

**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGROVETERINÁRIAS - CAV
MESTRADO EM PRODUÇÃO VEGETAL**

JOANA NERES DA CRUZ BALDISSERA

**CAPACIDADE DE REGENERAÇÃO *IN VITRO* EM FEIJÃO E
CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE
AGRONÔMICO PARA O PLANALTO CATARINENSE**

LAGES - SC

2011

JOANA NERES DA CRUZ BALDISSERA

**CAPACIDADE DE REGENERAÇÃO *IN VITRO* EM FEIJÃO E
CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE
AGRONÔMICO PARA O PLANALTO CATARINENSE**

Trabalho de dissertação apresentada ao curso
de Mestrado em Produção Vegetal como
requisito parcial para obtenção do título de
mestre em Produção Vegetal

Orientador: Altamir Frederico Guidolin

Co-orientador: Jefferson Luís Meirelles

Coimbra

LAGES – SC

2011

JOANA NERES DA CRUZ BALDISSERA

**CAPACIDADE DE REGENERAÇÃO *IN VITRO* EM FEIJÃO E
CONTROLE GENÉTICO DE CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE
AGRONÔMICO PARA O PLANALTO CATARINENSE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de mestre no Curso de Pós-Graduação em Produção Vegetal da Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

Aprovado em: 09 / 02 / 2011

Homologado em: / / 2011

Banca Examinadora:

Orientador/presidente: Dr. Altamir
Frederico Guidolin
UDESC/Lages - SC

Dr. Leo Rufato
Coordenador Técnico do Curso de
Mestrado em Produção Vegetal –
UDESC/Lages – SC

Coorientador/ Membro: Dr. Jefferson
Luís Meirelles Coimbra
UDESC/Lages - SC

Dr. Luciano Colpo Gatiboni
Coordenador do Programa de Pós-
Graduação em Ciências Agrárias –
UDESC/Lages – SC

Membro: Dr. Gilberto Luiz Dalagnol
EPAGRI / Lages- SC

Membro: Dr. Haroldo Tavares Elias
EPAGRI / Florianópolis- SC

Dr. Cleimon Eduardo do Amaral Dias
Diretor Geral do Centro de Ciências
Agroveterinárias – UDESC/Lages - SC

Lages, Santa Catarina

09 de Fevereiro de 2011

Aos meus pais Eli e Francisco
Aos meus avós Sebastião e Helena (in
memória),
Ao meu irmão Jordão e ao meu namorado
Marlon por todo amor, apoio, dedicação e
incentivo.

Dedico

AGRADECIMENTOS

Agradeço de coração a minha mãe Eli por suas incessantes palavras de conforto, apoio e incentivo.

Ao meu pai Francisco por todo apoio.

Ao meu namorado Marlon, por todo amor, carinho e dedicação em todos os momentos

Ao meu irmão pela amizade e companheirismo.

Ao meu avô Sebastião que sempre esteve por perto vibrando com as minhas conquistas e me auxiliando sempre que preciso de uma forma ou de outra.

Á minha avó Helena *in memória*.

A minha tia Suely e a minha prima Suelem pelo amor e apoio.

A minha amiga Giseli, pelo incentivo, companheirismo e pelas longas conversas.

Aos colegas e amigos, com quem convivi durante este período, que me trouxeram alegria e aprendizado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Altamir Frederico Guidolin, por sua orientação.

Ao meu co-orientador Dr. Jefferson Luís Meirelles Coimbra, pelos ensinamentos.

Meus agradecimentos especiais á UDESC e aos Professores do Curso de Mestrado em Produção Vegetal.

Ao Senhor Deus que iluminou meu caminho e meus passos para que eu conseguisse chegar ao meu objetivo.

Agradeço a todos que contribuíram para a realização deste trabalho, a todas as pessoas, que de uma ou de outra maneira, apesar de não citadas aqui, colaboraram para a conclusão desta pesquisa.

Á todos o meu muito obrigada.

“A mente que se abre a uma nova idéia,
jamais voltará ao seu tamanho original”.
(Albert Einstein)

RESUMO

BALDISSERA, Joana Neres da Cruz. **Capacidade de regeneração *in vitro* em feijão e controle genético de características de interesse agrônômico para o planalto catarinense.** 2011. 50 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2011.

O objetivo deste trabalho foi analisar o controle genético das características de interesse agrônômico do feijão: ciclo, estatura de planta, diâmetro do caule, inserção do primeiro legume, número de legumes por planta e número de grãos por legume, para o Planalto Catarinense e estudar a herança da capacidade de regeneração *in vitro* em gerações fixas e segregantes. No primeiro experimento as sementes F_1 obtidas em um esquema de cruzamento dialélico com seis genitores: Xan 159, Pérola, BAF 63, IPR Uirapuru, BRS Supremo e BRS Valente, foram levadas a campo em um delineamento inteiramente casualizado com duas repetições. Depois de colhidas foram avaliadas de acordo com as seis características de interesse agrônômico. O dialelo foi analisado utilizando o Método I de Griffing que estima a capacidade geral e a capacidade específica de combinação e o efeito do recíproco. Um dos cruzamentos obtidos com o dialelo (Xan 159 vs. Pérola) e o seu recíproco (Pérola vs. Xan 159) foram selecionados devido a capacidade de regeneração *in vitro* que o genitor Xan 159 apresenta, para estudar a herança genética da capacidade de regeneração *in vitro*. As sementes F_1 , F_2 , F_{1r} e F_{2r} do cruzamento Xan 159 vs. Pérola foram avaliadas quanto ao potencial de regeneração *in vitro*, de acordo com uma distribuição binomial em um delineamento inteiramente casualizado, sendo que, cada semente foi considerada uma repetição. A capacidade de regeneração *in vitro* foi avaliada através de cálculos de médias e variâncias e a partir delas foram estimados os componentes genético, ambiental e fenotípico, a herdabilidade e o número de genes. As médias das gerações F_1 , F_2 , F_{1r} e F_{2r} foram testadas pelo teste t. A análise dialélica mostrou valores significativos a 5% para a capacidade geral e específica de combinação indicando que existem efeitos gênicos aditivos e não aditivos envolvidos no controle das características avaliadas. Para o efeito recíproco os valores foram significativos indicando que existe a presença de efeito citoplasmático e de genes nucleares herdados do genitor feminino nos caracteres avaliados indicando como melhores genitores femininos o acesso BAF 63 e a Linhagem Xan 159 e como melhores genitores masculinos as cultivares BRS Valente e IPR Uirapuru e o acesso BAF 63. A capacidade geral de combinação da cultivar Pérola é considerada promissora para melhorar características desejáveis para o feijão no Planalto Catarinense e as melhores combinações com base na capacidade específica foram Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru e BAF 63 vs. BRS Valente. O genótipo Xan 159 apresenta um bom potencial para

regenerar *in vitro*, superando as demais gerações fixas e segregantes. Com as médias das gerações fixas foi constatado que a interação alélica presente na capacidade de regeneração *in vitro* é não aditiva. Os componentes da variância indicam que o ambiente possui uma maior contribuição no fenótipo das sementes avaliadas em comparação com a variância genética. O valor encontrado para herdabilidade no sentido amplo foi intermediário, demonstrando a contribuição do fator genético na expressão da característica. A estimativa do número de genes indica a influência de pelo menos um gene de efeito maior sobre a regeneração *in vitro*. A partir da avaliação realizada nas gerações F₁ (Xan 159 vs. Pérola), F₂ (Xan 159 vs. Pérola), F_{1r} (Pérola vs. Xan 159) e F_{2r} (Pérola vs. Xan 159) pode ser constatado a presença do efeito recíproco atuando sobre o caráter regeneração *in vitro* do feijão.

Palavras-chave: *Phaseolus vulgaris*. dialelo. regeneração *in vitro*. controle genético. herdabilidade. componentes da variância genotípica. efeito recíproco. capacidade combinatória.

ABSTRACT

BALDISSERA, Joana Neres da Cruz. **Regeneration capacity *in vitro* in beans and genetic control of agronomic traits of interest to the catarina plateau.** 2011. 50 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Universidade do Estado de Santa Catarina. Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal, Lages, 2011.

