 0,831     | -0,125 |
| Inserção do 1º legume        | 0,006     | 0,007  |
| Correlação canônica          | 0,600     | 0,970  |

Deste modo, pode ser verificado que a avaliação das características peso de sementes, número de grãos por planta, diâmetro de colo e estatura de planta são fundamentais quando o critério é o de selecionar indivíduos distintos, uma vez que apresentaram valores positivos. Por outro lado, os caracteres inserção do primeiro legume, número de legumes por planta e ciclo de planta, cujo valores foram negativos, aproximaram os genótipos, e deste modo a avaliação dessas características pode ser útil quando o objetivo for de selecionar indivíduos similares. Consequentemente, se o objetivo do melhorista for selecionar plantas com estatura elevada e ciclo tardio, por exemplo, maior sucesso pode ser obtido para o caráter estatura de planta, pois pela análise dos coeficientes canônicos, a partir da análise multivariada, há uma maior discriminação dos indivíduos segregantes, e por outro lado, para o caráter ciclo de plantas, os indivíduos tendem a ser agrupados, o que pode dificultar a seleção individual de plantas. Ainda, a seleção conjunta de caracteres deve levar em consideração tal aspecto, pois selecionando indivíduos que apresentem duas características ou mais, como por exemplo, diâmetro de colo maior e menor ciclo de planta, o critério de seleção deve levar em consideração, primeiramente, o diâmetro de colo (maior discriminação entre os indivíduos), e posteriormente, o ciclo de planta (menor discriminação entre os indivíduos).

Na busca por um ideótipo de planta, é comum a seleção simultânea de diferentes caracteres, e nesse sentido, o conhecimento da correlação entre os caracteres alvo de seleção é imprescindível. Uma vez que a seleção de genótipos superiores tem o objetivo de identificar simultaneamente vários caracteres, o conhecimento das correlações fenotípicas pode auxiliar na seleção de um ideótipo de planta mais adequada às exigências de uma agricultura moderna e competitiva (COIMBRA et al., 2000) Assim sendo, o foco do programa de melhoramento de feijão para a Serra Catarinense do IMEGEM é obter um ideótipo de planta que agregue primeiramente estatura elevada, ciclo tardio e incremento nos caracteres primários do rendimento de grãos, como por exemplo, um maior número de legumes por planta e maior número de grãos por planta. Entretanto, plantas com diâmetro de colo e inserção de legumes maior também fazem parte do ideótipo de planta almejado, pois com o incremento no número de legumes por planta e elevada estatura, as plantas podem acamar e inserções de legume maiores poderiam possibilitar a colheita mecanizada na região, o que não é uma prática comum.

Deste modo, a partir das correlações entre os caracteres avaliados na geração  $F_2$ , é possível verificar que a seleção conjunta pode ser praticada (Tabela 11). A partir dos resultados obtidos, pode ser observado que: i) o caráter estatura de planta revelou correlação positiva e significativa para os caracteres número de legumes por planta (0,47), número de grãos por planta (0,42) e inserção do primeiro legume (0,48); ii) o caráter ciclo de planta apresentou correlação positiva e significativa somente com o caráter peso de sementes; iii) o caráter número de legumes por planta apresentou correlação positiva e significativa com estatura de planta (0,47), número de grãos por planta (0,83) e diâmetro de colo (0,50); iv) o caráter peso de sementes apresentou significância na correlação apenas com o caráter ciclo de planta; v) correlação positiva e significativa foi verificada entre os caracteres número de legumes por planta (0,50), número de grãos por planta (0,48) e; vi) o caráter inserção do primeiro legume revelou correlação positiva e significativa apenas com o caráter estatura de planta (0,48). Ainda, não foi observada correlação negativa e significativa para nenhum dos caracteres avaliados.

Os resultados evidenciaram que a probabilidade de se obter sucesso com a seleção individual de plantas na população segregante obtida a partir do cruzamento realizado é grande para o ideótipo de planta desejado. Tal fato pode ser justificado pela presença de variabilidade entre os indivíduos de segregação transgressiva na população  $F_2$  e pelos resultados obtidos com a análise de correlação entre os caracteres. De modo que, a seleção para os caracteres alvo pode ser praticada conjuntamente, pois a seleção para plantas com maior estatura de planta propiciaria um incremento no número de legumes e grãos por planta, bem como uma maior inserção do primeiro legume (Tabela 11).

**Tabela 11.** Correlações fenotípicas de Pearson (acima da diagonal) e níveis de significância (abaixo da diagonal) entre os caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), ciclo de planta em dias (CIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), peso de cem sementes (PCS), diâmetro de colo em mm (DIC) e inserção do 1º legume em cm (IPL) de uma população segregante de feijão.

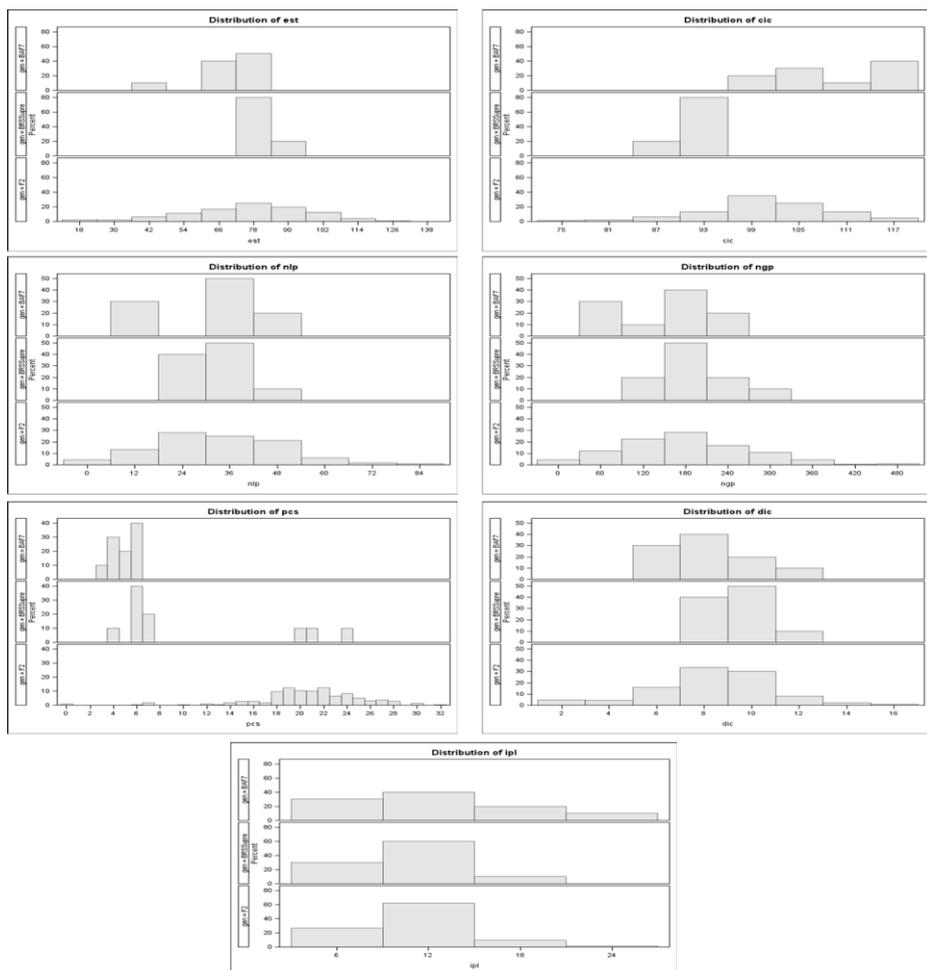
|     | Características |       |       |        |      |      |      |
|-----|-----------------|-------|-------|--------|------|------|------|
|     | EST             | CIC   | NLP   | NGP    | PCS  | DIC  | IPL  |
| EST | 1,00            | 0,94  | 0,04  | 0,05   | 0,49 | 0,10 | 0,04 |
| CIC | -0,02           | 1,00  | 0,94  | 0,32   | 0,05 | 0,10 | 0,27 |
| NLP | 0,47*           | 0,02  | 1,00  | <,0001 | 0,33 | 0,03 | 0,51 |
| NGP | 0,42*           | 0,24  | 0,83* | 1,00   | 0,33 | 0,04 | 0,46 |
| PCS | -0,17           | 0,46* | 0,24  | 0,24   | 1,00 | 0,99 | 0,70 |
| DIC | 0,39            | 0,39  | 0,50* | 0,48*  | 0,00 | 1,00 | 0,40 |
| IPL | 0,48*           | 0,27  | 0,16  | 0,18   | 0,09 | 0,21 | 1,00 |

\*significativo pelo teste t ao nível de 5% de probabilidade de erro.

A existência de correlação entre caracteres indica que a seleção praticada em determinado caráter, pode ocasionar alterações em outros, cujo sentido pode ou não ser de interesse para o melhoramento (SILVA e VIEIRA, 2008). Entretanto, apesar de não ser verificada significância estatística nas correlações entre o caráter ciclo de planta e os demais (estrutura de planta, número de legumes por planta, número de grãos por planta, diâmetro de colo e inserção do primeiro legume), o fato da seleção ser praticada nestes caracteres não prejudicaria o ganho com a seleção conjunta, devido o fato de não estarem correlacionados com o ciclo de planta. Ademais, pode ser verificado que pelos coeficientes canônicos, o caráter ciclo de planta não foi eficiente na discriminação dos indivíduos, enquanto que os demais caracteres alvo foram eficientes na discriminação dos indivíduos, e deste modo, a seleção deve ser realizada com base nestes caracteres. Para White (1989), na ausência de variações estacionais, que são características de estresses, em particular

a seca e as temperaturas baixas, os genótipos de feijão com ciclo tardio rendem substancialmente mais do que os genótipos similares, porém de ciclo precoce. Matielo et al. (1997) verificaram em aveia que, o maior período de dias da emergência à floração pode ter aumentado o período de diferenciação dos componentes do rendimento, favorecendo assim, o incremento de número de espiguetas por panícula.

As distribuições de frequências para os genitores e indivíduos da população  $F_2$  possibilitou corroborar com os resultados previamente apresentados, e demonstrar graficamente a distribuição da população  $F_2$  para os sete caracteres avaliados (Figura 8). Assim, os caracteres estatura de planta e ciclo de planta foram os que apresentaram valores mais contrastantes (extremos) entre os genitores, quando comparados com os demais caracteres, seguidos pelos caracteres número de grãos por planta, número de legumes por planta, diâmetro de colo, peso de sementes e inserção do primeiro legume. A distribuição dos indivíduos da população  $F_2$  revelou valores fenotípicos intermediários aos genitores, ou seja, o maior número de indivíduos observados foram: *i*) estatura de planta – 78 cm, *ii*) ciclo de planta – 99 dias; *iii*) número de legumes por planta – 36; *iv*) número de grãos por planta – 180; *v*) peso de sementes – 22 g; *vi*) diâmetro de colo – 8 mm e; *vii*) inserção do primeiro legume – 12 cm (Figura 8). Ainda, observando a Figura 8, pode ser evidenciado valores extremos aos genitores para os caracteres estatura de planta, número de grãos por planta, número de legumes por planta, peso de sementes e diâmetro de colo. De modo que, a seleção para os indivíduos superiores aos genitores pode ser efetuada e, nesse caso, há possibilidade de sucesso na obtenção de indivíduos com maior estatura, maior número de grãos por planta, maior número de legumes por planta e incremento no diâmetro de colo com médias maiores do que a dos genitores.



**Figura 8.** Distribuição fenotípica dos caracteres agrônômicos estatura de planta em cm (EST), ciclo de planta em dias (CIC), número de legumes por planta (NLP), número de grãos por planta (NGP), peso de sementes (PCS), diâmetro de colo em mm (DIC) e inserção do 1º legume em cm (IPL) para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante F<sub>2</sub> de feijão.

## CONCLUSÕES

Os resultados evidenciaram variabilidade entre os genitores e entre os indivíduos da população F<sub>2</sub> para todos os caracteres avaliados. Foi possível encontrar plantas segregantes portadoras do fenótipo ciclo tardio, estatura elevada e maior produtividade. As características peso de sementes, número de grãos por planta, diâmetro de colo e estatura de planta são fundamentais quando o critério é o de selecionar indivíduos distintos. A partir das correlações entre os caracteres avaliados, ficou evidenciado que a seleção simultânea pode ser praticada.

## AGRADECIMENTOS

À UFSC, UDESC, ao CNPq, a CAPES e à FAPESC pela concessão de bolsa e pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRITEMPO. Disponível em:  
<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>. Pesquisado em:  
 04/07/2010.

BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; NODARI, R.O.; GUIDOLIN, A.F.; HEMP, S.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; ROZZETO, D.S. Stratification of the state of Santa Catarina in macroenvironments for bean cultivation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p.335-343, 2009.

CEOLIN, A.C.G.; GONÇALVES-VIDIGAL, M.C.; VIDIGAL FILHO, P.S.; KVITSCHAL, M.V.; GONELA, A.; SCAPIM, C.A. Genetic divergence of the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) group Carioca using morpho-agronomic traits by multivariate analysis. **Hereditas**, v.144, p.1-9, 2007.

COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; CARVALHO, F.I.F.; AZEVEDO, R. Correlações canônicas II - análise do rendimento de grãos de feijão e seus componentes. **Ciência Rural**, v.30, p.31-35, 2000.

COIMBRA, J.L.M.; SANTOS, J.C.; ALVES, M.V.; BARZOTTO, I. Técnicas multivariadas aplicadas ao estudo da fauna do solo: contrastes

multivariados e análise canônica discriminante. **Revista CERES**, v.54, n.313, p.270-276, 2007.

GONÇALVES-VIDIGAL, M.C. et al. Heritability of quantitative traits in segregating common bean families using a Bayesian approach. **Euphytica**, v.164, p.551-560, 2008.

HARTWIG, I.; SILVA, J.A.G.; CARVALHO, F.I.F; OLIVEIRA, A.C.; BERTAN, I.; VALÉRIO, I.P.; SILVA, G.O.; RIBEIRO, G. FINATTO, T.; SILVEIRA, G. Variabilidade fenotípica de caracteres adaptativos da aveia branca (*Avena sativa* L.) em cruzamentos dialélicos. **Ciência Rural**, v.37, n.2, 2007.

KHATTREE, R.; NAIK, D.N. **Applied multivariate statistics with SAS® software**. Second Edition, SAS Institute INC, Cary, 317p., 2003.

MATIELLO, R.R.; SERENO, M.J.C.M.; BARBOSA NETO, J. F.; CARVALHO, F.I. F.; TADERKA, I.; PEGORARO, D.G. Variabilidade genética para teor de proteína bruta em grãos de aveia. **Ciência Rural**, v.27, n.2, p.183-187, 1997.

PERINA, E.F.; CARVALHO, C.R.L.; CHIORATO, A.F.; GONÇALVES, J.G.R.; CARBONELL, S.A.M. Avaliação da estabilidade e adaptabilidade de genótipos de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) baseada na análise multivariada da “performance” genotípica. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 2, p. 398-406, 2010.

RIBEIRO, N.D.; STORCK, L. Escolha de genitores de feijoeiro por meio da dissimilaridade genética. **R. bras. Agrociência**, v. 8, n. 2, p. 89-95, 2002.

Sas Institute Inc. (2007). SAS 9.1.3 (TS1M3) for Windows Microsoft. Cary, NC, SAS Institute Inc.

STAUB, J. E. Genetic markers, map construction, and their application in plant breeding. **Hortscience**, v.31, n.5, p.729-741, 1996.

SILVA, G.O; VIEIRA, J.V. Componentes genéticos e fenotípicos para caracteres de importância agrônômica em população de cenoura sob seleção recorrente. **Horticultura Brasileira**, v. 26, n. 4, 2008.

TANSKEY, Molecular markers in plant breeding. **Plant Molecular Biology Reporter**, v.1, n.1, 3-8, 1983.

TORGA, P.R.; SANTOS, J.B.; PEREIRA, H.S.; FERREIRA, D.F.; LEITE, M.E. Seleção de famílias de feijoeiro baseada na produtividade, no tipo de grãos e informações de QTLs. **Ciênc. agrotec.**, Lavras, v. 34, n. 1, p. 95-100, 2010.

WHITE, J.W. **Aspectos fisiológicos de la precocidade em el fríjon común**. BEEBE, S. (ed.). IN: Temas actuales em mejoramiento genético del frijón común. n.47, 465 pp. Programa de Frijol, CIAT; Cali, Colômbia, 1989.

## 10. CAPÍTULO 5

### **Busca do ideótipo de feijão para a Serra Catarinense: ciclo de planta prolongado e estatura elevada**

#### **RESUMO**

A maior parte dos programas de melhoramento desenvolvem cultivares com plantas de ciclo precoce e estatura baixa. Porém, como o objetivo é obter indivíduos específicos para o cultivo na região da Serra Catarinense ou similar, o ideótipo de planta pode ser outro: ciclo tardio e estatura elevada. Este trabalho teve como objetivo identificar indivíduos promissores portadores de ciclo longo e elevada estatura de planta, a partir de uma população segregante  $F_3$ , bem como avaliar o efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente entre os caracteres referidos. Para tanto, foram utilizadas nas avaliações fenotípicas de plantas de 203 famílias em uma população  $F_3$  de feijão, oriunda de um cruzamento biparental entre o genótipo comercial BRS Supremo e o genótipo crioulo BAF 7, previamente selecionados para os caracteres adaptativos objetos do programa de melhoramento para as condições específicas da Serra Catarinense, cultivadas em duas épocas. Foi possível com a seleção, a partir da geração  $F_3$ , obter indivíduos superiores a partir do cruzamento entre os genótipos BRS Supremo e BAF 7. Houve incremento nos caracteres em estudo com a seleção entre e dentro das famílias segregantes de feijão. Na expressão fenotípica dos caracteres avaliados, a maior contribuição pode ser associada com o ambiente e a interação genótipo e ambiente.

**Palavras-chaves:** *Phaseolus vulgaris* L.; famílias  $F_3$ ; ciclo tardio; maior estatura.

## Pursuing the bean ideotype for Santa Catarina Sierra: extended-plant cycle and high plant height

### ABSTRACT

The majority of the plant breeding programs develop cultivars with precocity cycle and a short stature plants. However, if the objective is to obtain specific cultivars to be cultivated in region of Sierra Catarinense or similar environments, the plant ideotype can be another one: a late cycle and a high stature. This study aimed to identify promising common bean plants that carries prolonged cycle and high plant height from a F<sub>3</sub> segregating population, as well as to evaluate the effect of environment and genotype x environment interaction in the targeted characters. Therefore, the phenotypic evaluations were done in 203 F<sub>3</sub> families descend of plants of a F<sub>2</sub> plants, derived from a biparental cross between the commercial BRS Supremo and the landrace BAF 7 genotypes, previously selected for traits aimed in the breeding program for the specific conditions. Thus, half amount of F<sub>3</sub> were grown in each of the two seasons in Lages the Sierra Santa Catarina. It was possible with the selection, from the F<sub>3</sub> generation, to obtain superior individuals from a cross between the genotypes BRS Supremo and BAF 7. There was an increase in traits under selection among and within bean segregating families. In the expression of phenotypic traits, the greatest contribution may be associated with environment and genotype and environment interaction, as it was anticipated.

**Key-words:** *Phaseolus vulgaris* L.; F<sub>3</sub> families; late cycle; high height.

### INTRODUÇÃO

Mundialmente, o feijão é uma importante espécie, porém é no Brasil, região aonde é amplamente cultivado, que representa sua maior importância, principalmente pelo aspecto socioeconômico e cultural. Além de ser cultivado em diferentes épocas do ano, a preferência do consumidor por determinadas características culinárias, como tempo de cozimento, aroma, sabor, textura, varia de acordo com a região, uma vez que os genótipos apresentam divergências nesses caracteres (BERTOLDO et al., 2009). A cultura do feijão, assim como outras, é fortemente influenciada pelos fatores de ambiente e pela interação genótipo e ambiente. Segundo Rocha et al. (2010) as mudanças do

rendimento no Brasil estimadas para 2008 e 2009 foram causadas principalmente por fatores abióticos, como seca, frio e de baixa fertilidade solos, como ocorrem na Serra Catarinense.

Deste modo, é possível, antes da recomendação de novos genótipos para vários locais, o que é uma tarefa árdua e muitas vezes resultam em oscilações nas produtividades, desenvolver genótipos para ambientes específicos. Para Backes et al. (2005), uma forma de minimizar a influência da interação genótipo x ambiente (GA) seria o desenvolvimento de cultivares específicas regionais. De modo geral, o principal objetivo dos programas de melhoramento é a obtenção de genótipos com maior potencial produtivo e com características agrônômicas desejáveis e insensíveis às variações de ambiente, denominadas de características superiores (BERTOLDO et al., 2009). No entanto, a etapa mais difícil é identificar constituições genéticas promissoras, dentro das populações segregantes. Possivelmente, um genótipo ao longo do seu processo de seleção apresenta relação intrínseca com o ambiente onde foi desenvolvido, certamente irá responder melhor aos efeitos de ambiente, devido à acentuada interação deste com o ambiente de cultivo, podendo resultar em maiores produtividades.

Outro fato interessante é que, a maior parte dos programas de melhoramento objetivam plantas com ciclo precoce e estatura baixa. Porém, como o objetivo é obter indivíduos específicos para o cultivo na região da Serra Catarinense ou similar, o ideótipo de planta é outro: ciclo tardio e estatura elevada. Tal ideótipo pode ser justificado devido ao fato de haver uma relação entre o prolongamento do ciclo e incremento na estatura com os caracteres primários do rendimento, como o número de grãos e legumes por planta. Para White (1989), na ausência de variações estacionais, que são características de estresses, em particular a seca e as temperaturas baixas, os genótipos de feijão com ciclo tardio rendem substancialmente mais do que os genótipos similares, porém de ciclo precoce.

Assim, este trabalho teve como objetivo identificar indivíduos promissores portadores de ciclo prolongado e estatura de planta maior, a partir de uma população segregante  $F_3$ , bem como avaliar o efeito do ambiente e da interação genótipo x ambiente nos caracteres objeto deste estudo.

## MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizadas nas avaliações fenotípicas, plantas de famílias de uma população  $F_3$  de feijão oriunda de um cruzamento biparental entre o genótipo comercial BRS Supremo e o genótipo crioulo BAF 7, previamente selecionados para os caracteres adaptativos objetos do programa de melhoramento para as condições específicas da Serra Catarinense. O experimento para avaliação fenotípica foi implantado na área experimental do Instituto de Melhoramento e Genética Molecular da Universidade do Estado de Santa Catarina (IMEGEM/UDESC), situado em Lages, Santa Catarina,  $27^{\circ}48'57''$  de latitude sul e  $50^{\circ}19'33''$  de longitude oeste a 916 m de altitude, com clima do tipo mesotérmico úmido com verão fresco, Cfb, segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de  $15,6^{\circ}\text{C}$  e a precipitação média anual é de 1.400 mm (AGRITEMPO, 2008).

As sementes oriundas do cruzamento inicial ( $F_1$ ) foram multiplicadas em casa de vegetação para a obtenção da geração  $F_2$ . As sementes obtidas foram semeadas a campo na safra agrícola de 2009/10, em quatro fileiras centrais contendo as sementes  $F_2$  e duas fileiras externas cada uma com sementes dos genitores (BRS Supremo e BAF 7) totalizando  $90\text{ m}^2$ .

Com o intuito de verificar a expressão dos melhores fenótipos na safra seguinte, todas as sementes das plantas  $F_2$  ( $n=203$ ) foram semeadas a campo na safra agrícola de 2010/11 (teste de progênie) em duas épocas de cultivo: a primeira no dia 22 de outubro/10 e a segunda no dia 22 de dezembro/10. Para tanto, foram abertas linhas com sementes de cada planta  $F_2$ , juntamente com os pais BRS Supremo e BAF 7 nas duas épocas de cultivo. A densidade de semeadura foi de 10 plantas por metro linear e o espaçamento entre fileiras foi de 0,45 m. Os tratos culturais consistiram na aplicação de 1 L ha<sup>-1</sup> de s-metolacoloro, setoxidim (oxima ciclohexanodiona) e metamidofós (organofosforado) e quando necessário, capina manual. A adubação de base foi realizada de acordo com a análise preliminar do solo.

Nas duas épocas de cultivo foi realizada a seleção das melhores famílias e dentro destas a seleção das melhores plantas (seleção entre e dentro). Ainda, as plantas de cada família foram colhidas em *bulk*, para constituir a geração  $F_4$  na próxima safra agrícola. Tanto para as plantas selecionadas quanto para as colhidas em *bulk* foram avaliados os seguintes caracteres agrônômicos para cada genitor e as plantas  $F_3$ : *i*) estatura de planta em cm; *ii*) ciclo de planta em dias; *iii*) número de

legumes por planta; *iv*) diâmetro de colo em mm e; *v*) inserção do 1º legume em cm.

Os dados fenotípicos foram avaliados pelo procedimento PROC HPMIXED, opção SOLUTION para a estimativa (REML) e predição (BLUP) dos componentes da variância. A validação dos *outliers* foi realizada pelo procedimento PROC MIXED, opção INFLUENCE, pelo teste de COOK D. As médias, variâncias e amplitudes dos indivíduos dos genitores e indivíduos da população  $F_3$  foram estimadas pelo procedimento PROC MEANS e a elaboração dos histogramas pelo procedimento PROC UNIVARIATE. A correlação fenotípica foi estimada pelo procedimento PROC CORR. Para a verificação de significância entre os indivíduos selecionados ou não selecionados, foi realizada a análise de variância pelo procedimento PROC GLM.

Para todos os procedimentos foi utilizado o pacote estatístico SAS® 9.1.3 (2007).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados revelaram que os valores das médias na geração segregante ( $F_3$ ) foram intermediários aos pais (BRS Supremo e BAF 7), para os caracteres ciclo de planta (92 dias) e inserção do primeiro legume (12,31 cm). Por outro lado, para os caracteres estatura de planta (46,40 cm) e diâmetro do colmo (4,84 mm) os valores das médias foram inferiores. Ainda, a média do caráter número de legumes por planta na geração segregante (9) foi igual ao do pai BRS Supremo. Com relação à amplitude dos dados e a variância, pode ser verificada que ambos os parâmetros foram maiores nas gerações segregantes  $F_3$ , em relação às amplitudes e variância dos pais para todos os caracteres (Tabela 12).