The aim of this study was to analyze the genetic control of agronomic characteristics of the bean: cycle, plant height, stem diameter, first pod, number of pods per plant and number of grains per pod, to catarina plateau and study the inheritance of the regeneration capacity *in vitro* and fixed segregating generations. In the first experiment, the F₁ seeds obtained from a diallel crossing scheme with six parents: Xan 159, Perola, BAF 63, IPR Uirapuru, BRS Supreme and BRS Valente, were taken to the field in a completely randomized design with two replications. After harvesting were evaluated according to the six agronomic traits. The diallel was analyzed using Griffing Method I that estimates the general ability and specific combining ability and reciprocal effect. One of diallel crosses obtained by (Xan 159 vs Perola) and its reciprocal (Perola vs Xan 159) were selected because of regeneration capacity *in vitro* than the parent Xan 159 has to study the genetic inheritance of this feature. The seeds F₁, F₂, F_{1r} and F_{2r} of crossing Xan 159 vs Perola were evaluated for regeneration potential *in vitro*, according to a binomial distribution in a completely randomized design, with each seed was considered a repetition. The ability of *in vitro* regeneration was evaluated by calculating the means and variances were estimated and from these genetic components, environmental and phenotypic, heritability and number of genes. The mean F₁, F₂, F_{1r} and F_{2r} were tested by t. Diallel analysis showed significant values at 5% for general ability and specific combining indicating that genetic effects are additive and not additive involved in the control of those characteristics. For this reciprocal effect the values were significant indicating that there is the presence of cytoplasmic effect and nuclear gene inherited from the female parent in traits indicating how best female parents access BAF 63 and lineage Xan 159 as best male parents BRS Valente and IPR Uirapuru and the access BAF 63. With respect to general combining ability the genotype Perola is considered promising for improving desirable traits for common bean in the Catarina Plateau and the best combinations based on specific capacity was Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Perola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru and BAF 63 vs. BRS Valente. The analysis on the capacity for regeneration *in vitro* indicate that the parent had a higher average Xan 159, exceeding all generations evaluated for regeneration. With the average fixed generation was found that the allelic interaction in this regeneration *in vitro* is not additive. The components of variance indicated that environment

has a major contribution in the phenotype of seeds evaluated in comparison with the genetic variance. The value found for broad-sense heritability was intermediate, demonstrating the contribution of genetic factor in the expression of the trait. The estimated number of genes indicates the influence of at least one gene of major effect on regeneration *in vitro*. From the evaluation performed in the F₁ generations (Xan 159 *vs.* Perola), F₂ (Xan 159 *vs.* Perola) F_{1r} (Perola *vs.* Xan 159) and F_{2r} (Perola *vs.* Xan 159) can be seen the presence of the reciprocal effect on the character acting *in vitro* regeneration of beans.

Key-words: *Phaseolus vulgaris*. diallel. regeneration *in vitro*. genetic control. heritability. components of genotypic variance. reciprocal effect. combining ability.

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1:** Análise dialélica pelo método de Griffing (1956) para os seis caracteres: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) em feijão, especificando os efeitos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) e efeito recíproco (REC).....24
- Tabela 2:** Estimativa da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) em feijão para os seis caracteres: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) para os seis genitores utilizados no cruzamento dialélico.....25
- Tabela 3:** Estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) em feijão para os seis caracteres avaliados: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) para todas as combinações possíveis nos cruzamentos dialélicos realizados.....27
- Tabela 4:** Estimativa dos efeitos dos recíprocos (r_{ij}) para os seis caracteres: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) para as trinta combinações possíveis nos cruzamentos dialélicos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).....29
- Tabela 5:** Número de plantas avaliadas (N), média (\bar{x}) e variância (σ^2) para a variável número de calos nas gerações: P₁, P₂, F₁, F₂ e F₁ e F₂ recíprocos.....38

Tabela 6: Teste de significância entre as médias dos genitores Xan 159 e Pérola e das gerações F₁- Xan 159 vs. Pérola, F_{1r}- Pérola vs. Xan 159, F₂- Xan 159 vs. Pérola, F_{2r}- Pérola vs. Xan 159.....38

Tabela 7: Estimativa dos componentes da variância fenotípica, genotípica e ambiental, herdabilidade no sentido amplo e número de genes para o cruzamento Xan 159 vs. Pérola.....40

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	14
2. CAPÍTULO I.....	18
2.1. CAPACIDADE COMBINATÓRIA E EFEITO RECÍPROCO EM CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE AGRONÔMICO DO FEIJÃO PARA O PLANALTO CATARINENSE.....	18
2.1.1. Resumo.....	18
2.1.2. Abstract.....	19
2.1.3. Introdução.....	20
2.1.4. Material e métodos.....	22
2.1.5. Resultados e discussão.....	23
2.1.6. Conclusão.....	30
3. CAPÍTULO II	31
3.1. ESTUDO DA HERANÇA DA CAPACIDADE DE REGENERAÇÃO <i>IN VITRO</i> DO FEIJÃO.....	31
3.1.1. Resumo.....	31
3.1.2. Abstract.....	32
3.1.3. Introdução.....	33
3.1.4. Material e métodos.....	35
3.1.5. Resultados e discussão.....	37
3.1.6. Conclusão.....	43
4. CONCLUSÃO GERAL.....	44
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

1. INTRODUÇÃO GERAL

O feijão é a espécie mais cultivada no mundo entre as demais do gênero *Phaseolus*, sendo que o Brasil é o maior produtor e consumidor (FARINELLI, 2010). De acordo com o Instituto Ceba (2009), os produtores brasileiros de feijão em sua maioria são os pequenos agricultores (60% da produção nacional), entretanto, os grandes produtores cultivam a leguminosa apenas como uma opção à curto prazo em meio as suas atividades principais para reforçar seus lucros.

O Estado de Santa Catarina é um dos maiores produtores de feijão do Brasil, mas nos últimos anos, vem ocorrendo uma diminuição da área cultivada decorrente de alguns fatores como: a falta de mão-de-obra, ausência de cultivares que respondam as necessidades dos produtores e sejam adaptadas as condições climáticas e ambientais desfavoráveis (ELIAS, 2006). Considerando que o *Phaseolus vulgaris* L. é uma planta bastante vulnerável a ação dos fatores ambientais, sejam eles bióticos (organismos vivos) e ou abióticos (clima) a ação destes fatores pode causar instabilidade produtiva.

Portanto, para o sucesso no cultivo do feijão é importante que se disponha de cultivares adaptadas as condições ambientais, com maior produtividade e resistência aos estresses bióticos e abióticos. Este ideótipo de planta pode ser alcançado através do melhoramento genético vegetal, e uma das formas é realizar cruzamentos entre os genótipos existentes para aumentar a variabilidade e estudar a herança genética dos caracteres.

Um esquema de cruzamento que se utiliza para estudar o controle genético das características de interesse agrônômico em populações de feijão são cruzamentos dialélicos, que correspondem ao intercruzamento dos genitores, dois a dois, produzindo n^2 combinações possíveis, que correspondem a todos os genitores, $n(n+1)/2$ híbridos simples e $n(n-1)/2$ recíprocos (RAMALHO et al., 1993). Com base nos cruzamentos dialélicos podem ser

escolhidos os melhores genitores e as melhores combinações híbridas, com base nas características de interesse agrônômico, através da capacidade geral e específica de combinação.

O termo capacidade geral de combinação é empregado para designar o comportamento médio dos pais nos cruzamentos em que participam (SPRAGUE e TATUM, 1942), ou seja, é o comportamento médio de um genitor em uma série de combinações híbridas, e está associada aos efeitos aditivos dos alelos e as ações epistáticas do tipo aditiva do caráter (CRUZ e VENCOVSKY, 1989).

A capacidade específica de combinação é utilizada para designar os casos onde algumas combinações híbridas são superiores ou inferiores ao esperado em relação ao desempenho médio de seus genitores (SPRAGUE e TATUM, 1942) diante do que seria esperado com base na capacidade geral de combinação. Os efeitos da capacidade específica enfatizam a importância de interações não aditivas resultantes da complementação gênica entre os pais (BASTOS et al., 2003).

Além das gerações fixas P_1 , P_2 e F_1 , o controle genético de uma característica também pode ser estudado utilizando populações segregantes: F_2 e retrocruzamentos (RC_1 e RC_2). O estudo da herança genética nas populações de plantas segregantes é baseado na estimativa das médias e variâncias, pois assim, é possível analisar a estrutura e o potencial genético das populações avaliadas, através dos componentes da variância e dos parâmetros genéticos como herdabilidade e número de genes.

Os componentes da variância são divididos em fenotípico, genético e ambiental, sendo que o componente fenotípico é constituído da variância genética (σ_g^2) (aditiva e não aditiva) que corresponde a segregação e a recombinação dos genes e a variância ambiental (σ_e^2) que é devida a fatores ambientais bióticos e ou abióticos que interferem sobre a característica.

A herdabilidade reflete a proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, ou seja, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como indicador do valor genotípico (FALCONER e MACKAY, 1996). A relação genética que existe entre o desempenho da planta genitora com a sua progênie, é estimado a partir da herdabilidade (AMARAL et al., 1996) que é um dos parâmetros genéticos mais importantes. Ela pode ser diferenciada em herdabilidade no sentido restrito (h^2_r) e amplo (h^2_a) sendo que o primeiro tipo considera apenas a variância genética aditiva, que é fixada na população com o avanço das gerações (RAMALHO et al., 2008). Por esse motivo, esta é mais importante no melhoramento de plantas autógamas.

A estimativa do número de genes é um indicativo do tipo de herança que controla um caráter, se é de natureza monogênica, oligogênica ou poligênica (LOBO et al., 2005). É importante a estimativa do número de genes envolvidos no controle de uma determinada característica, pois quanto maior o número de genes envolvidos, maior será o número de combinações genotípicas possíveis em uma população e maior será o número de gerações necessárias para atingir a homozigose completa (LOBO et al., 2005). A estimativa do número de genes é difícil de ser obtida quando há influência acentuada do ambiente na manifestação do caráter, e quando a característica é controlada por muitos genes de pequeno efeito.

Além das ferramentas clássicas do melhoramento vegetal, os melhoristas vem buscando outras alternativas, como as técnicas biotecnológicas, para desenvolver genótipos mais produtivos e adaptados. Dentre essas técnicas está a cultura de tecidos vegetais que pode ser aplicada na conservação e avaliação do banco de germoplasma, na obtenção de variantes somaclonais, para aumentar da variabilidade genética, na introgressão de genes de interesse para a espécie estudada, na aceleração do melhoramento genético e para a obtenção de plantas transgênicas (TORRES et al., 1998).

A utilização da técnica de cultura de tecidos tem sido limitada a um número restrito de genótipos (SHARMA et al., 1980; HANZEL et al., 1985), assim ocorre uma restrição do germoplasma a ser trabalhado além de impossibilitar a utilização de genótipos com características desejáveis, porém com um baixo potencial para ser cultivado *in vitro* (MILACH et al., 1991).

A regeneração *in vitro*, tem sido empregada em diversas culturas como alfafa, soja, milho, banana, abacaxi, etc, porém no feijão não é muito utilizada, por ser um processo difícil, visto que esta leguminosa é considerada recalcitrante. A herança genética desta característica para o feijão não é conhecida, assim o seu estudo torna-se importante, visto a sua utilização no o melhoramento de plantas.

Este trabalho teve como objetivo analisar o controle genético para as características de interesse agrônomo em genótipos de feijão para o Planalto Catarinense e estudar a herança da capacidade de regeneração *in vitro* em gerações fixas e segregantes.

2. CAPÍTULO I

2.1. CAPACIDADE COMBINATÓRIA E EFEITO RECÍPROCO EM CARACTERÍSTICAS DE INTERESSE AGRONÔMICO DO FEIJÃO PARA O PLANALTO CATARINENSE

2.1.1 Resumo

O objetivo deste trabalho foi avaliar a capacidade geral de combinação dos genitores envolvidos nos cruzamentos e a capacidade específica de combinação dos híbridos, bem como o efeito do recíproco em relação as seis características de interesse agrônomo: ciclo, estatura de planta (EST), diâmetro do caule (DC), inserção do primeiro legume (IPL), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL). O experimento foi conduzido inicialmente em casa de vegetação, onde foram realizados os cruzamentos dialélicos, inter cruzando os seis genitores: Xan 159, Pérola, BAF 63, IPR Uirapuru, BRS Supremo, BRS Valente, gerando trinta e seis combinações. Em seguida, as sementes F₁ juntamente com os genitores foram levadas a campo em delineamento inteiramente casualizado com duas repetições. Após colhidas, as plantas foram avaliadas quanto aos seis caracteres de importância agrônoma, sendo posteriormente realizadas as análises estatísticas utilizando o Método I de Griffing, que estima a capacidade geral e a capacidade específica de combinação e o efeito do recíproco. A análise dialélica mostrou valores significativos a 5% para a capacidade geral e específica de combinação, indicando que existem efeitos gênicos aditivos e não aditivos envolvidos no controle das características avaliadas. Para o efeito recíproco os valores também foram significativos indicando que existe a presença de efeito citoplasmático e de genes nucleares do genitor feminino nos caracteres avaliados. Com relação a capacidade geral de combinação, a cultivar Pérola é considerada promissora para o Planalto Catarinense. A capacidade específica aponta que as melhores combinações foram Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru e BAF 63 vs. BRS Valente. O efeito do recíproco indicou como melhores genitores femininos o acesso BAF 63 e a linhagem Xan 159 e como melhores genitores masculinos as cultivares BRS Valente e IPR Uirapuru e o acesso BAF 63.

Palavras-chave: dialélico. efeito recíproco. capacidade combinatória. *Phaseolus vulgaris*.

2.1.2 Abstract

The aim of this study was to assess the general combining ability of parents involved in crosses and specific combining ability of hybrids, as well as the effect of reciprocal in all six agronomical traits: cycle, plant height (HT), diameter stem (DC), first pod (IPL), number of pods per plant (NLP) and number of grains per pod (NGL). The experiment was initially conducted in a greenhouse, where diallel crosses were performed, intercrossed the six parents: Xan 159, Perola, BAF 63, IPR Uirapuru Supremo BRS, BRS Valente, generating thirty-six combinations. Then, the F1 seeds with the parents were taken to the field in a randomized design with two replications. After harvest, plants were evaluated for six traits of agronomic importance, were then performed statistical analysis using Griffing Method I, that estimates the general ability and specific combining ability and reciprocal effect. Diallel analysis showed significant values at 5% for general ability and specific combining indicating that additive genetic effects are additive and not involved in the control of those characteristics. For this purpose reciprocal values were significant indicating that there is the presence of cytoplasmic effect and nuclear genes of the female parent in the characters. With respect to general combining ability, Perola is considered promising for the Catarina plateau. The specific capacity indicates that the best combinations were Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Perola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru and BAF 63 vs. BRS Valente. The effect of reciprocal indicated as the best best female parents the access BAF 63 and the lineage Xan 159 as best male parents BRS Valente and IPR Uirapuru and the access BAF 63

Key-words: diallel. reciprocal effect. combining ability. *Phaseolus vulgaris*.

2.1.3. Introdução

No Brasil o feijão é cultivado em todo território nacional e se destaca pela sua importância econômica e social, por ser cultivado por pequenos e médios agricultores, pela quantidade de mão-de-obra que é utilizada desde a sua semeadura até a colheita e por fazer parte da dieta da maioria da população brasileira.

Frente as tendências atuais de crescimento da população e do aumento no consumo do feijão, é previsto uma demanda crescente do mesmo, a qual só poderá ser suprida se novas cultivares de feijão forem desenvolvidas (ELIAS, 2006).

O melhoramento genético de plantas dispõe de ferramentas que podem auxiliar na criação de novas cultivares de feijão, com características agronômicas desejáveis. Dentre estas ferramentas se destaca a seleção e o uso de cruzamentos artificiais, que podem recombinar a variabilidade genética presente, desenvolvendo cultivares melhoradas (BERNARDO e BOHN, 2007). Um esquema de cruzamento frequentemente utilizado no melhoramento genético são os cruzamentos dialélicos que inter cruzam n genitores dois a dois, produzindo n^2 combinações. Através dos cruzamentos dialélicos é possível conhecer o controle genético dos caracteres, que auxilia na condução e na seleção das populações segregantes (VENCOVSKY e BARRIGA, 1992). O dialelo também fornece ao melhorista informações em relação ao comportamento dos genitores entre si e suas combinações híbridas.

A partir dos cruzamentos dialélicos é possível estimar dois parâmetros importantes para melhoramento genético de plantas que são a capacidade geral de combinação (CGC) e a capacidade específica de combinação (CEC). A CGC é atribuída a efeitos aditivos sendo que é importante o seu conhecimentos em programas de melhoramento para a indicação e seleção de genitores (MAKANDA et al., 2010). A CEC está relacionada aos efeitos gênicos não-aditivos, que caracteriza a diferença das combinações híbridas em relação ao comportamento

médio dos genitores (FERREIRA et al., 2002), o que contribui para a indicação da melhor combinação híbrida.

Além desses dois parâmetros, outra informação importante está inserida nos cruzamentos recíprocos dos híbridos (REC), a qual indica qual o genótipo pode ser utilizado como genitor masculino ou como genitor feminino em uma combinação híbrida de acordo com o seu desempenho como doador ou como receptor de pólen. O efeito recíproco (REC) é dividido em efeito materno quando os genes são provenientes do núcleo do genitor utilizado como mãe e efeito extracromossômico quando os genes são provenientes da mitocôndria e dos cloroplastos (RAMALHO et al., 2008).

Existem algumas metodologias que nos permitem estimar a CGC, a CEC e o efeito REC, como os métodos desenvolvidos por Griffing (1956). O método I de Griffing é considerado importante porque corresponde a avaliação das n^2 combinações (genitores, híbridos e recíprocos) utilizando assim todas as combinações obtidas nos cruzamentos, o que permite detectar variações genéticas a partir do comportamento do híbrido F_1 e do seu recíproco (GRIFFING, 1956).