**Tabela 12.** Médias dos caracteres agrônômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIA) e número de legumes por planta (NLP) de famílias de uma população F<sub>3</sub> segregante e genitores de feijão.

| Genótipos                | Parâmetros | Características |       |      |      |      |
|--------------------------|------------|-----------------|-------|------|------|------|
|                          |            | CIC             | EST   | IPL  | DIA  | NLP  |
| BRS Supremo<br>n=22      | Média      | 86,0            | 55,5  | 11,7 | 5,4  | 9,0  |
|                          | Desvio     | 3,3             | 10,2  | 2,2  | 1,0  | 3,2  |
|                          | Mínimo     | 80,0            | 43,0  | 7,0  | 4,3  | 4,0  |
|                          | Máximo     | 91,0            | 77,0  | 16,0 | 7,9  | 14,0 |
|                          | Variância  | 10,8            | 104,5 | 4,9  | 0,9  | 10,3 |
|                          | Amplitude  | 11,0            | 34,0  | 9,0  | 3,6  | 10,0 |
| BAF 7<br>n=10            | Média      | 102,0           | 64,7  | 12,9 | 6,5  | 15,0 |
|                          | Desvio     | 3,1             | 13,0  | 2,5  | 1,3  | 4,0  |
|                          | Mínimo     | 98,0            | 50,0  | 10,0 | 3,9  | 10,0 |
|                          | Máximo     | 105,0           | 90,0  | 17,0 | 7,9  | 21,0 |
|                          | Variância  | 9,9             | 169,8 | 6,5  | 1,6  | 16,0 |
|                          | Amplitude  | 7,0             | 40,0  | 7,0  | 4,0  | 11,0 |
| F <sub>3</sub><br>n=4235 | Média      | 92,0            | 46,4  | 12,3 | 4,8  | 9,0  |
|                          | Desvio     | 4,1             | 18,4  | 4,1  | 1,4  | 6,3  |
|                          | Mínimo     | 80,0            | 9,0   | 2,0  | 1,3  | 1,0  |
|                          | Máximo     | 149,0           | 125,0 | 36,0 | 14,0 | 55,0 |
|                          | Variância  | 16,9            | 336,8 | 16,6 | 2,0  | 39,1 |
|                          | Amplitude  | 12,4            | 116,0 | 34,0 | 12,7 | 54,0 |

Tais resultados evidenciam a presença de uma variabilidade de maior magnitude nas gerações segregantes em relação aos pais, pois, teoricamente, a variação nos pais é relacionada a efeitos de ambiente e não genéticos. Além dos valores maiores das variâncias, a amplitude dos dados nas gerações segregantes pode estar revelando que a seleção de indivíduos promissores nas famílias segregantes é possível, uma vez que existem diferenças entre os indivíduos nas famílias. Por exemplo, para o caráter estatura de planta, os indivíduos variaram de 9 cm à 125 cm, generalizando para todas as famílias F<sub>3</sub>. Assim, sendo o objetivo o aumento ou a redução neste caráter, é possível encontrar indivíduos objetivados no melhoramento (ideótipo). Entretanto, as variâncias, tanto entre quanto dentro das famílias F<sub>3</sub>, podem ter duas origens: *i*) genética

e *ii*) de ambiente. Deste modo, apesar de existir variação, e de maior magnitude, é importante ressaltar que somente com base nas médias dos caracteres, a seleção nem sempre pode ser eficiente. De fato, para obter estimativas mais precisas, o melhorista deve lançar mão do teste de progênie, ao longo das gerações segregantes. Ou seja, verificar a consistência das médias dos indivíduos promissores ao longo das gerações de seleção.

Assim sendo, todas as plantas  $F_2$  obtidas na safra anterior (2009/10) foram conduzidas a campo, com aberturas de linhas individuais, no sentido de validar os maiores valores obtidos para os caracteres alvo deste estudo (teste de progênie) (Tabela 13). Na safra de 2010/11, foi realizada a seleção das melhores famílias e subsequentemente a seleção dos melhores indivíduos nestas (seleção entre e dentro). Assim, das 203 famílias conduzidas a campo, 62 famílias (31%) foram consideradas promissoras para os caracteres objetivados. A partir dos resultados ficou evidenciado que de modo geral, os indivíduos mais promissores na geração  $F_2$ , também foram na geração seguinte ( $F_3$ ), embora tenha ocorrido uma redução, de modo geral, nas médias da geração  $F_3$  para todos os caracteres. De modo que, a redução nos valores das médias pode ser devido ao aumento dos locos em homozigose, em detrimento aos locos em heterozigose (endogamia), pois apesar de ser uma espécie autógama, o feijão pode apresentar efeitos de endogamia, principalmente em populações oriundas de cruzamento. Além disso, por terem sido conduzidas em condições distintas, o efeito de ambiente pode ter contribuído para a redução das médias. Entretanto, pode ser verificado que os valores médios dos indivíduos selecionados em cada família  $F_3$ , foram superiores, inferiores ou próximos ao indivíduo que os originou ( $F_2$ ). Por exemplo, na família SEC15, as médias para os caracteres estatura de planta e diâmetro de colmo foram superiores às médias da  $F_2$ ; inferiores para o caráter número de legumes por planta e igual para os caracteres ciclo e inserção do primeiro legume.

**Tabela 13.** Médias dos caracteres agrônômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) para duas gerações segregantes de feijão (indivíduos F<sub>2</sub> e famílias F<sub>3</sub>) e das plantas selecionadas em famílias F<sub>3</sub> (F<sub>3</sub>SEL).

| Famílias | Médias         |                |                    |                |                |                    |                |                |                    |                |                |                    |                |                |                    |
|----------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|----------------|----------------|--------------------|
|          | CIC            |                |                    | EST            |                |                    | IPL            |                |                    | DIAM           |                |                    | NLP            |                |                    |
|          | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>3</sub> SEL | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>3</sub> SEL | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>3</sub> SEL | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>3</sub> SEL | F <sub>2</sub> | F <sub>3</sub> | F <sub>3</sub> SEL |
| SEC9     | 100            | 94             | 95                 | 100            | 49             | 62                 | 15             | 13             | 10                 | 10             | 5              | 6                  | 54             | 9              | 12                 |
| SEC10    | 99             | 95             | 91                 | 69             | 47             | 63                 | 14             | 8              | 10                 | 10             | 5              | 5                  | 40             | 8              | 10                 |
| SEC11    | 98             | 93             | 98                 | 74             | 53             | 67                 | 10             | 11             | 16                 | 10             | 5              | 6                  | 53             | 9              | 16                 |
| SEC15    | 91             | 89             | 91                 | 50             | 51             | 70                 | 12             | 12             | 12                 | 5              | 5              | 6                  | 42             | 11             | 14                 |
| SEC16    | 83             | 94             | 93                 | 80             | 52             | 100                | 13             | 13             | 12                 | 13             | 4              | 6                  | 49             | 8              | 31                 |
| SEC17    | 82             | 87             | 94                 | 68             | 40             | 80                 | 15             | 13             | 14                 | 12             | 4              | 6                  | 38             | 6              | 21                 |
| SEC37    | 106            | 100            | 91                 | 84             | 60             | 81                 | 12             | 13             | 16                 | 8              | 5              | 6                  | 36             | 14             | 24                 |
| SEC38    | 113            | 96             | 95                 | 74             | 61             | 68                 | 13             | 12             | 14                 | 8              | 6              | 7                  | 17             | 14             | 21                 |
| SEC40    | 108            | 91             | 91                 | 80             | 49             | 55                 | 10             | 11             | 11                 | 9              | 5              | 5                  | 42             | 12             | 14                 |
| SEC43    | 93             | 104            | 102                | 98             | 56             | 60                 | 12             | 11             | 11                 | 10             | 6              | 7                  | 27             | 15             | 20                 |
| SEC44    | 99             | 92             | 92                 | 76             | 59             | 66                 | 10             | 13             | 14                 | 11             | 6              | 7                  | 38             | 15             | 18                 |
| SEC45    | 92             | 91             | 91                 | 83             | 36             | 65                 | 13             | 12             | 13                 | 11             | 4              | 7                  | 39             | 7              | 23                 |
| SEC47    | 97             | 91             | 91                 | 100            | 57             | 69                 | 17             | 13             | 16                 | 14             | 6              | 8                  | 87             | 13             | 18                 |
| SEC48    | 107            | 92             | 91                 | 68             | 50             | 56                 | 13             | 12             | 16                 | 10             | 5              | 7                  | 41             | 9              | 15                 |
| SEC49    | 104            | 89             | 91                 | 99             | 46             | 66                 | 11             | 12             | 11                 | 7              | 4              | 5                  | 52             | 10             | 14                 |
| SEC57    | 97             | 93             | 91                 | 81             | 46             | 61                 | 18             | 12             | 16                 | 9              | 4              | 6                  | 36             | 7              | 11                 |
| SEC62    | 108            | 93             | 91                 | 82             | 34             | 60                 | 10             | 11             | 10                 | 8              | 5              | 6                  | 42             | 10             | 18                 |
| SEC67    | 105            | 90             | 91                 | 69             | 52             | 74                 | 9              | 12             | 11                 | 5              | 5              | 6                  | 21             | 11             | 16                 |
| SEC78    | 107            | 93             | 93                 | 86             | 51             | 61                 | 9              | 13             | 13                 | 7              | 5              | 6                  | 32             | 11             | 23                 |
| SEC79    | 99             | 92             | 93                 | 84             | 73             | 67                 | 10             | 23             | 12                 | 6              | 5              | 6                  | 26             | 10             | 20                 |
| SEC82    | 114            | 93             | 93                 | 115            | 60             | 94                 | 16             | 16             | 20                 | 11             | 6              | 5                  | 34             | 15             | 19                 |
| SEC86    | 108            | 93             | 92                 | 93             | 59             | 71                 | 18             | 13             | 14                 | 9              | 5              | 6                  | 29             | 13             | 18                 |
| SEC87    | 108            | 93             | 93                 | 67             | 48             | 59                 | 10             | 11             | 10                 | 7              | 5              | 6                  | 26             | 9              | 13                 |
| SEC91    | 97             | 91             | 93                 | 90             | 52             | 68                 | 10             | 11             | 15                 | 11             | 5              | 5                  | 59             | 10             | 14                 |
| SEC98    | 103            | 91             | 93                 | 48             | 49             | 60                 | 9              | 12             | 14                 | 6              | 5              | 7                  | 29             | 10             | 30                 |
| SEC99    | 103            | 96             | 93                 | 64             | 49             | 65                 | 7              | 13             | 9                  | 9              | 5              | 7                  | 43             | 10             | 25                 |
| SEC102   | 97             | 95             | 95                 | 47             | 48             | 68                 | 14             | 13             | 14                 | 6              | 5              | 5                  | 20             | 9              | 14                 |
| SEC111   | 89             | 91             | 91                 | 50             | 60             | 66                 | 8              | 14             | 14                 | 10             | 7              | 7                  | 62             | 19             | 24                 |