Este trabalho teve por objetivo estimar a capacidade geral de combinação dos genitores utilizados nos cruzamentos, a capacidade específica de combinação dos híbridos F_1 bem como o efeito dos recíprocos para os seis caracteres de importância agrônômica: ciclo, estatura de planta (EST), inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL).

2.1.4. Material e métodos

Para a realização do experimento foram escolhidos seis genótipos de feijão: Xan 159, Pérola, BAF 63, IPR Uirapuru, BRS Supremo e BRS Valente, os quais foram semeados em casa de vegetação, e após a emergência dos botões florais foram realizados os cruzamentos artificiais cruzando todos os genótipos entre si de acordo com Vieira (1967), com o objetivo de obter as sementes F_1 . Na safra 2009/10 as sementes F_1 obtidas foram levadas a campo juntamente com os seus genitores em delineamento experimental inteiramente casualizado com duas repetições constituindo setenta e duas parcelas. Durante o período vegetativo e reprodutivo realizou-se avaliações do ciclo em dias, compreendido desde a emergência das plântulas até a colheita das mesmas. Após a colheita todas as plantas foram avaliadas quanto aos cinco caracteres de importância agrônômica: estatura de planta (EST) medida em centímetros da cicatriz cotiledonar até o final da haste principal, inserção do primeiro legume (IPL) medida em centímetros da cicatriz cotiledonar até a inserção do primeiro legume, diâmetro do caule (DC) medido em milímetros na cicatriz cotiledonar, número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legumes (NGL) (IPGRI, 2001).

Após as avaliações dos caracteres de interesse, os dados obtidos foram submetidos as análises estatísticas. Utilizando o MACRO Diallel-SAS05 do software SAS (ZANG et al., 2005) foi realizada uma análise dialélica modelo 1 método I de Griffing (1956) que estima a capacidade geral de combinação (CGC), a capacidade específica de combinação (CEC) e o efeito do recíproco (REC) a partir da tabela dialélica completa (genitores, híbridos F_1 e os híbridos F_1 recíprocos).

2.1.5 Resultados e discussão

Os valores do quadrado médio do tratamento foram significativos a 5% pelo teste F para todas as características avaliadas (Tabela 1), indicando que existe diferença genética entre os seis genótipos utilizados nos cruzamentos, comprovando que, os genótipos escolhidos são contrastantes entre si, o que é de grande importância para o sucesso em um programa de melhoramento, pois assim, a variabilidade genética é ampliada favorecendo a seleção. Os melhoristas utilizam genitores que tornam possível a obtenção de populações com altas médias associadas com a variabilidade para as características sob seleção (GONZÁLEZ et al., 2009).

O efeito da CGC se mostrou significativo, indicando a presença de efeito aditivo nas características, exceto para NLP. Já para a CEC o quadrado médio foi significativo para todas as características demonstrando a existência de efeitos não aditivos, influenciando nos seis caracteres avaliados. Segundo Cruz et al. (1987) é a partir da existência dos efeitos aditivos e não aditivos que reside a viabilidade e o sucesso dos programas de melhoramento.

Para o efeito recíproco (REC) apenas NGL não apresentou efeito significativo. Desta forma se admite que o efeito citoplasmático e os genes nucleares do genótipo feminino estão influenciando as outras cinco características (CICLO, EST, DC, IPL e NLP). De acordo com Ramalho et al. (2008) se a herança de um caráter é controlada por genes nucleares, os resultados dos cruzamentos deveriam ser iguais ao seu recíproco, porém, se eles são diferentes é devido a efeitos citoplasmáticos, genes nucleares do genitor feminino e/ou da interação entre eles.

Tabela 1. Análise dialélica pelo método de Griffing (1956) para os seis caracteres: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) em feijão, especificando os efeitos de capacidade geral (CGC) e específica de combinação (CEC) e efeito recíproco (REC).

F.V.	GL	CICLO	EST	IPL	DC	NLP	NGL
		Quadrado Médio					
Tratamento	35	215,309*	7690,607*	218,898*	16,596*	360,586*	7,346*
CGC	5	408,809*	23628,62*	667,216*	35,044*	114,56	30,584*
CEC	15	198,937*	5408,85*	136,260*	15,429*	554,011*	3,300*
REC	15	136,145*	2268,54*	95,476*	7,069*	256,132*	1,801
Resíduo	391	7,010	557,966	26,161	2,431	94,534	0,787

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Com relação a CGC (Tabela 2) o genótipo Xan 159 apresentou valores negativos e significativos a 5% pelo teste t o que indica que ele pode contribuir para diminuir as seis características avaliadas. Em contra partida a cultivar Pérola apresentou valores significativos e positivos para Ciclo, EST, DC e IPL, podendo então ser indicada para blocos de cruzamentos onde se deseja um incremento dessas características.

Foi evidenciado que o acesso BAF 63 e as cultivares IPR Uirapuru, BRS Supremo e BRS Valente contribuem para um aumento do rendimento de grãos, pois apresentaram valores positivos e significativos para o componente NGL (Tabela 2). Segundo Paini et al. (1996) estimativas da CGC (positivas ou negativas) tem sido de grande valia para a seleção de genitores em programas de melhoramento, pois as altas estimativas da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) ocorrem geralmente em genótipos com uma maior frequência de alelos favoráveis.

Tabela 2. Estimativa da capacidade geral de combinação (\hat{g}_i) em feijão para os seis caracteres: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) para os seis genitores utilizados no cruzamento dialélico.

Genitores	Capacidade Geral de Combinação (\hat{g}_i)					
	CICLO	EST	IPL	DC	NLP	NGL
	dias	cm	cm	mm		
Xan 159	-0,932*	-13,829*	-2,529*	-0,817*	-1,694	-0,635*
Pérola	2,309*	23,374*	4,019*	0,689*	0,202	0,199
BAF 63	1,455*	-8,045*	-0,258	-0,330	-0,494	0,550*
IPR Uirapuru	0,741*	-5,263*	-1,468*	0,335	0,870	0,445*
BRS Supremo	-1,958*	-4,521	-0,152	-0,008	0,531	0,228*
BRS Valente	-1,616*	8,285*	0,388	0,131	0,585	0,312*

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na Tabela 3 estão os valores para a CEC para todas as características analisadas e esta nos informa qual a melhor combinação híbrida, julgada a partir das médias dos genitores utilizados nos cruzamentos (SALEEM et al., 2010). Geralmente é importante para o melhoramento, combinações híbridas com altas estimativas para a capacidade específica de combinação (s_{ij}) que envolvam pelo menos um genitor que tenha uma alta CGC.

Foi encontrado para o ciclo da planta, combinações híbridas que aumentaram esta característica como: Xan 159 vs. BRS Supremo, Pérola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru e BAF 63 vs. BRS Valente e as que diminuiram a mesma: Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. IPR Uirapuru, Pérola vs. BRS Supremo, Pérola vs. BRS Valente e IPR Uirapuru vs. BRS Supremo. Para o Planalto Serrano a impossibilidade de serem feitas duas safras de feijão por ano, em decorrência das baixas temperaturas no final do ciclo pode limitar o rendimento de grãos (BISOGNIN et al., 1997). Um genótipo com um ciclo mais longo terá mais tempo (em dias) para utilizar as altas temperaturas nos meses de dezembro à fevereiro para encher os

grãos, favorecendo assim o rendimento. Para a estatura de planta (EST) as combinações híbridas que contribuem para diminuir esta característica foram: Xan 159 vs. BAF 63, Pérola vs. IPR Uirapuru e Pérola vs. BRS Valente e as que contribuem para um aumento foram Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru e BAF 63 vs. BRS Valente. A altura das plantas é correlacionada com o potencial produtivo da maioria das culturas (WU e WANG, 2010) e de acordo com Souza et al. (2009) também está relacionada com a IPL, ou seja quando a EST aumenta ou diminui a IPL é afetada, como pode ser observado nas combinações Pérola vs. IPR Uirapuru (EST -11,8 cm e IPL -3,0 cm) e Pérola vs. BRS Valente (EST -27,2 e IPL -9,6), que apresentaram valores negativos e significativos (Tabela 3). Uma planta com IPL mais alta facilita a colheita mecânica, diminui a contaminação dos legumes, por ser evitado o contato do legume com o solo, podendo aumentar o rendimento de grão.

Os cruzamentos mais promissores para a característica diâmetro do caule (DC) foram Xan 159 vs. IPR Uirapuru e Xan 159 vs. BRS Supremo. A combinação IPR Uirapuru vs. BRS Valente apresentou uma redução no DC (Tabela 3). Este caráter é de extrema importância para a planta, pois dá suporte a ela. As plantas que possuem um DC muito fino tendem ao acamamento e este dificulta a colheita mecânica e diminui a produtividade (ZANATTA e OERLECKE, 1991). Segundo Adams (1973) plantas com caules mais grossos são mais resistentes ao acamamento. Esta característica é influenciada pelo ambiente e por fatores estruturais e mecânicos das plantas (HALL, 2010).

As combinações híbridas Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, Pérola vs. BRS Valente, BAF 63 vs. IPR Uirapuru, BAF 63 vs. BRS Valente e IPR Uirapuru vs. BRS Supremo apresentaram valores positivos e significativos para pelo menos um dos componentes primários do rendimento NLP e NGL (Tabela 3). Sendo assim, essas combinações híbridas podem ser selecionadas visando o aumento do rendimento de grãos,

pois, de acordo com Coimbra et al. (2000) e Kurek et al. (2001) os caracteres NLP e NGL estão correlacionados com o aumento do rendimento de grãos em feijão.

Tabela 3. Estimativa dos efeitos da capacidade específica de combinação (\hat{S}_{ij}) em feijão para os seis caracteres avaliados: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) para todas as combinações possíveis nos cruzamentos dialélicos realizados.

Genitores		Capacidade Específica de Combinação (\hat{S}_{ij})					
Feminino	Masculino	CICLO	EST	IPL	DC	NLP	NGL
		dias	Cm	cm	mm		
Xan 159	Pérola	-1,434	-4,294	-2,475	-0,748	-1,0549	-0,186
Xan 159	BAF 63	-0,580	-22,502*	-2,245	-0,364	-2,561	0,218
Xan 159	IPR Uirapuru	0,133	7,147	2,636*	1,232*	1,379	-0,256
Xan 159	BRS Supremo	2,833*	17,499*	1,931	1,119*	6,068	0,573
Xan 159	BRS Valente	-4,567*	48,612*	4,383	0,660	11,504*	0,948*
Pérola	BAF 63	3,289*	17,052*	1,234	0,049	2,796	0,545*
Pérola	IPR Uirapuru	-3,108*	-11,827*	-3,033*	0,041	-1,352	0,330
Pérola	BRS Supremo	-0,409	-5,694	-1,098	-0,215	1,330	0,093
Pérola	BRS Valente	-3,165*	-27,207*	-9,659*	0,902	8,798	1,339*
BAF 63	IPR Uirapuru	6,245*	13,891*	0,535	0,670	8,913*	-0,252
BAF 63	BRS Supremo	-0,722	4,158	1,511	1,012	2,267	-0,536
BAF 63	BRS Valente	4,238*	44,978*	3,879	1,356	11,820*	0,024
IPR Uirapuru	BRS Supremo	-2,547*	-1,675	0,124	-0,493	-4,603*	0,349
IPR Uirapuru	BRS Valente	2,357	11,034	3,505	-0,889*	7,548	-0,217
BRS Supremo	BRS Valente	2,187	-7,807	2,561	0,424	-4,417	0,375

*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

Na Tabela 4 estão os efeitos dos recíprocos (REC) que informam qual o genótipo é mais promissor quando utilizado como genitor feminino ou masculino, nas combinações híbridas escolhidas como as melhores para as seis características de interesse agrônômico. O

efeito recíproco (REC) é estimado pela variação entre os valores dos híbridos e seus recíprocos sendo considerado uma informação adicional (CRUZ et al., 1987).

Pode ser observado que quando se deseja aumentar o ciclo da planta deve ser utilizada a combinação BAF 63 vs. IPR Uirapuru, sendo o genótipo BAF 63 o genitor masculino e o IPR Uirapuru o genitor feminino. Nesta combinação houve um aumento aproximado de oito dias no ciclo.

As combinações híbridas mais promissoras para incrementar pelo menos uma das características relacionadas com a arquitetura de planta (EST, IPL e DC) são Xan 159 vs. IPR Uirapuru, Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru e BAF 63 vs. BRS Valente, tendo como genitores femininos o Xan 159, a cultivar Pérola e o acesso BAF 63 e como genitores masculinos o IPR Uirapuru, as cultivares BRS Supremo e BRS Valente e o acesso BAF 63. O cruzamento Pérola vs. IPR Uirapuru apenas de não ser considerado uma boa combinação híbrida apresenta efeito recíproco para incrementar a IPL, tendo como genitor feminino o IPR Uirapuru e como genitor masculino o Pérola.

Para os caracteres relacionados ao rendimento de grão as combinações Xan 159 vs. BRS Valente e BAF 63 vs. IPR Uirapuru contribuem para um aumento do número de legumes por planta (NLP), tendo como genitores femininos o Xan 159 e o BAF 63 e como genitores masculinos o BRS Valente e o IPR Uirapuru. No cruzamento BAF 63 vs. IPR Uirapuru o BAF 63 teve um bom desempenho como doador e como receptor de pólen. Para incrementar o número de grãos por legume (NGL) as combinações híbridas mais indicadas foram Xan 159 vs. BRS Valente e Pérola vs. BAF 63, sendo mais recomendável como genitores femininos o Xan 159 e o Pérola e como masculinos o BRS Valente e o BAF 63.

Tabela 4. Estimativa dos efeitos dos recíprocos (r_{ij}) para os seis caracteres: ciclo, estatura de planta (EST), altura de inserção do primeiro legume (IPL), diâmetro do caule (DC), número de legumes por planta (NLP) e número de grãos por legume (NGL) para as trinta combinações possíveis nos cruzamentos dialélicos de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.).

Genitores		r_{ij}					
Masculino	Feminino	CICLO	EST	IPL	DC	NLP	NGL
		dias	Cm	cm	mm		
Xan 159	Pérola	0,000	-52,062*	-6,187*	-1,427	-4,125	-0,492
Xan 159	BAF 63	0,000	-1,897	-0,525	-0,431	-5,077	-0,182
Xan 159	IPR Uirapuru	0,000	7,321	2,812*	0,614	4,773	-0,233
Xan 159	BRS Supremo	0,000	5,038	2,577	0,237	3,423	-0,425
Xan 159	BRS Valente	1,750*	-10,150	-0,100	0,350	-1,400	-0,354*
Pérola	BAF 63	0,111	9,252	-1,183	-0,044	2,823	-0,315*
Pérola	IPR Uirapuru	0,000	0,238	3,976*	0,631	-0,393	0,235
Pérola	BRS Supremo	0,000	-2,794	-1,235	0,338	-1,559	0,099
Pérola	BRS Valente	0,000	7,250	-0,312	-0,094	-4,500	-0,385*
BAF 63	IPR Uirapuru	8,500*	3,241	-1,710	-0,159	7,038*	-0,427
BAF 63	BRS Supremo	-1,167	-4,738	0,059	0,024	2,690	-0,127
BAF 63	BRS Valente	-2,100*	1,158	2,475	-0,083	-1,033	0,160
IPR Uirapuru	BRS Supremo	-0,412	-0,294	-0,323	-0,235	-0,059	-0,339
IPR Uirapuru	BRS Valente	0,000	-9,083	-0,286	-1,571*	-3,377	-0,143
BRS Supremo	BRS Valente	-2,000*	7,328	1,188	0,195	2,450	-0,295

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste t.

2.1.6. Conclusão

O estudo do controle genético para as seis características de interesse agrônomo para o feijão indica a influencia dos efeitos aditivos e não aditivos sobre essas características, sendo que os efeitos aditivos são superiores.

A cultivar Pérola apresentou a melhor capacidade geral de combinação para as características ciclo, estatura de planta, diâmetro do caule e inserção do primeiro legume em relação aos demais genótipos testados.

As melhores combinações híbridas para os componentes primários do rendimento foram: Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, Pérola vs. BRS Valente e BAF 63 vs. IPR Uirapuru. Para os caracteres relacionados com a arquitetura de planta (estatura de planta, inserção do primeiro legume e diâmetro do caule) e ciclo as melhores combinações foram: Xan 159 vs. IPR Uirapuru, Xan 159 vs. BRS Supremo, Xan 159 vs. BRS Valente, Pérola vs. BAF 63, BAF 63 vs. IPR Uirapuru e BAF 63 vs. BRS Valente.

O efeito recíproco indica que o acesso BAF 63 pode ser utilizado como genitor feminino e masculino, quando se deseja aumentar EST e NLP. A linhagem Xan 159 também foi promissora quando utilizada como genitor feminino para incrementar as características Ciclo, EST, IPL, DC, NLP e NGL. As cultivares BRS Valente e IPR Uirapuru são indicadas como genitores masculinos para proporcionar um aumento dos caracteres ciclo, EST, IPL, DC, NLP e NGL.