|        |     |    |    |     |    |    |    |    |    |    |   |    |    |    |    |
|--------|-----|----|----|-----|----|----|----|----|----|----|---|----|----|----|----|
| SEC112 | 105 | 93 | 93 | 76  | 48 | 59 | 12 | 12 | 15 | 10 | 6 | 6  | 42 | 13 | 20 |
| SEC117 | 101 | 95 | 99 | 63  | 44 | 69 | 11 | 11 | 11 | 7  | 5 | 6  | 14 | 8  | 14 |
| SEC119 | 97  | 91 | 89 | 46  | 46 | 96 | 10 | 12 | 10 | 6  | 5 | 8  | 22 | 10 | 37 |
| SEC121 | 112 | 92 | 91 | 120 | 69 | 79 | 10 | 16 | 15 | 9  | 8 | 8  | 46 | 25 | 34 |
| SEC122 | 90  | 93 | 93 | 57  | 66 | 68 | 10 | 12 | 12 | 12 | 6 | 7  | 33 | 19 | 21 |
| SEC123 | 102 | 92 | 92 | 80  | 66 | 79 | 15 | 16 | 16 | 12 | 7 | 9  | 56 | 18 | 30 |
| SEC126 | 101 | 92 | 92 | 67  | 58 | 58 | 11 | 15 | 13 | 10 | 6 | 5  | 59 | 15 | 23 |
| SEC127 | 100 | 97 | 98 | 100 | 61 | 78 | 10 | 12 | 16 | 9  | 6 | 6  | 48 | 12 | 19 |
| SEC128 | 105 | 93 | 93 | 71  | 62 | 58 | 13 | 12 | 13 | 7  | 5 | 7  | 29 | 12 | 18 |
| SEC130 | 90  | 93 | 93 | 75  | 53 | 64 | 6  | 13 | 15 | 12 | 6 | 7  | 70 | 14 | 21 |
| SEC131 | 95  | 94 | 93 | 74  | 69 | 74 | 9  | 13 | 14 | 7  | 7 | 8  | 37 | 18 | 22 |
| SEC134 | 98  | 93 | 93 | 80  | 55 | 61 | 9  | 12 | 16 | 9  | 5 | 6  | 41 | 8  | 12 |
| SEC135 | 89  | 94 | 93 | 65  | 44 | 62 | 14 | 13 | 18 | 10 | 5 | 7  | 56 | 10 | 17 |
| SEC136 | 89  | 93 | 93 | 50  | 41 | 63 | 5  | 12 | 12 | 10 | 5 | 7  | 71 | 11 | 24 |
| SEC137 | 100 | 94 | 93 | 90  | 61 | 76 | 14 | 12 | 12 | 9  | 6 | 6  | 36 | 15 | 28 |
| SEC139 | 88  | 93 | 93 | 70  | 64 | 76 | 7  | 14 | 13 | 10 | 5 | 6  | 47 | 11 | 20 |
| SEC140 | 90  | 92 | 93 | 80  | 66 | 70 | 15 | 13 | 14 | 10 | 6 | 7  | 41 | 14 | 20 |
| SEC141 | 96  | 93 | 91 | 105 | 41 | 72 | 11 | 12 | 14 | 9  | 5 | 7  | 28 | 8  | 25 |
| SEC143 | 89  | 93 | 93 | 57  | 58 | 69 | 7  | 13 | 14 | 5  | 5 | 6  | 15 | 12 | 16 |
| SEC144 | 90  | 93 | 93 | 96  | 65 | 73 | 7  | 13 | 15 | 10 | 6 | 7  | 41 | 16 | 26 |
| SEC145 | 100 | 93 | 93 | 58  | 55 | 60 | 12 | 12 | 14 | 9  | 6 | 6  | 36 | 14 | 17 |
| SEC154 | 100 | 93 | 93 | 105 | 67 | 80 | 16 | 16 | 14 | 10 | 7 | 6  | 50 | 13 | 16 |
| SEC156 | 100 | 93 | 93 | 83  | 49 | 62 | 9  | 13 | 15 | 10 | 5 | 7  | 46 | 10 | 17 |
| SEC159 | 90  | 93 | 94 | 88  | 55 | 57 | 8  | 13 | 17 | 10 | 6 | 9  | 60 | 13 | 25 |
| SEC160 | 101 | 93 | 93 | 90  | 58 | 73 | 5  | 13 | 11 | 9  | 6 | 7  | 37 | 13 | 21 |
| SEC167 | 104 | 94 | 93 | 80  | 44 | 66 | 6  | 13 | 24 | 9  | 5 | 7  | 24 | 10 | 8  |
| SEC172 | 100 | 95 | 94 | 110 | 53 | 72 | 9  | 12 | 10 | 10 | 5 | 7  | 32 | 13 | 29 |
| SEC173 | 113 | 94 | 94 | 75  | 48 | 68 | 10 | 13 | 14 | 8  | 5 | 6  | 23 | 16 | 32 |
| SEC185 | 100 | 94 | 94 | 87  | 54 | 59 | 9  | 12 | 14 | 15 | 7 | 9  | 44 | 13 | 22 |
| SEC208 | 112 | 96 | 94 | 62  | 35 | 64 | 5  | 11 | 10 | 6  | 4 | 9  | 19 | 6  | 31 |
| SEC223 | 109 | 93 | 93 | 67  | 41 | 74 | 10 | 12 | 15 | 5  | 5 | 7  | 15 | 9  | 21 |
| SEC227 | 112 | 94 | 94 | 62  | 40 | 73 | 13 | 13 | 7  | 12 | 5 | 11 | 40 | 8  | 36 |
| SEC230 | 101 | 94 | 94 | 78  | 47 | 66 | 10 | 13 | 8  | 9  | 6 | 10 | 36 | 10 | 42 |
| SEC232 | 96  | 94 | 94 | 98  | 33 | 75 | 14 | 13 | 17 | 8  | 4 | 9  | 28 | 8  | 34 |

Ao final da seleção, foram obtidas 227 plantas (6%), consideradas promissoras, em relação ao número total de indivíduos avaliados (n=3990). Nos indivíduos selecionados, pode ser observados valores maiores nas médias destes em relação aos não selecionados para todos os caracteres, exceção do caráter ciclo de planta (teste F;  $Pr > 0,05$ ) (Tabela 14). A partir da mesma tabela, pode ser verificada a presença de variância entre os indivíduos selecionados, evidenciando que nova seleção ainda possa ser praticada nestes.

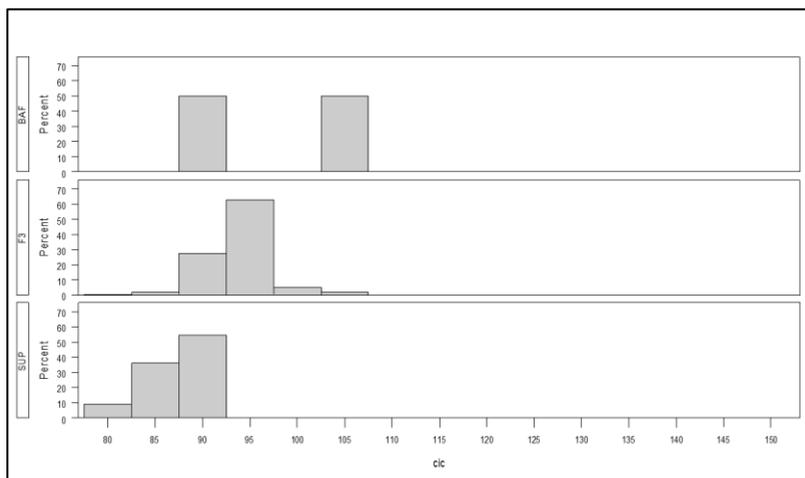
**Tabela 14.** Valores fenotípicos para os caracteres agrônômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) para os indivíduos não selecionados e selecionados de famílias de uma população F<sub>3</sub> segregante.

| Genótipos                  | Parâmetros | Características |       |      |      |      |
|----------------------------|------------|-----------------|-------|------|------|------|
|                            |            | CIC             | EST   | IPL  | DIC  | NLP  |
| Não selecionadas<br>n=3990 | Média      | 93,0            | 45*   | 12*  | 5*   | 8*   |
|                            | Desvio     | 3,5             | 16,1  | 4,1  | 1,2  | 4,9  |
|                            | Mínimo     | 80,0            | 9,0   | 2,0  | 1,3  | 1,0  |
|                            | Máximo     | 149,0           | 106,0 | 36,0 | 14,0 | 44,0 |
|                            | Variância  | 12,4            | 259,2 | 16,6 | 1,5  | 23,6 |
|                            | Amplitude  | 69,0            | 97,0  | 34,0 | 12,7 | 43,0 |
| Selecionadas<br>n=277      | Média      | 93,0            | 70*   | 14*  | 7*   | 21*  |
|                            | Desvio     | 4,4             | 14,0  | 3,7  | 1,5  | 8,6  |
|                            | Mínimo     | 84,0            | 37,0  | 6,5  | 4,0  | 7,0  |
|                            | Máximo     | 149,0           | 125,0 | 30,0 | 13,0 | 55,0 |
|                            | Variância  | 22,4            | 195,2 | 13,3 | 2,2  | 73,8 |
|                            | Amplitude  | 65,0            | 88,0  | 23,5 | 9,0  | 48,0 |

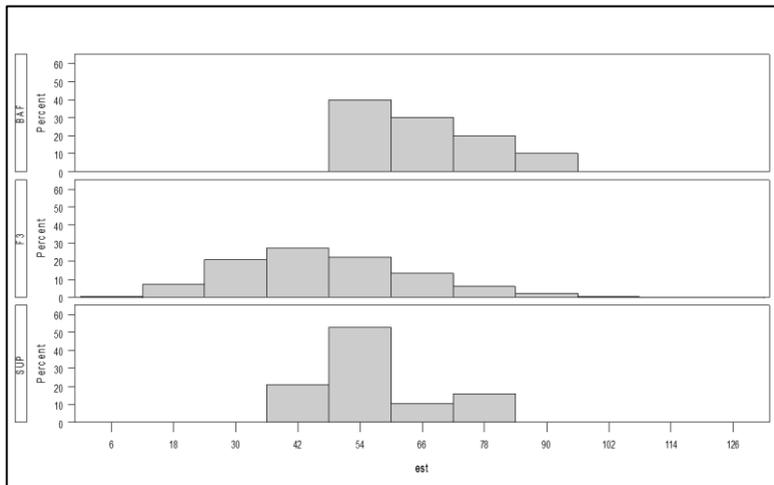
\*Significativo pelo teste F ao nível de probabilidade de erro de 5%

Momento oportuno para destacar que, na observação da distribuição de frequências dos indivíduos segregantes e dos pais, pode ser observada a presença de indivíduos da geração F<sub>3</sub> com médias acima dos pais (transgressivos), evidenciando mais uma vez a possibilidade de serem selecionados indivíduos promissores a partir da geração F<sub>3</sub> para todos os caracteres (Figuras 9, 10, 11, 12 e 13). Entretanto, para o caráter ciclo de planta (Figura 9), os indivíduos extremos para o aumento deste caráter não foram superiores em relação ao pai mais

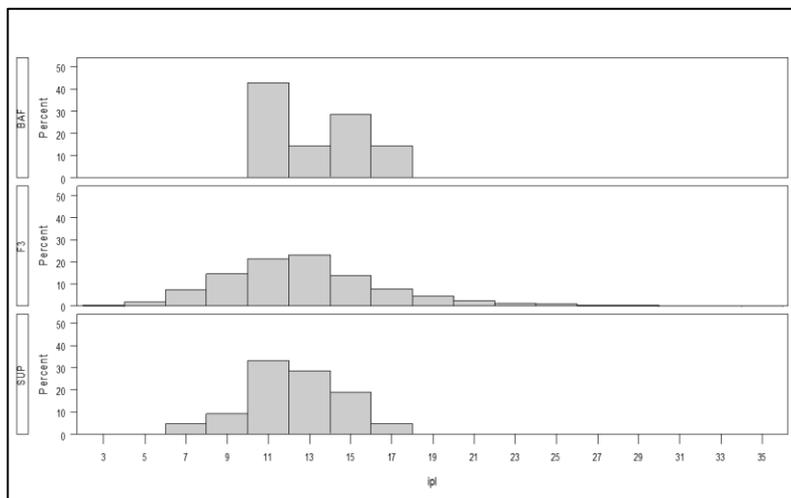
tardio (BAF 7). Tal fato pode ter influência direta na seleção de indivíduos com maior ciclo, sendo possível obter plantas de ciclo entre 90 a 110 dias, possivelmente. Para os demais caracteres, existe a possibilidade em se obter indivíduos com valores acima do valor dos pais, ou seja, indivíduos com até 114 cm para o caráter estatura de planta (Figura 10), inserções do primeiro legume com até 30 cm (Figura 11), 1,26 mm de diâmetro do colmo (Figura 12) e 40 legumes por planta (Figura 13). Obviamente, encontrar um indivíduo portador de todas essas características é uma tarefa difícil, embora, a partir dos resultados, com a seleção iniciada em  $F_3$ , existe tal possibilidade. Além disso, a constância nesses valores não é real, ou seja, é dependente de uma série de fatores que a influencia (efeito de ambiente, método de seleção, tamanho populacional, por exemplo).



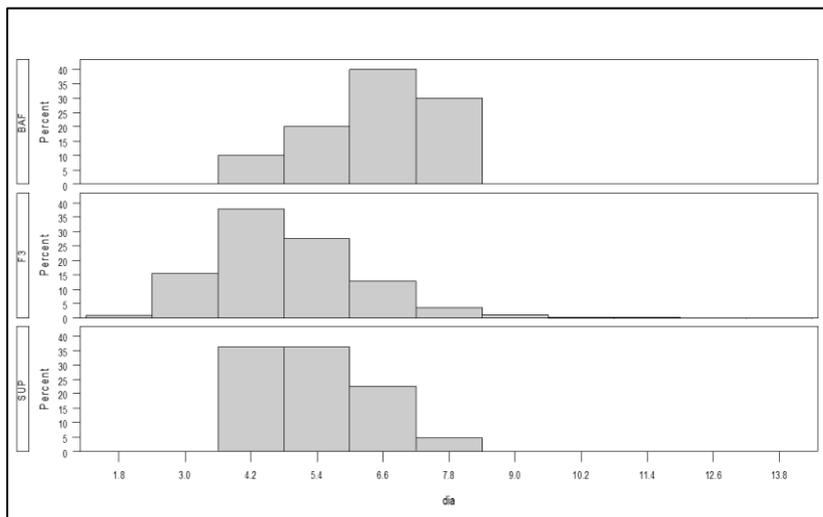
**Figura 9.** Distribuição fenotípica do caráter agrônômico ciclo de planta em dias para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante  $F_3$  de feijão.