3. CAPÍTULO II

3.1. ESTUDO DA HERANÇA DA CAPACIDADE DE REGENERAÇÃO *IN VITRO* DO FEIJÃO

3.1.1. Resumo

O objetivo deste trabalho foi realizar um estudo da herança genética da capacidade de regeneração *in vitro* em populações fixas e segregantes de feijão obtidas a partir dos genitores Xan 159 (com capacidade de regenerar *in vitro*) e Pérola (recalcitrante). Após a obtenção das sementes, as mesmas foram levadas para o laboratório de cultura de tecidos onde foram avaliadas quanto ao seu potencial de regeneração, sendo que as sementes que apresentaram calos obtiveram nota 1 e as que não apresentaram nota 0. Após a obtenção dos dados foram realizados os cálculos das médias e variâncias e a partir delas foram estimados os componentes ambiental, genético e fenotípico, a herdabilidade e o número de genes. As médias da F_1 e da F_2 e dos seus respectivos recíprocos foram testadas através do teste t. O genitor Xan 159 apresentou maior média sendo superior a todas as gerações avaliadas. Com as médias das gerações fixas foi constatado que a interação alélica presente na regeneração *in vitro* é não aditiva. Os componentes da variância indicam que o ambiente possui uma maior contribuição no fenótipo das sementes avaliadas em comparação com a variância genética. O valor encontrado para herdabilidade no sentido amplo foi intermediário, demonstrando a contribuição do fator genético na expressão da característica. A estimativa do número de genes indica a influência de pelo menos um gene de efeito maior sobre a regeneração *in vitro*. A partir da avaliação realizada nas gerações F_1 (Xan 159 vs. Pérola), F_2 (Xan 159 vs. Pérola), F_{1r} (Pérola vs. Xan 159) e F_{2r} (Pérola vs. Xan 159) pode ser constatado a presença de efeito recíproco.

Palavras-chave: regeneração *in vitro*. *Phaseolus vulgaris*. herdabilidade. componentes da variância genotípica. controle genético.

3.1.2. Abstract

The objective of this work was to study the genetic inheritance of regeneration capacity *in vitro* in fixed and segregating populations of bean obtained from the parents Xan 159 (with a capacity to regenerate *in vitro*) and Perola (recalcitrant). After obtaining the seed, it were brought to the laboratory of tissue culture which were evaluated regarding their potential to regenerate, according to a binomial distribution, and the seeds that had callus had note 1 and note 0 those that not present callus. After obtaining the data was performed calculations of the averages and variances were estimated and from them the components environmental, genetic and phenotypic and heritability. After obtaining the data was performed calculations of the averages and variances were estimated and from them the components environmental, genetic and phenotypic, the heritability and the number of genes. The mean of F_1 and F_2 and their reciprocals were tested by the test t. The parent Xan 159 showed the highest average being over all generations evaluated. With the average fixed generation was found that the allelic interaction in this regeneration *in vitro* is not additive. The components of variance indicated that environment has a major contribution in the phenotype of seeds evaluated in comparison with the genetic variance. The value found for broad-sense heritability was intermediate, demonstrating the contribution of genetic factor in the expression of the trait. The estimated number of genes indicates the influence of at least one gene of major effect on regeneration *in vitro*. From the evaluation performed in the F_1 generations (Xan 159 vs. Perola), F_2 (Xan 159 vs. Perola) F_{1r} (Perola vs. Xan 159) and F_{2r} (Perola vs. Xan 159) can be seen the presence of the reciprocal effect on the character acting *in vitro* regeneration of beans.

Key-words: regeneration *in vitro*. *Phaseolus vulgaris*. heritability. components of genotypic variance. genetic control.

3.1.3. Introdução

O feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) é a leguminosa mais importante para o consumo humano no mundo (ARELLANO et al., 2008) e faz parte da dieta da maioria da população brasileira. Entretanto, a sua produtividade média nacional é inferior ao potencial produtivo da cultura, devido à utilização de genótipos não adaptados as condições ambientais a que são submetidos como os estresses bióticos e abióticos.

O melhoramento genético vegetal lança mão de algumas ferramentas para desenvolver cultivares de feijão com características agronômicas desejáveis e adaptadas a diversas regiões. Dentre essas ferramentas está a cultura de tecidos, que através do potencial de regeneração *in vitro* das plantas é possível fazer a transformação genética auxiliando no desenvolvimento de cultivares adaptadas a diversas condições ambientais.

A utilização da técnica de cultura de tecidos tem sido limitada a um número restrito de genótipos (SHARMA et al., 1980; HANZEL et al., 1985), assim ocorre uma restrição do germoplasma a ser trabalhado pelas técnicas biotecnológicas além de impossibilitar a utilização de alguns genótipos com características desejáveis, porém com um baixo potencial para ser cultivado em *in vitro* (MILACH et al., 1991).

A regeneração *in vitro* do feijão é um processo difícil, com baixa repetibilidade e eficiência, pois, esta leguminosa é recalcitrante tanto à regeneração quanto à transformação genética (BROUGHTON et al., 2003 e HAMMATT et al., 1986), entretanto, o feijão pode ser regenerado *in vitro* apesar da baixa eficiência (VELTCHEVA, et al., 2005).

Diversos trabalhos têm sido realizados para conhecer o controle genético da regeneração de plantas *in vitro*, sendo constatado que esta característica é controlada geneticamente (TOMES e SMITH, 1985; HODGES et al., 1986; MONTEIRO et al., 2000; NOGUEIRA et al., 2001; LANNES et al., 2004 e AZEVEDO et al., 2007).

A etapa inicial do estudo da herança genética de uma característica são os cruzamentos artificiais, que recombina a variabilidade genética existente (BERNARDO e BOHN, 2007) dando origem às populações que são utilizadas para estimar os parâmetros genéticos, baseados nas médias e variâncias (CRUZ e REGAZZI, 1997) como os componentes ambiental e genético, bem como a herdabilidade no sentido amplo e restrito e o número de genes que controlam essa característica. A partir dos parâmetros genéticos é possível conhecer o tipo de herança que controla o caráter, podendo assim escolher o método mais adequado a ser aplicado no desenvolvimento de novas cultivares (LOBO et al., 2005).

Este trabalho teve como objetivo estudar a herança genética da capacidade de regeneração *in vitro* em populações fixas e segregantes de feijão obtidas a partir dos genitores Xan 159 e Pérola.

3.1.4. Material e métodos

3.1.4.1 Material vegetal

Este experimento foi constituído de duas etapas sendo que na primeira foram escolhidos os genótipos de feijão Xan 159 (com capacidade de regeneração *in vitro*) e Pérola (recalcitrante para a regeneração *in vitro*) os quais foram semeados em casa de vegetação, e após a emergência dos botões florais foram realizados os cruzamentos artificiais de acordo com Vieira (1967), com o objetivo de obter as sementes F_1 que foram semeadas e deram origem as sementes F_2 .

A segunda etapa do trabalho, realizada no laboratório de cultura de tecidos vegetais, foi à utilização das sementes obtidas nos cruzamentos para a realização do estudo da herança da capacidade de regeneração *in vitro* do feijão, sendo 36 sementes de F_1 , 26 do F_1 recíproco, 210 de F_2 e 246 do F_2 recíproco, juntamente com 103 sementes do Xan 159 e 110 do Pérola.

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado e cada semente foi considerada uma repetição.

Primeiramente foram preparadas as soluções estoque de macronutrientes, micronutrientes, FeEDTA, vitaminas B5, AIA (ácido indolacético), BAP (6-benzilaminopurina cinetina) e CPPU (forchlorfenuron). Para o preparo dos meios de cultura foi utilizado água autoclavada acrescida com as soluções estoques, agar e sacarose de acordo com Murashige e Skoog, 1962. O pH foi ajustado a 5.8 e após o meio de cultura foi autoclavado a 120°C por 17 minutos. Todos os materiais antes de serem utilizados na cultura de tecido foram autoclavados a 120°C por 17 minutos. Além disso, todas as etapas do trabalho foram realizadas na câmara de fluxo laminar para evitar a contaminação dos materiais e das sementes.

As sementes foram desinfestadas utilizando álcool 70%, água destilada autoclavada e hipoclorito 2%, após, foram colocadas no meio de cultura MS (MURASHIGE e SKOOG,

1962) para germinação, onde permaneceram por três dias. As sementes germinadas foram cortadas ao meio, com o auxílio de um bisturi, para retirar o tegumento, o embrião e separar os dois cotilédones.

Os cotilédones foram transferidos para o meio de cultura MS (MURASHIGE e SKOOG, 1962) de indução de calo onde permanecem por 24 dias, sendo 7 dias no escuro e 14 dias no fotoperíodo de 16 h, $50 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, em temperatura de 22°C a 24°C.

3.1.4.2 Avaliação

As avaliação dos cotilédones quanto a formação de calo foi realizada após os 21 dias de permanência no meio de cultura de indução de calo, com o auxílio de um Microscópio Estereoscópico Stemi 2000C. As sementes que apresentaram calo obtiveram nota 1 (um) e as que não apresentaram nota 0 (zero).