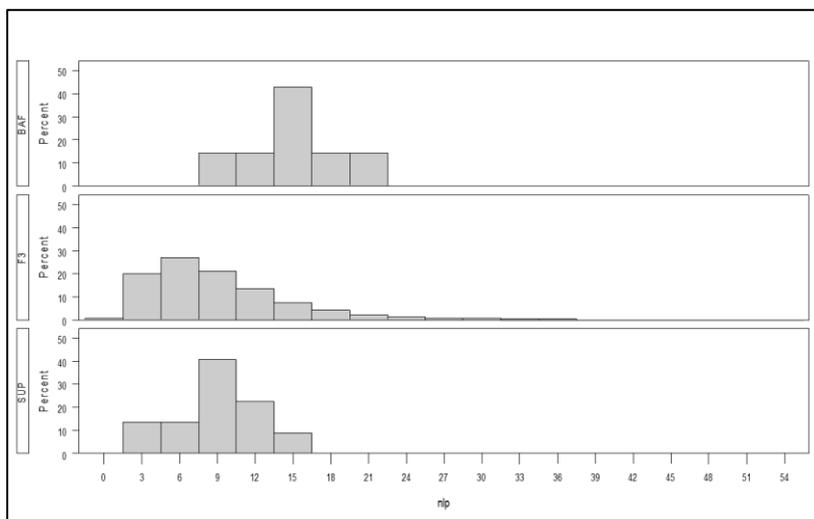
**Figura 10.** Distribuição fenotípica do caráter agrônômico estatura de planta em cm para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante F<sub>3</sub> de feijão.



**Figura 11.** Distribuição fenotípica do caráter agrônômico inserção do 1º legume em cm para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante F<sub>3</sub> de feijão.



**Figura 12.** Distribuição fenotípica do caráter agrônômico diâmetro de colo em mm para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante  $F_3$  de feijão.



**Figura 13.** Distribuição fenotípica do caráter agrônômico número de legumes por planta para dois genitores (BRS Supremo e BAF 7) e uma população segregante  $F_3$  de feijão.

Corroborando com a dificuldade supracitada, é importante destacar o controle genético dos caracteres em estudo. De modo que, a maior parte dos caracteres de importância econômica e agrônômica estudados em espécies vegetais é de natureza quantitativa (ALLARD, 1999). Em seus estudos em feijão, Ribeiro et al. (2004) verificaram ampla variabilidade para o caráter ciclo e estatura. Faleiro et al. (2003) mapearam alelos para o tempo de florescimento e de maturação, encontrando quatro e seis regiões genômicas que afetaram a expressão destas duas características, respectivamente, indicando que o ciclo pode ser de fato um caráter quantitativo. Existem relatos de que a época de florescimento é controlada por poucos genes, com dominância do alelo que condiciona a precocidade (TEIXEIRA et al., 1995). Santos e Vencosvsky (1986), estudando o controle genético em feijão-comum, evidenciaram que o controle gênico aditivo foi predominante em relação ao de dominância para os caracteres altura de inserção da primeira vagem, comprimento do ramo principal e número de internódios do ramo principal. Por outro lado, Teixeira et al. (1999), trabalhando com feijão-comum, mostraram que a arquitetura de planta é bastante influenciada pelo ambiente, destacando que o maior problema do melhoramento para a arquitetura de plantas é o efeito do ambiente. Avaliando um estudo dialélico em feijão, Rodrigues et al. (1998) verificaram que, para os caracteres diâmetro da vagem e altura de plantas, os efeitos de dominância se sobrepuseram aos de aditividade.

Essas evidências sugerem que todos os caracteres avaliados nesse estudo são desafiados pelo ambiente em maior magnitude. Como consequências, o ganho com a seleção é reduzido e as dificuldades em se encontrar um ideótipo de planta na população segregante é maior. Entretanto, como discutido anteriormente, ficou evidenciado que as médias dos indivíduos selecionados foram superiores aos não selecionados pelo teste F. Outra informação relevante é o ganho quantitativo para os caracteres-alvo do programa de melhoramento. Deste modo, a partir do diferencial de seleção dentro das famílias ( $\mu F_3$  selecionadas -  $\mu F_3$  não selecionadas) e da estimativa da herdabilidade ( $h^2$ ) é possível prever o ganho a partir da seleção (Tabela 15).

Assim sendo, os maiores ganhos possivelmente serão obtidos para os caracteres estatura de planta (ganho médio de 1,28 cm) e número de legumes por planta (ganho médio de 1 legume). Para os caracteres inserção do primeiro legume (ganho médio de 0,03 cm) e diâmetro de colmo (ganho médio de 0,10 mm) existe a possibilidade de ganho,

porém de menor magnitude. O caráter ciclo de planta revelou que ganhos com a seleção são baixos, entretanto, a partir dos resultados das variâncias e distribuição fenotípica, ainda existem indivíduos promissores dentro das famílias  $F_3$ , embora, a média dos indivíduos selecionados não tenha sido diferente dos não selecionados, pelo teste F (Tabela 14). Apesar do ganho parecer baixo, se a cada ciclo de seleção tais ganhos forem efetivados, é possível que em poucas gerações o ideótipo de planta seja alcançado. Deste modo, pode ser observado que, o ganho conjunto seria possível com a seleção sendo praticada dentro das famílias SEC11, SEC17, SEC91, SEC98, SEC117, SEC127, SEC140 e SEC159, ou seja, todas com diferenciais positivos. Por outro lado, as famílias SEC15, SEC40, SEC44, SEC45, SEC47, SEC78, SEC102, SEC111, SEC112, SEC122, SEC123, SEC130, SEC134, SEC136, SEC143, SEC144, SEC145, SEC156, SEC173, SEC185, SEC223 e SEC232 também podem ser consideradas promissoras, pois mesmo não havendo incremento no ciclo de plantas, o mesmo não é prejudicado. As demais famílias, com a seleção de indivíduos, alguns caracteres poderão ser melhorados, em detrimento de outros, como por exemplo, a família SEC119 obteve o maior ganho de estatura de planta (4 cm), porém, houve redução no ciclo de planta (-0,08 dias). Entretanto, esta família, assim como outras com o mesmo comportamento, pode ser utilizada em blocos de cruzamento, sendo o objetivo o incremento na inserção do primeiro legume. Porém, todas as famílias, independente do ganho merecem ser melhor estudadas na próxima geração ( $F_{2:4}$ ), inclusive as não selecionadas, mas colhidas em *bulk*, que deverão constituir a geração  $F_4$ .

**Tabela 15.** Diferencial de seleção (Ds), herdabilidade ampla ( $h^2_a = \sigma^2_{\text{famílias}} / \sigma^2_{\text{total}}$ ) e ganho por seleção (Gs) para os caracteres agrônômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP) para as famílias selecionadas em uma população segregante de feijão (famílias F<sub>3</sub>).

| Famílias | Médias |       |     |       |     |       |      |       |     |      |
|----------|--------|-------|-----|-------|-----|-------|------|-------|-----|------|
|          | CIC    |       | EST |       | IPL |       | DIAM |       | NLP |      |
|          | Ds     | Gs    | Ds  | Gs    | Ds  | Gs    | Ds   | Gs    | Ds  | Gs   |
| SEC9     | 1      | 0,04  | 13  | 1,04  | -3  | -0,12 | 1    | 0,07  | 3   | 0,30 |
| SEC10    | -4     | -0,16 | 16  | 1,28  | 2   | 0,08  | 0    | 0,00  | 2   | 0,20 |
| SEC11    | 5      | 0,20  | 14  | 1,12  | 5   | 0,20  | 1    | 0,07  | 7   | 0,70 |
| SEC15    | 2      | 0,08  | 19  | 1,52  | 0   | 0,00  | 1    | 0,07  | 3   | 0,30 |
| SEC16    | -1     | -0,04 | 48  | 3,84  | -1  | -0,04 | 2    | 0,14  | 23  | 2,30 |
| SEC17    | 7      | 0,28  | 40  | 3,20  | 1   | 0,04  | 2    | 0,14  | 15  | 1,50 |
| SEC37    | -9     | -0,36 | 21  | 1,68  | 3   | 0,12  | 1    | 0,07  | 10  | 1,00 |
| SEC38    | -1     | -0,04 | 7   | 0,56  | 2   | 0,08  | 1    | 0,07  | 7   | 0,70 |
| SEC40    | 0      | 0,00  | 6   | 0,48  | 0   | 0,00  | 0    | 0,00  | 2   | 0,20 |
| SEC43    | -2     | -0,08 | 4   | 0,32  | 0   | 0,00  | 1    | 0,07  | 5   | 0,50 |
| SEC44    | 0      | 0,00  | 7   | 0,56  | 1   | 0,04  | 1    | 0,07  | 3   | 0,30 |
| SEC45    | 0      | 0,00  | 29  | 2,32  | 1   | 0,04  | 3    | 0,21  | 16  | 1,60 |
| SEC47    | 0      | 0,00  | 12  | 0,96  | 3   | 0,12  | 2    | 0,14  | 5   | 0,50 |
| SEC48    | -1     | -0,04 | 6   | 0,48  | 4   | 0,16  | 2    | 0,14  | 6   | 0,60 |
| SEC49    | 2      | 0,08  | 20  | 1,60  | -1  | -0,04 | 1    | 0,07  | 4   | 0,40 |
| SEC57    | -2     | -0,08 | 15  | 1,20  | 4   | 0,16  | 2    | 0,14  | 4   | 0,40 |
| SEC62    | -2     | -0,08 | 26  | 2,08  | -1  | -0,04 | 1    | 0,07  | 8   | 0,80 |
| SEC67    | 1      | 0,04  | 22  | 1,76  | -1  | -0,04 | 1    | 0,07  | 5   | 0,50 |
| SEC78    | 0      | 0,00  | 10  | 0,80  | 0   | 0,00  | 1    | 0,07  | 12  | 1,20 |
| SEC79    | 1      | 0,04  | -6  | -0,48 | -11 | -0,44 | 1    | 0,07  | 10  | 1,00 |
| SEC82    | 0      | 0,00  | 34  | 2,72  | 4   | 0,16  | -1   | -0,07 | 4   | 0,40 |

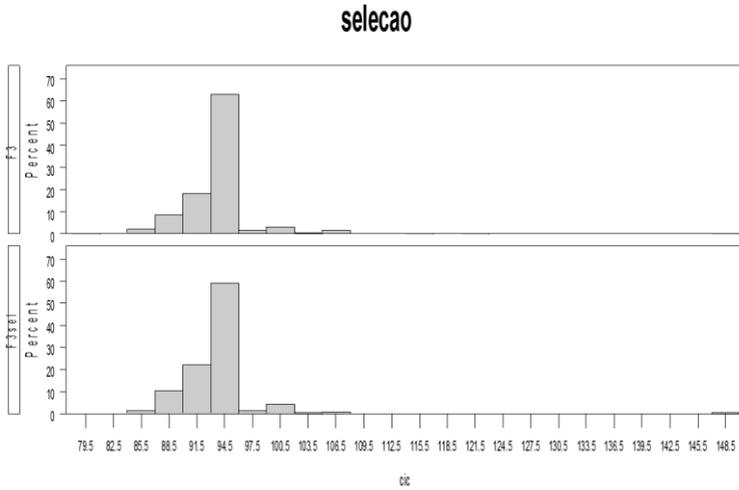
|        |    |       |    |       |    |       |    |       |    |      |
|--------|----|-------|----|-------|----|-------|----|-------|----|------|
| SEC86  | -1 | -0,04 | 12 | 0,96  | 1  | 0,04  | 1  | 0,07  | 5  | 0,50 |
| SEC87  | 0  | 0,00  | 11 | 0,88  | -1 | -0,04 | 1  | 0,07  | 4  | 0,40 |
| SEC91  | 2  | 0,08  | 16 | 1,28  | 4  | 0,16  | 0  | 0,00  | 4  | 0,40 |
| SEC98  | 2  | 0,08  | 11 | 0,88  | 2  | 0,08  | 2  | 0,14  | 20 | 2,00 |
| SEC99  | -3 | -0,12 | 16 | 1,28  | -4 | -0,16 | 2  | 0,14  | 15 | 1,50 |
| SEC102 | 0  | 0,00  | 20 | 1,60  | 1  | 0,04  | 0  | 0,00  | 5  | 0,50 |
| SEC111 | 0  | 0,00  | 6  | 0,48  | 0  | 0,00  | 0  | 0,00  | 5  | 0,50 |
| SEC112 | 0  | 0,00  | 11 | 0,88  | 3  | 0,12  | 0  | 0,00  | 7  | 0,70 |
| SEC117 | 4  | 0,16  | 25 | 2,00  | 0  | 0,00  | 1  | 0,07  | 6  | 0,60 |
| SEC119 | -2 | -0,08 | 50 | 4,00  | -2 | -0,08 | 3  | 0,21  | 27 | 2,70 |
| SEC121 | -1 | -0,04 | 10 | 0,80  | -1 | -0,04 | 0  | 0,00  | 9  | 0,90 |
| SEC122 | 0  | 0,00  | 2  | 0,16  | 0  | 0,00  | 1  | 0,07  | 2  | 0,20 |
| SEC123 | 0  | 0,00  | 13 | 1,04  | 0  | 0,00  | 2  | 0,14  | 12 | 1,20 |
| SEC126 | 0  | 0,00  | 0  | 0,00  | -2 | -0,08 | -1 | -0,07 | 8  | 0,80 |
| SEC127 | 1  | 0,04  | 17 | 1,36  | 4  | 0,16  | 0  | 0,00  | 7  | 0,70 |
| SEC128 | 0  | 0,00  | -4 | -0,32 | 1  | 0,04  | 2  | 0,14  | 6  | 0,60 |
| SEC130 | 0  | 0,00  | 11 | 0,88  | 2  | 0,08  | 1  | 0,07  | 7  | 0,70 |
| SEC131 | -1 | -0,04 | 5  | 0,40  | 1  | 0,04  | 1  | 0,07  | 4  | 0,40 |
| SEC134 | 0  | 0,00  | 6  | 0,48  | 4  | 0,16  | 1  | 0,07  | 4  | 0,40 |
| SEC135 | -1 | -0,04 | 18 | 1,44  | 5  | 0,20  | 2  | 0,14  | 7  | 0,70 |
| SEC136 | 0  | 0,00  | 22 | 1,76  | 0  | 0,00  | 2  | 0,14  | 13 | 1,30 |
| SEC137 | -1 | -0,04 | 15 | 1,20  | 0  | 0,00  | 0  | 0,00  | 13 | 1,30 |
| SEC139 | 0  | 0,00  | 12 | 0,96  | -1 | -0,04 | 1  | 0,07  | 9  | 0,90 |
| SEC140 | 1  | 0,04  | 4  | 0,32  | 1  | 0,04  | 1  | 0,07  | 6  | 0,60 |
| SEC141 | -2 | -0,08 | 31 | 2,48  | 2  | 0,08  | 2  | 0,14  | 17 | 1,70 |
| SEC143 | 0  | 0,00  | 11 | 0,88  | 1  | 0,04  | 1  | 0,07  | 4  | 0,40 |
| SEC144 | 0  | 0,00  | 8  | 0,64  | 2  | 0,08  | 1  | 0,07  | 10 | 1,00 |
| SEC145 | 0  | 0,00  | 5  | 0,40  | 2  | 0,08  | 0  | 0,00  | 3  | 0,30 |
| SEC154 | 0  | 0,00  | 13 | 1,04  | -2 | -0,08 | -1 | -0,07 | 3  | 0,30 |
| SEC156 | 0  | 0,00  | 13 | 1,04  | 2  | 0,08  | 2  | 0,14  | 7  | 0,70 |