Devido ao grande número de observações, os dados tendem a uma distribuição normal. Sendo assim, foi aplicado o teste de normalidade para verificar a condição de distribuição dos dados. Comprovada a normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk (W), foram realizadas as análises de médias e variâncias. As médias dos genitores, das gerações F_1 e F_2 e dos F_1 e F_2 recíprocos foram comparadas através de contrastes, utilizando o software SAS.

A partir das variâncias foram estimados os componentes ambiental (σ_e^2), genético (σ_g^2) e fenotípico (σ_f^2), a herdabilidade no sentido amplo (h_a^2) segundo Mather e Jinks (1984) e o número de genes de acordo com Cruz e Regazzi (1997).

3.1.5. Resultados e discussão

O genótipo Xan 159 apresentou a maior média (0,708) e a cultivar Pérola a menor (0) para a presença de calos. A partir das médias e variâncias apresentadas na Tabela 1 fica evidente que o genitor Xan 159 possui um desempenho superior quanto a capacidade de regeneração *in vitro*, o que justifica o seu estudo em relação a herança genética desta característica. Frente ao seu potencial de regeneração, a linhagem Xan 159, pode ser utilizada na transformação genética do feijão, existindo também a possibilidade, através de cruzamentos dirigidos, combinar o potencial de regeneração com genótipos que apresentem características agrônômicas desejáveis, como a cultivar Pérola, que por apresentar tanto a média quanto a variância igual a 0 (zero) demonstrou que não tem potencial para a regeneração *in vitro*.

Através das médias das gerações P₁, P₂ F₁ e F₂ é possível conhecer os tipos de interações alélicas predominantes que estão envolvidas no controle genético da característica. Com base nas médias obtidas na Tabela 1 podemos observar que a regeneração *in vitro* é influenciada por interações alélicas não aditivas, uma vez que a média do heterozigoto não corresponde a média dos genitores (MATHER e JINKS, 1984), o que dificulta a previsão do comportamento desses genótipos quanto ao potencial de regeneração nas próximas gerações.

O número de sementes F₁ e F_{1r} utilizadas neste trabalho foi limitado em virtude da grande porcentagem de aborto das flores quando se realizavam os cruzamentos entre os dois genótipos, justificando assim os valores baixos das estimativas.

Tabela 5 - Número de sementes avaliadas (N), média (\bar{x}) e variância (σ^2) para a presença de calos.

Geração	Nº de sementes	Média (\bar{x})	Variância (σ^2)
P ₁ Xan 159	103	0,708	0,208
P ₂ Pérola	110	0	0
F ₁ Xan 159 vs Pérola	36	0,083	0,078
F _{1r} Pérola vs Xan 159	26	0	0
F ₂ Xan 159 vs Pérola	210	0,228	0,178
F _{2r} Pérola vs Xan 159	246	0,057	0,054

As estimativas das médias foram importantes já que é necessário ter um valor representativo nas gerações avaliadas para quantificar as sementes que formaram calo. Além de obter as médias aritméticas é imprescindível fazer a comparação entre elas, para saber se diferentes significativamente ou não (GRANER, 1959).

Tabela 6 - Teste de significância entre as médias dos genitores Xan 159 e Pérola e das gerações F₁- Xan 159 vs Pérola, F_{1r} - Pérola vs Xan 159, F₂- Xan 159 vs Pérola, F_{2r}- Pérola vs Xan 159.

Contraste	Diferença entre as médias	Probabilidade > t
Xan 159 vs Pérola	0,708	0,0001
Xan 159 vs F ₁	-0,625	0,0001
Pérola vs F _{1r}	0	1,0000
F ₁ vs F ₂	-0,145	0,0121
F ₁ vs F _{1r}	0,083	0,3120
F ₁ vs F _{2r}	0,026	0,6437
F _{1r} vs F ₂	-0,229	0,0006
F _{1r} vs F _{2r}	-0,057	0,3888
F ₂ vs F _{2r}	0,172	0,0001

H₀: t_i = 0 igualdade entre as médias e H_A: t_i ≠ 0 diferença entre as médias.

Os índices de indução de calos se diferenciaram significativamente pelo teste t a 5% de probabilidade de erro entre os genótipos Xan 159 e Pérola, demonstrando que existe variabilidade genética entre os genitores utilizados para o estudo da capacidade de regeneração *in vitro*.

O efeito recíproco se mostrou importante para a regeneração *in vitro*, pois houve diferença entre as gerações F₂ do cruzamento Xan 159 vs. Pérola e a F₂ do cruzamento recíproco Pérola vs. Xan 159. O efeito recíproco deve-se a efeitos de genes nucleares da mãe, a efeito de genes citoplasmáticos e/ou a interações destes. Os genes de efeito materno não são autoperpetuantes e se mantêm apenas por uma ou no máximo duas gerações, entretanto são responsáveis por certas condições no citoplasma do óvulo, que determinam a expressão fenotípica de algumas características do filho, independentes dos genes doados pelo pai. Já os genes citoplasmáticos são considerados permanentes, pois são transmitidos exclusivamente pela mãe de geração para geração.

A partir da diferença entre as médias do Xan 159 e da F₁ (Xan 159 vs. Pérola) acredita-se que alguns genes estão mascarando a expressão do fenótipo do híbrido que deveria expressar o genótipo da mãe, visto que ocorreu uma pequena taxa de formação de calos na geração F₁. A igualdade entre as médias do genitor Pérola e da geração F_{1r} indica que o fenótipo do filho é influenciado pelo genótipo da mãe, pois nas sementes da geração F_{1r} não houve a formação de calos.

As gerações F₁ vs. F_{1r}, F₁ vs. F_{2r} vs. F_{1r} vs. F_{2r} (Tabela 2) quando comparadas entre si não apresentaram diferença. Isso pode ser decorrente da baixa taxa de indução de calos obtida nessas gerações, indicando que os genótipos apresentaram respostas diferenciadas tanto entre si quanto entre seus tecidos (AZEVEDO et al., 2007).

A diferença que existe entre as médias das gerações F₁ vs. F₂, F_{1r} vs. F₂ e F₂ vs. F_{2r} indica que a regeneração *in vitro* pode ser controlada por genes do núcleo sendo eles de efeito

simples ou de efeito materno, por genes citoplasmáticos ou ainda pela ação conjunta dos genes nucleares e citoplasmáticos.

As estimativas dos componentes da variância, da herdabilidade e do número de genes da capacidade de regeneração *in vitro* para o cruzamento Xan 159 vs. Pérola estão apresentados na Tabela 3. O estudo destes componentes é importante para saber o quanto da variabilidade existente no cruzamento é devida a causas genéticas, pois, assim é possível conhecer o controle genético da característica e o potencial da população avaliada (RAMALHO et al., 2008).

Tabela 7 – Estimativa dos componentes da variância fenotípica, genotípica e ambiental, herdabilidade no sentido amplo e número de genes para o cruzamento Xan 159 vs. Pérola

Parâmetro	Xan 159 x Pérola
Variância fenotípica (σ_f^2)	0,18
Variância genotípica (σ_g^2)	0,08
Variância ambiental (σ_e^2)	0,10
Herdabilidade no sentido amplo (h_a^2)	46,62
Número de genes (n)	1

A variância fenotípica total da geração F₂ é muito útil e pode ser decomposta em subcomponentes que são a variância genética que corresponde a segregação e a recombinação dos genes e a variância ambiental que é devida a fatores ambientais bióticos e ou abióticos. O valor da variância fenotípica proveniente dos cruzamentos Xan 159 vs. Pérola foi de 0,18 calos. Fracionando esse valor fenotípico total obtivemos o valor de 0,08 calos que corresponde a fração mais importante do componente fenotípico, a variância genética. A variância ambiental por sua vez, apresentou valor de 0,10 calos, o que indica que o ambiente possui uma maior contribuição sobre o fenótipo das sementes avaliadas, quando comparado

com o componente genotípico, pois os tecidos vegetais respondem de forma diferenciada ao meio em que se encontram. Além disso, as condições ideais de cultivo são quase que específicas para cada genótipo (PETERS et al., 1999), denotando que a regeneração *in vitro* é influenciada pela interação Genótipo x Ambiente.

A herdabilidade no sentido amplo apresentou valor de 46,6%, sendo considerado um valor intermediário semelhante aos encontrados por Aryeetey e Laing (1973), mostrando que houve contribuição do fator genético na expressão da capacidade de regeneração *in vitro*, pois, está associada a variância genética total (aditiva e não aditiva). Os valores da herdabilidade refletem a presença dos componentes genéticos que contribuem na expressão do fenótipo (ROCHA et al., 2003) e por ser uma propriedade do caráter é válida apenas à população nas condições ambientais a que os indivíduos foram submetidos (CRUZ e REGAZZI, 1997).