|                |       |       |    |      |      |       |      |      |       |       |
|----------------|-------|-------|----|------|------|-------|------|------|-------|-------|
| SEC159         | 1     | 0,04  | 2  | 0,16 | 4    | 0,16  | 3    | 0,21 | 12    | 1,20  |
| SEC160         | 0     | 0,00  | 15 | 1,20 | -2   | -0,08 | 1    | 0,07 | 8     | 0,80  |
| SEC167         | -1    | -0,04 | 22 | 1,76 | 11   | 0,44  | 2    | 0,14 | -2    | -0,20 |
| SEC172         | -1    | -0,04 | 19 | 1,52 | -2   | -0,08 | 2    | 0,14 | 16    | 1,60  |
| SEC173         | 0     | 0,00  | 20 | 1,60 | 1    | 0,04  | 1    | 0,07 | 16    | 1,60  |
| SEC185         | 0     | 0,00  | 5  | 0,40 | 2    | 0,08  | 2    | 0,14 | 9     | 0,90  |
| SEC208         | -2    | -0,08 | 29 | 2,32 | -1   | -0,04 | 5    | 0,35 | 25    | 2,50  |
| SEC223         | 0     | 0,00  | 33 | 2,64 | 3    | 0,12  | 2    | 0,14 | 12    | 1,20  |
| SEC227         | 0     | 0,00  | 33 | 2,64 | -6   | -0,24 | 6    | 0,42 | 28    | 2,80  |
| SEC230         | 0     | 0,00  | 19 | 1,52 | -5   | -0,20 | 4    | 0,28 | 32    | 3,20  |
| SEC232         | 0     | 0,00  | 42 | 3,36 | 4    | 0,16  | 5    | 0,35 | 26    | 2,60  |
| Média          | -0,13 | -0,01 | 16 | 1,28 | 0,74 | 0,03  | 1,37 | 0,10 | 11,76 | 0,94  |
| h <sup>2</sup> |       | 0,04  |    | 0,08 |      | 0,04  |      | 0,07 |       | 0,10  |

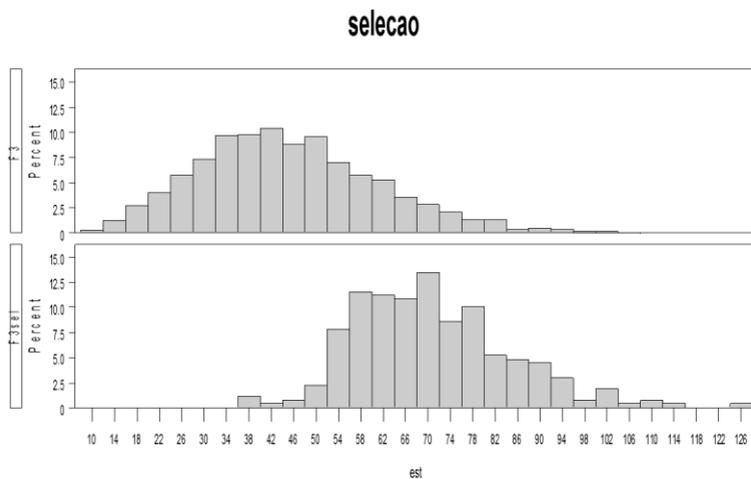
Os deslocamentos dos valores médios dos indivíduos selecionados em  $F_3$  corrobora com os resultados supracitados (Figuras 14, 15, 16, 17 e 18). De modo que, com a seleção realizada, as novas médias da próxima geração ( $F_{2:4}$ ) serão maiores em relação a geração anterior ( $F_3$ ), revelando ganhos médios, para todos os caracteres avaliados. Ao se observar os resultados é possível prever que os ganhos serão mais acentuados para os caracteres estatura de planta (Figura 15), diâmetro do colmo (Figura 17) e número de legumes por planta (Figura 18). Em contrapartida, valores menores serão obtidos para os caracteres ciclo de planta (Figura 14) e inserção do primeiro legume (Figura 16).

Especificamente para o caráter ciclo de planta, é oportuno realizar novos cruzamentos já na próxima geração entre plantas de maior estatura com plantas de ciclo mais longo, do mesmo grupo de plantas deste cruzamento, já que contém os genomas dos dois genitores. Outra alternativa é verificar na próxima geração o comportamento dos indivíduos selecionados em relação ao ciclo de planta, pois conforme evidenciado, é fortemente influenciado pelo ambiente. Além disso, existe a possibilidade de novamente conduzir em campo as famílias  $F_3$ , pois parte das sementes foi colhida em *bulk*, e novamente efetuar a seleção entre e dentro das famílias. Ademais, com a seleção de indivíduos portadores das características de interesse, é possível que o ciclo de planta permaneça em torno de 90 a 100 dias, o que poderia ser considerado de interesse para o cultivo na Serra Catarinense.

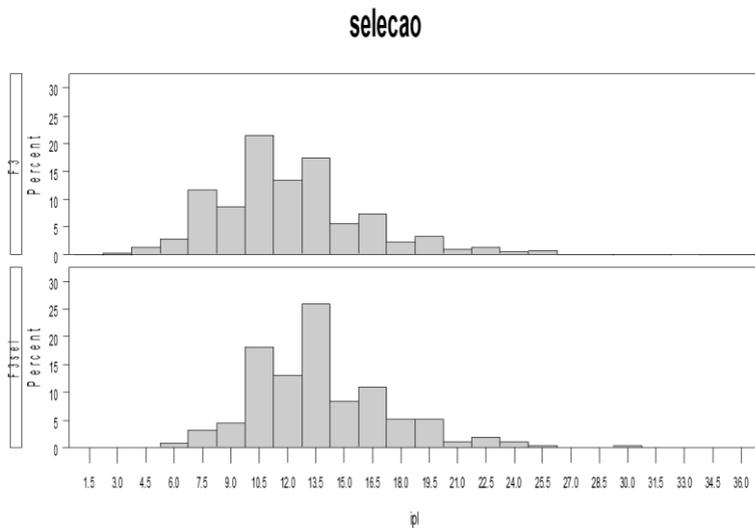
Uma das decisões mais importantes do melhorista é identificar, entre as muitas populações segregantes obtidas, as poucas com maior chance de originar linhagens superiores, e concentrar sua atenção sobre estas populações, sendo que esta decisão deve ser tomada em gerações precoces, se possível (RIBEIRO et al., 2009). Assim sendo, os resultados são importantes para o programa de melhoramento de feijão para a Serra Catarinense, pois a obtenção de indivíduos promissores é viável. Além disso, há um acentuado ganho a partir da seleção, e a expectativa é que dentro de algumas gerações possam ser indicados indivíduos para participarem de ensaios de cultivo, como por exemplo, os Ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU).



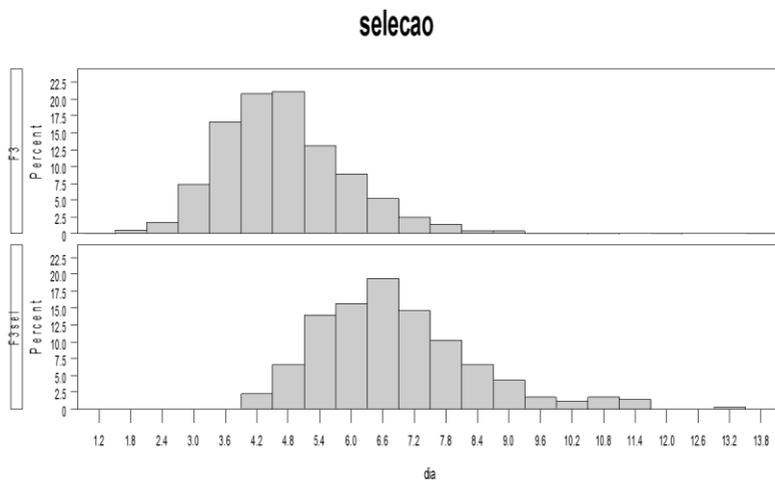
**Figura 14.** Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$  Sel) após a seleção praticada em  $F_3$  ( $F_3$ ) para o caráter ciclo de planta em dias.



**Figura 15.** Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$  Sel) após a seleção praticada em  $F_3$  ( $F_3$ ) para o caráter estatura de plantas em cm.

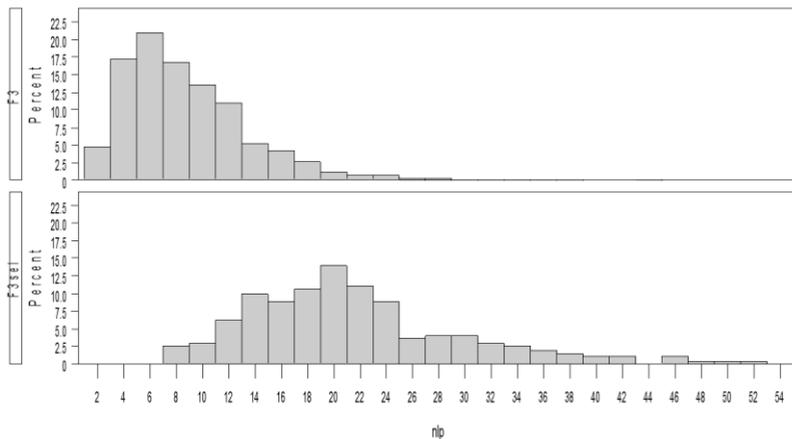


**Figura 16.** Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$  Sel) após a seleção praticada em  $F_3$  ( $F_3$ ) para o caráter inserção do primeiro legume em cm.



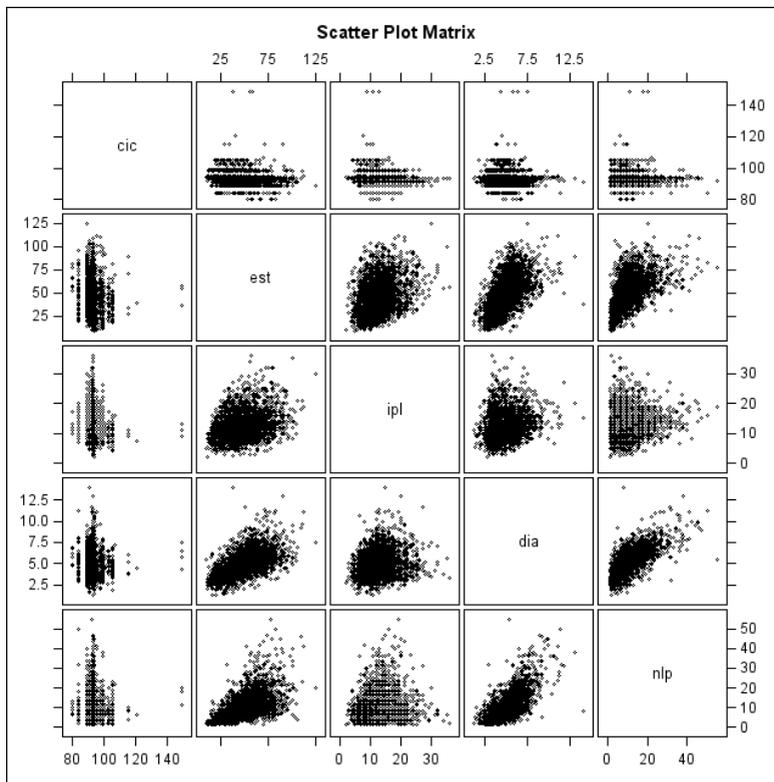
**Figura 17.** Deslocamento dos valores médios dos indivíduos ( $F_3$  Sel) após a seleção praticada em  $F_3$  ( $F_3$ ) para o caráter diâmetro de colmo em mm.

### selecao



**Figura 18.** Deslocamento dos valores médios dos indivíduos (F<sub>3</sub> Sel) após a seleção praticada em F<sub>3</sub> (F3) para o caráter número de legumes por planta.

A dispersão da correlação fenotípica (Figura 19) entre os caracteres rendimento de grãos e ciclo de planta evidenciam a presença de significância na correlação entre os caracteres em estudo, sendo que, a matriz de dispersão (BECKER et al., 1987) mostra as relações entre diversas variáveis tomadas duas de cada vez. As elipses de confiança (MOORE e MCCABE, 1989) por sua vez, são utilizadas graficamente como um indicador de correlação. Assim, quando duas variáveis são correlacionadas, a elipse de confiança é de forma circular, e na medida em que a correlação entre as variáveis é mais forte, a elipse fica mais alongada (SAS Insitute, 1997). Deste modo, a partir da matriz de correlação (Figura 19) pode ser verificada que a existência de correlação positiva e significativa entre o caráter estatura de planta com a inserção do primeiro legume (0,30), o diâmetro de colmo (0,62) e o número de legumes por planta (0,74) e; o caráter inserção do primeiro legume com o caráter diâmetro de colmo (0,19). O caráter ciclo de planta revelou correlação negativa com todos os caracteres avaliados. Cabe salientar que, os valores de correlação foram baixos, com exceção dos caracteres estatura de planta x diâmetro de colmo e estatura de planta x número de legumes por planta (Figura 11). Tal fato pode viabilizar a seleção de plantas com maior estatura, pois esta está correlacionada positivamente com o número de legumes por planta, bem como o diâmetro de colmo. Por revelar uma correlação baixa, o caráter ciclo de planta provavelmente não irá interferir no aumento do rendimento, e deste modo, a seleção de indivíduos tardios, aliados a maior estatura de planta, deve ser continuada.



**Figura 19.** Dispersão da correlação fenotípica entre os caracteres ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIA) e número de legumes por planta (NLP) em uma população segregante de feijão ( $F_3$ ).

Apesar do avanço observado com a seleção, é importante se ter o conhecimento dos principais fatores que influenciam a variância fenotípica dos caracteres, pois o melhorista poderá direcionar a seleção. Na estimativa dos componentes da variância (Tabela 16), pode ser evidenciado a magnitude do efeito das famílias ( $\sigma^2_{famílias}$ ), das épocas ( $\sigma^2_{épocas}$ ), da interação famílias e épocas ( $\sigma^2_{famílias \times épocas}$ ), da variância dentro ( $\sigma^2_d$ ) e entre as famílias ( $\sigma^2_e$ ). Assim sendo, para todos os caracteres, o efeito da variação entre as famílias foi o mais pronunciado. Ou seja, de modo geral, pode ser dito que há um maior efeito do ambiente sobre todos os caracteres, assim como Bertoldo et al. (2009)

verificaram que o ambiente exerce uma forte influencia sobre o caráter rendimento de grãos.

**Tabela 16.** Estimativa dos componentes da variância fenotípica ( $\sigma^2F_3$ ), variância das famílias ( $\sigma^2_{\text{famílias}}$ ), épocas ( $\sigma^2_{\text{épocas}}$ ), interação famílias e épocas ( $\sigma^2_{\text{famílias} \times \text{épocas}}$ ), variância dentro das famílias ( $\sigma^2_d$ ), entre as famílias ( $\sigma^2_e$ ), variâncias média dos pais ( $\sigma^2_{\text{média dos pais}}$ ) e herdabilidade no sentido amplo em uma população segregante de feijão ( $F_3$ ) para os caracteres ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP)

| Componentes da $\sigma^2$                         | Caracteres |        |       |      |       |
|---|------------|--------|-------|------|-------|
|   | CIC        | EST    | IPL   | DIA  | NLP   |
| $\sigma^2_{\text{famílias}}$                      | 0,65       | 27,55  | 0,60  | 0,15 | 3,95  |
| $\sigma^2_{\text{épocas}}$                        | 1,75       | 49,95  | 0,84  | 0,17 | 0,30  |
| $\sigma^2_{\text{famílias} \times \text{épocas}}$ | 7,98       | 103,53 | 4,53  | 0,64 | 10,37 |
| $\sigma^2_d$                                      | 3,68       | 12,72  | 0     | 0,08 | 0,92  |
| $\sigma^2_e$                                      | 2,82       | 143,00 | 10,65 | 0,96 | 23,58 |
| $\sigma^2F_3$                                     | 16,87      | 336,76 | 16,62 | 2,01 | 39,12 |
| $\sigma^2_{\text{média dos pais}}$                | 10,34      | 137,12 | 16,34 | 1,27 | 13,15 |
| $h^2(\%)$   | 4          | 8      | 4     | 7    | 10    |

Apesar da elevada magnitude do efeito de ambiente, há existência de variabilidade, tanto entre quanto dentro das famílias, esta de menor magnitude. Fato interessante é que, a variação devido à interação entre famílias e épocas também foi de elevada magnitude. Segundo Marchioro et al. (2003) a interação, além de influenciar os ganhos genéticos, dificulta a recomendação de genótipos, para ambientes distintos. Por outro lado, os melhoristas podem utilizar a informação da interação entre genótipos e ambientes a seu favor (BERTOLDO et al., 2009). Esse resultado é pertinente para o objetivo do melhoramento para a Serra Catarinense, pois se objetiva alcançar um genótipo adaptado às condições específicas de ambiente da Serra Catarinense. Assim sendo, o cultivo de algumas famílias na primeira época foi viável (outubro), porém na segunda não (dezembro), e vice-versa.

Cabe ressaltar que o cultivo em dezembro não é o recomendado para a região de interesse, sendo recomendado o cultivo do feijão no início da janela (outubro). Ainda, as maiores perdas foram observadas na segunda época, com uma maior incidência de doenças (antracnose, crestamento, ferrugem e murcha), o que desfavoreceu algumas famílias. Porém, este resultado pode estar revelando que para algumas famílias, a semeadura tardia pode ser proveitosa, enquanto para outras, a precocidade na semeadura. Para os objetivos do melhoramento na Serra Catarinense, o ideal seria adiantar a semeadura, pois, como se almeja alcançar um ideótipo com ciclo tardio, este teria maior tempo para se expressar. Tais constituições estão representadas na população segregante  $F_3$ , podendo o melhorista optar por indivíduos cujas interações foram mais significativas na primeira época, ou na segunda.

O resultado obtido nas predições do efeito da interação entre famílias e épocas corrobora com o supracitado, ficando evidente que as famílias apresentaram comportamentos distintos frente às duas épocas de cultivo (Tabela 17). Assim, o ideal, dentro do contexto do ideótipo de planta almejado para a Serra Catarinense, seria que todas as predições de uma família fossem positivas. De modo que, a única família onde as predições foram positivas foi a SEC127. Tal fato pode estar indicando que esta família é a mais insensível frente às mudanças de ambiente. Por outro lado, as famílias SEC38, SEC99, SEC121, SEC123, SEC126, SEC128, SEC137, SEC140, SEC144 e SEC160 evidenciaram um comportamento próximo ao da família SEC127, pois apresentaram na sua maioria, predições positivas (somente um ou dois BLUP's foram negativos). Essas famílias merecem uma atenção maior na próxima geração, no sentido de verificar se este comportamento se repetirá, pois, caso apresentem-se menos sensíveis às mudanças de ambiente, futuramente seu cultivo poderia ser expandido para regiões com condições similares a da Serra Catarinense.

**Tabela 17.** BLUP  $\hat{s}$  para as famílias selecionadas em uma população segregante de feijão (famílias F<sub>3</sub>) comuns a ambas as épocas (outubro e dezembro) para os caracteres agrônômicos ciclo de planta em dias (CIC), estatura de planta em cm (EST), inserção do 1º legume em cm (IPL), diâmetro de colo em mm (DIC) e número de legumes por planta (NLP).

| Famílias     | BLUP $\hat{s}$ |             |             |             |             |              |             |             |             |             |
|--------------|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
|              | CIC            |             | EST         |             | IPL         |              | DIA         |             | NLP         |             |
|              | Épocas         |             | Épocas      |             | Épocas      |              | Épocas      |             | Épocas      |             |
|              | 1              | 2           | 1           | 2           | 1           | 2            | 1           | 2           | 1           | 2           |
| SEC9         | 0,99           | 0,83        | 6,66        | -7,09       | -0,09       | 1,63         | 0,28        | -0,40       | 1,46        | -3,54       |
| SEC11        | 2,04           | -4,56       | 10,41       | -9,16       | -0,74       | 1,12         | 0,34        | -0,74       | 2,11        | -4,09       |
| SEC15        | -1,58          | -6,35       | 7,12        | -4,65       | 0,28        | -0,26        | 0,01        | 0,65        | 1,04        | 0,72        |
| SEC16        | -1,20          | 2,20        | 10,21       | -6,30       | -0,16       | 0,28         | 0,15        | -0,97       | 4,14        | -3,78       |
| SEC17        | -1,09          | -6,49       | 6,42        | -16,58      | -0,56       | 0,79         | -0,13       | -1,18       | 0,72        | -4,27       |
| SEC37        | 8,64           | -3,04       | 3,35        | 9,18        | -1,11       | 1,05         | -0,09       | 0,45        | 0,08        | 4,43        |
| <b>SEC38</b> | <b>0,88</b>    | <b>4,21</b> | <b>8,14</b> | <b>5,30</b> | <b>0,36</b> | <b>-0,89</b> | <b>0,71</b> | <b>0,30</b> | <b>3,87</b> | <b>1,03</b> |
| SEC44        | -0,27          | -1,27       | 4,45        | 12,77       | 0,65        | 0,20         | 0,81        | 0,77        | 1,62        | 4,63        |
| SEC48        | -4,16          | 1,50        | 5,23        | -3,89       | 0,72        | -1,54        | 0,58        | -0,76       | 1,37        | -1,79       |
| SEC49        | -1,64          | -6,44       | 9,71        | -16,26      | -0,64       | -0,16        | 0,30        | -1,34       | 2,53        | -3,63       |
| SEC57        | 0,38           | 2,05        | 0,15        | -2,03       | -0,45       | 0,08         | -0,36       | -0,18       | -0,78       | -1,58       |
| SEC67        | -1,86          | -2,02       | -0,67       | 5,92        | -0,45       | -0,58        | 0,12        | 0,03        | 0,24        | 1,54        |
| SEC86        | -0,43          | -0,53       | 6,63        | 8,55        | 0,82        | -1,06        | 0,28        | 0,44        | 0,49        | 4,55        |
| SEC87        | -0,59          | 1,14        | 1,31        | 1,89        | -1,36       | -0,01        | -0,11       | 0,30        | -0,88       | 0,92        |

|               |              |              |              |              |              |              |             |              |              |              |
|---------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|--------------|
| SEC91         | -0,26        | -6,16        | 6,23         | -0,40        | -0,26        | -2,09        | -0,02       | -0,09        | 0,41         | 0,01         |
| SEC98         | -0,24        | -2,29        | 1,74         | -0,67        | -2,05        | 2,88         | 0,31        | -0,55        | 1,84         | -2,03        |
| <b>SEC99</b>  | <b>2,19</b>  | <b>2,41</b>  | <b>3,02</b>  | <b>1,00</b>  | <b>0,44</b>  | <b>0,38</b>  | <b>0,55</b> | <b>-0,26</b> | <b>0,87</b>  | <b>-1,64</b> |
| SEC102        | 2,91         | 0,98         | 7,78         | -9,45        | -0,17        | 0,52         | -0,03       | -0,43        | -0,40        | -0,23        |
| SEC111        | -0,70        | -0,64        | 13,23        | 0,28         | 3,41         | -0,90        | 2,06        | 0,40         | 7,09         | 2,84         |
| SEC112        | -1,01        | 1,27         | 10,41        | -12,09       | 0,66         | -1,30        | 1,04        | -0,32        | 5,13         | -1,53        |
| SEC119        | 0,10         | -6,48        | -3,14        | 6,06         | 0,27         | -0,59        | 0,11        | -0,44        | -0,70        | 2,10         |
| <b>SEC121</b> | <b>-0,22</b> | <b>-2,18</b> | <b>14,15</b> | <b>8,89</b>  | <b>2,49</b>  | <b>2,05</b>  | <b>1,37</b> | <b>1,40</b>  | <b>7,63</b>  | <b>6,78</b>  |
| <b>SEC123</b> | <b>-0,65</b> | <b>-0,44</b> | <b>11,73</b> | <b>9,36</b>  | <b>3,25</b>  | <b>1,36</b>  | <b>1,36</b> | <b>1,11</b>  | <b>4,38</b>  | <b>4,32</b>  |
| <b>SEC126</b> | <b>-1,08</b> | <b>-2,08</b> | <b>8,01</b>  | <b>5,38</b>  | <b>2,21</b>  | <b>1,49</b>  | <b>0,57</b> | <b>0,55</b>  | <b>4,33</b>  | <b>-0,22</b> |
| <b>SEC127</b> | <b>4,78</b>  | <b>0,69</b>  | <b>9,47</b>  | <b>8,24</b>  | <b>3,83</b>  | <b>0,14</b>  | <b>0,41</b> | <b>0,33</b>  | <b>1,56</b>  | <b>1,42</b>  |
| <b>SEC128</b> | <b>-0,60</b> | <b>1,21</b>  | <b>5,61</b>  | <b>10,92</b> | <b>0,15</b>  | <b>-0,88</b> | <b>0,02</b> | <b>0,23</b>  | <b>0,26</b>  | <b>2,20</b>  |
| SEC130        | -0,59        | 1,20         | 9,05         | -5,25        | 1,37         | -0,86        | 1,11        | -0,17        | 4,89         | -1,64        |
| SEC134        | -0,63        | 1,09         | 6,88         | 2,42         | -0,49        | 0,36         | 0,09        | 0,59         | -0,17        | -1,29        |
| SEC135        | 0,99         | 1,91         | -0,43        | -3,66        | 0,32         | 0,42         | 0,10        | -0,39        | 1,13         | -1,28        |
| SEC136        | -0,49        | 1,34         | -4,14        | -2,17        | 0,32         | -0,81        | -0,05       | 0,27         | -0,38        | 3,35         |
| <b>SEC137</b> | <b>0,36</b>  | <b>1,60</b>  | <b>16,34</b> | <b>-5,81</b> | <b>0,67</b>  | <b>-1,16</b> | <b>0,43</b> | <b>0,50</b>  | <b>3,61</b>  | <b>1,35</b>  |
| SEC139        | -0,58        | 1,20         | 5,60         | 10,50        | -0,01        | 1,61         | -1,10       | 0,70         | -0,42        | 1,46         |
| <b>SEC140</b> | <b>-0,67</b> | <b>1,17</b>  | <b>9,53</b>  | <b>13,09</b> | <b>0,83</b>  | <b>-0,62</b> | <b>0,81</b> | <b>0,59</b>  | <b>1,99</b>  | <b>2,92</b>  |
| SEC141        | -0,35        | -1,94        | -6,77        | 9,66         | -0,39        | -0,28        | -0,59       | 1,33         | -2,42        | 4,27         |
| <b>SEC144</b> | <b>0,03</b>  | <b>1,08</b>  | <b>8,58</b>  | <b>11,90</b> | <b>-1,32</b> | <b>3,35</b>  | <b>0,59</b> | <b>0,82</b>  | <b>-0,16</b> | <b>7,85</b>  |

|               |              |             |              |              |             |             |             |             |             |              |
|---------------|--------------|-------------|--------------|--------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| SEC154        | -0,59        | 1,19        | 19,41        | -0,73        | 4,84        | -0,39       | 0,96        | 1,04        | -0,03       | 3,47         |
| SEC156        | -0,24        | 1,35        | -0,11        | 4,64         | 0,60        | -0,43       | -0,06       | 1,00        | -1,53       | 3,29         |
| SEC159        | -0,20        | 1,28        | 13,65        | -13,37       | 0,98        | -0,07       | 1,11        | -0,69       | 4,36        | -3,67        |
| <b>SEC160</b> | <b>-0,93</b> | <b>1,43</b> | <b>14,73</b> | <b>-6,92</b> | <b>0,18</b> | <b>1,70</b> | <b>0,54</b> | <b>0,50</b> | <b>3,49</b> | <b>-1,03</b> |
| SEC185        | -0,02        | 1,36        | 10,62        | -8,12        | 0,45        | -1,45       | 1,72        | 0,47        | 3,00        | -0,42        |
| SEC208        | 3,54         | 2,35        | -1,38        | -17,08       | -1,08       | 0,20        | 0,30        | -1,52       | 0,12        | -4,12        |
| SEC223        | -0,55        | 1,56        | -3,84        | -3,52        | 1,17        | -1,20       | -0,22       | 0,01        | -2,21       | 2,16         |
| SEC227        | 0,56         | 1,22        | -0,57        | -10,80       | -0,09       | 1,24        | -0,14       | -0,52       | 0,34        | -2,49        |
| SEC230        | 0,31         | 1,09        | 6,78         | -11,47       | -0,45       | 2,32        | 1,20        | -1,05       | 3,30        | -3,96        |

## CONCLUSÕES

Foi possível com a seleção, a partir de famílias da geração F<sub>3</sub>, obter indivíduos superiores a partir do cruzamento entre os genótipos BRS Supremo e BAF 7. Houve incremento nos caracteres em estudo com a seleção entre e dentro das famílias segregantes de feijão.

Na constituição fenotípica dos caracteres avaliados, a maior contribuição pode ser associada ao ambiente e a interação genótipo e ambiente. A família SEC127 foi insensível frente às épocas avaliadas para todos os caracteres. As famílias SEC11, SEC15, SEC17, SEC38, SEC40, SEC44, SEC45, SEC47, SEC78, SEC91, SEC98, SEC99, SEC102, SEC111, SEC112, SEC117, SEC121, SEC122, SEC123, SEC126, SEC127, SEC128, SEC130, SEC134, SEC136, SEC137, SEC140, SEC143, SEC144, SEC145, SEC156, SEC159, SEC160, SEC173, SEC185, SEC223 e SEC232 foram consideradas as mais promissoras no conjunto de caracteres avaliados.

A partir das correlações entre os caracteres avaliados, foi possível verificar que a seleção simultânea pode ser praticada e que plantas com maior estatura e ciclo prolongado podem produzir mais. Finalmente para uma das características, que é o ciclo tardio, o progresso genético foi aquém do esperado, razão pela qual é sugerida a realização de novos cruzamentos, mesmo entre plantas ainda não totalmente homozigotas e plantas de ciclo tardio, a verificação do comportamento dos indivíduos selecionados em relação ao ciclo de planta na próxima geração e novamente conduzir em campo as famílias F<sub>3</sub>, pois parte das sementes foi colhida em *bulk*, e novamente efetuar a seleção entre e dentro das famílias.

## AGRADECIMENTOS

À UFSC, UDESC, ao CNPq, a CAPES e à FAPESC pela concessão de bolsa e pelo apoio financeiro no desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRITEMPO. Disponível em:  
<http://www.agritempo.gov.br/agroclima/sumario>. Pesquisado em:  
 11/05/2011.
- BACKES, R.L.; ELIAS, H.T.; HEMP, S.; NICKNICH, W. Adaptabilidade e estabilidade de genótipos de feijoeiro no estado de Santa Catarina. **Acta Scientiarum Agronomy**, v.1, p.309-314, 2005.
- BECKER, R.A.; CLEVELAND, W.S.; WILKS, A.R. Dynamic Graphics for Data Analysis. **Statistical Science**, v.2, p.355-382, 1987.
- BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; GUIDOLIN, A.F.; NODARI, R.O.; ELIAS, H.T.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; ROZZETTO, D.S. Rendimento de grãos em feijão preto: o componente que mais interfere no valor fenotípico é o ambiente. **Ciência Rural**, v.39, p.1974-1982, 2009.
- BERTOLDO, J.G.; COIMBRA, J.L.M.; NODARI, R.O.; GUIDOLIN, A.F.; HEMP, S.; BARILI, L.D.; VALE, N.M.; ROZZETO, D.S. Stratification of the state of Santa Catarina in macroenvironments for bean cultivation. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.9, p.335-343, 2009.
- MARCHIORO, V.S.; CARVALHO, F.I.F.; OLIVEIRA, A.C. et al. Expressão do fenótipo em populações de aveia conduzidas em diferentes ambientes. **Ciência Rural**, v.33, n.4, p.651-656, 2003.
- MOORE, D.S.; MCCABE, G.P. **Introduction to the Practice of Statistics**. New York: W.H. Freeman and Company, 1989. p.179-199.
- RIBEIRO, A. S.; TOLEDO, J.F.R.; RAMALHO, M.A.P. Selection strategies of segregant soybean populations for resistance to Asian rust. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.44, n.11, p.1452-1459, 2009.

ROCHA, F.; COAN, M.M.D; COIMBRA, J.L.M.; BERTOLDO, J.G; GUIDOLIN, A.F.; KOPP, M.M. Root distribution in common bean populations used in breeding programs. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.10, p. 40-47, 2010.

RODRIGUES, R.; LEAL, N.R.; PEREIRA, M.G. Análise dialélica de seis características agronômicas em *Phaseolus vulgaris* L. **Bragantia**, v.57, n.2, 1998.

SANTOS J. B. dos.; VESCOVSKY, R. controle genético de alguns componentes do porte da planta em feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. v. 21, p. 957-963, 1986.

SAS Institute Inc. SAS 9.1.3 (TS1M3) for windows microsoft. Cary, NC, SAS Institute, 2007.

TEIXEIRA, F. F.; RAMALHO M. A. P.; ABREU, A. F. B. Genetic control of plant architecture in the common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). **Genetics and Molecular Biology**, v.22, n.4, 577-582, 1999.

WHITE, J.W. **Aspectos fisiológicos de la precocidade em el fríjon común**. BEEBE, S. (ed.). IN: Temas actuales em mejoramiento genético del frijón común. n.47, 465 pp. Programa de Frijol, CIAT; Cali, Colômbia, 1989.

## 11. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O melhoramento genético do feijão vem privilegiando, em geral, o desenvolvimento de variedades precoces de baixa estatura. Além disso, as empresas de melhoramento procuram escala para as suas variedades, o que implica na necessidade de adaptabilidade a amplas regiões de cultivo.

O resultado é a inexistência de variedades adaptadas e produtivas em certos ambientes. Esta lacuna motivou a realização do presente trabalho. Os resultados foram compensadores, não só em termos de aprendizagem e acúmulo de experiências, mas também pelo fato de deixar em aberto uma nova realidade para futuras variedades de feijão adaptadas a Serra Catarinense.

Os resultados até agora obtidos permitem inferir que no melhoramento de feijão é imprescindível a recomendação de cultivares cada vez mais específicas. Assim, para dois ambientes distintos, a cultivar indicada pode não ser a mesma. Tal fato foi evidenciado, em vários ensaios, pela alta magnitude da influência do ambiente sobre o caráter rendimento de grãos e pela diversidade de ambientes no Estado de Santa Catarina. Ainda, pode ser estendido para outros caracteres, pois provavelmente em muitos deles, o ambiente também é um fator decisivo no comportamento da cultivar. Entretanto, a recomendação de cultivares para vários ambientes pode ser praticada, porém são poucos genótipos com capacidade de produção superior ao longo dos ambientes. Desta forma, o mais adequado seria a divisão do Estado de Santa Catarina em grupos de ambientes para recomendação e cultivo. Para a Serra de Santa Catarina, por exemplo, o novo genótipo pode agregar características como um maior ciclo e estatura elevada com maior rendimento de grãos. Em outras regiões, o ideótipo pode ser outro.

Assim, o melhoramento específico pode ser realizado, de modo que, a nova cultivar deve ser submetida às condições de ambiente no qual será cultivada. Para tanto, ficou evidenciado neste trabalho que entre os acessos do Banco de Germoplasma do IMEGEM (BAF/IMEGEM), o acesso BAF 7 é promissor para o prolongamento do ciclo, com um bom rendimento de grãos, fato evidenciado pela sua superioridade em relação as testemunhas e outros acessos do (BAF/IMEGEM). Entretanto, o acesso BAF 7 apresenta um porte semi-prostrado, o que pode dificultar o seu cultivo e o cruzamento deste acesso com a cultivar BRS Supremo evidenciou a formação de uma

população segregante promissora para os objetivos, pois há evidências de indivíduos portadores de estatura de planta elevada, ciclo prolongado, maior rendimento de grãos e porte ereto na geração F<sub>2</sub>.

Provavelmente, a recomendação do cultivo específico para a Serra Catarinense seja vantajosa para os agricultores, pois o novo genótipo poderá agregar uma maior produtividade, visto que existem evidências de que prolongando o ciclo e se elevando a estatura, o rendimento é maior. E outra vantagem, o novo genótipo pode estar adaptado às condições de cultivo específicas da Serra Catarinense, o que pode corroborar com o maior rendimento de grãos.

O fato de pensar e agir contrariamente a maioria possibilitou o exercício da crítica e o desenvolvimento de estratégias e objetivos alternativos. O exercício crítico das práticas predominantes no âmbito do melhoramento de plantas, além de considerar de baixa prioridade a busca de genótipos recombinantes adaptados aos distintos ambientes, igualmente deixou de lado outras questões como a composição nutricional. Estudos recentes demonstraram que as variedades modernas tem menor concentração de nutrientes e vitaminas, comparativamente às variedades antigas ou crioulas.

Assim, há um imenso campo para novos estudos e estratégias de melhoramento. Este trabalho foi uma demonstração desta oportunidade. Os resultados nos animam a continuar nesta linha de ação.