A herdabilidade no sentido restrito apesar de ser muito importante para plantas autógamias em virtude de considerar apenas a variância genética aditiva (RAMALHO et al., 2008) não pôde ser estimada, pois, o número de sementes obtidas dos retrocruzamentos (RC_1 e RC_2), não foram suficientes para o estudo. O fato de não se ter obtido sementes dos retrocruzamentos pode ter sido devido às condições ambientais como a temperatura e a umidade durante a realização dos cruzamentos; ou mesmo a fatores genéticos.

A ocorrência de variabilidade genética, com elevados valores de herdabilidade, sugere a possibilidade de obtenção de ganhos genéticos mediante a seleção fenotípica de indivíduos com capacidade de formar calos em populações segregantes.

Com a estimativa do número de genes pode ser constatado que a característica capacidade de regeneração *in vitro* é influenciada por pelo menos um gene nuclear de efeito maior. Quando a característica é controlada por poucos genes o seu estudo é facilitado, pois quando são muitos os genes que controlam um caráter, maior deve ser o número de indivíduos

avaliados, devido a manifestação da característica que depende da combinação de vários genes em um único genótipo e não apenas da reorganização dos alelos presentes no gene como ocorre na herança monogênica (VARGAS et al., 2007).

3.1.6. Conclusão

A capacidade de regeneração *in vitro* do feijão é controlada por pelo menos um gene nuclear de efeito maior.

As interações alélicas que estão envolvidas com esta característica são do tipo não aditiva.

Há efeito de cruzamento recíproco na capacidade de regeneração *in vitro* do feijão, sendo necessário estudos adicionais para o entendimento do controle genético citoplasmático e suas interações com genes nucleares.

4. CONCLUSÃO GERAL

Os cruzamentos dialélicos fazem parte do melhoramento clássico de plantas e trazem importantes informações para o direcionamento de um programa de melhoramento. Foi possível identificar que para os genótipos utilizados no dialelo os efeitos aditivos tiveram maior amplitude para a maioria das características avaliadas quando comparados aos efeitos não aditivos, com isso as características são fixadas no decorrer das gerações resultando no sucesso da seleção.

Dentre os genótipos estudados a cultivar Pérola se destaca pela maior capacidade geral de combinação que obteve em relação aos demais genótipos, sendo indicada para uso em blocos de cruzamentos para obtenção de populações segregantes superiores para caracteres de interesse agrônômico para o Planalto Catarinense. Várias combinações híbridas se mostraram promissoras devido para a capacidade específica de combinação. Com a identificação das melhores combinações aumenta-se a possibilidade de obter sucesso na condução destas populações.

A linhagem Xan 159 apresenta potencial para regenerar *in vitro* possibilitando o estudo da herança da capacidade de regeneração *in vitro* em feijão através do cruzamento com o genótipo Pérola. Para este trabalho a estimativa do número de genes constatou a presença de um gene nuclear de efeito maior controlando a regeneração *in vitro*.

Comparando as gerações P₁, P₂, F₁, F_{1r}, F₂, F_{2r}, foi constatado a influencia do efeito de gene nuclear materno e de genes citoplasmáticos na regeneração *in vitro*. Avaliando os componentes da variância foi observado que a variância do ambiente foi superior ao da variância genética, com isso a variância genética aditiva que é passada para a próxima geração será menor.

Este trabalho contribuirá com estudos posteriores relacionados ao estudo da herança da capacidade de regeneração *in vitro* do feijão. A utilização da cultura de tecidos em genótipos de feijão é importante para fazer a transformação genética. O potencial de regeneração *in vitro* da linhagem Xan 159 pode ser combinada com outros genótipos que apresentem características desejáveis, para acelerar o processo de melhoramento genético da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, M. W. Plant architecture and physiological efficiency in the field bean. In: BERNARDO, R.; BOHN, M. O. Plant Breeding in Times of Change. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 47, n. 3, p. 2-3, 2007.

AMARAL, A.L.; CARVALHO, F.I.F.; FEDERIZZI, L.C. Estimativa de herdabilidade para os caracteres adaptativos ciclo e estatura de planta em aveia. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, p. 33-37, 1996.

ARELLANO, J.; FUENTES, S.I.; CASTILLO-ESPAÑA, P.; HERNÁNDEZ, G. Regeneration of different cultivars of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) via indirect organogenesis. **Plant Cell, Tissue and Organ Culture An International Journal on Biotechnology of Higher Plants**. v. 48, p. 61-69, 2008.

ARYEETAY, A.N.; LAING, E. Inheritance of yield components and their correlation with yield in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Euphytica**, Wageningen, v. 22, p. 386-393, 1973.

AZEVEDO, H.; HOULLOU-KIDOO, L.; BENKO-ISEPPON, A.M. Análise do potencial regenerativo *in vitro* de diferentes cultivares de Feijão-Caupi. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 528-530, 2007.

BASTOS, I.T.; BARBOSA, M.H.P.; CRUZ, C.D. et al. Análise dialéctica em clones de cana-de-açúcar. **Bragantia**, Campinas, v. 62, p. 199-206, 2003.

BERNARDO, R. BOHN, M. O. **Plant Breeding in Times of Change**. Crop Science Society of America, v. 47, n. 3, p. 2-3, 2007.

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. 27, n. 2, p. 193-199, 1997.

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

CEPA. Centro de Socioeconomia e Planejamento Agrícola (Florianópolis, SC). **Síntese Anual da Agricultura de Santa Catarina**, p. 9-310, 2009.

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**, Santa Maria, v. 30, n. 1, p. 31-35, 2000.

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997, 390p.

CRUZ, C.D.; VENCOSKY, R. Comparação de alguns métodos de análise dialélica. **Revista Brasileira de Genética**, Ribeirão Preto, v. 12, p. 425-438, 1989.

CRUZ, C. D.; SEDIYAMA, C. S.; SEDIYAMA, T. Capacidade combinatória e efeitos recíprocos de alguns caracteres em soja (*Glycine Max* (L) Merrill). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 34, n. 192, p. 432-439, 1987.

ELIAS, T. H. **Caracterização da Variabilidade Genética em germoplasma tradicional de Phaseolus vulgaris L. Coletado em Santa Catarina**. 2006. 154f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Curso de Pós-graduação em Agronomia, Faculdade de Agronomia, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, PR.

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

FARINELLI, R.; LEMOS, L. B. Produtividade, eficiência agronômica, características nutricionais e tecnológicas do feijão adubado com nitrogênio em plantio direto e convencional. **Bragantia**, Campinas, v. 69, n. 1, p. 165-172, 2010.

FERREIRA, M. A. J. F.; BRAZ, L. T.; QUEIROZ, M. A.; CHURATA-MASCA, M. G. C.; VENCOSKY, R. Capacidade de combinação em sete populações de melancia. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 7, p. 963-970, 2002.

GRANER, E.A. **Elementos de Genética Bases para o melhoramento de plantas e animais**. São Paulo: Edições Melhoramentos, 1959, 277p.

GONZÁLEZ, A. M.; RODIÑO, A. P.; SANTALLA, M.; DE RON, A. M. Genetics of intra-gene pool and inter-gene pool hybridization for seed traits in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) germplasm from Europe. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 112, n. 1, p. 66-76, 2009.

GRIFFING, B. Concept of general and specific ability in relation to diallel crossing systems. **Australian Journal of Biological Sciences**, East Melbourne, v. 9, n. 4, p. 462-93, 1956.

HALL, A. J.; SPOSARO, M. M.; CHIMENTI, C. A. Stem lodging in sunflower: Variations in stem failure moment of force and structure across crop population densities and post-anthesis developmental stages in two genotypes of contrasting susceptibility to lodging. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 116, n. 1/2, p. 46-51, 2010.

HAMMATT, N.; GHOSE, T. K.; DAVEY, M. R. **Regeneration of legumes**: In, VASIL, I. K. (ed.) Cell Culture and Somatic Cell Genetics of Plants, Academic Press, v. 3, p. 67-95, 1986.

HANZEL, J.J.; MILLER, J.P.; BRINKMAN, M.A.; FENDOS, E. Genotype and media effects on callus formation and regeneration in barley. **Crop Science Society of America**, Madison, v. 25, p. 27-31, 1985.

HODGES, T.K.; KAMO, K.K.; IMBREI, C.W.; BECWAR, M.R. Specificity of somatic embryogenesis and regeneration in maize. **Biotechnology**, v. 4, p. 219-223, 1986.

IPGRI. **Descritores para *Phaseolus vulgaris***. Rome: International Plant Genetic Resources Institute, 2001, 45 p.

KUREK, A. J.; CARVALHO, F. I.F.; ASSMANN, I. C.; MARCHIORO, V. S.; CRUZ, P. J. Análise de trilha como critério de seleção indireta para rendimento de grãos em feijão. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 7, n. 1, p. 29-32, 2001.

LANNES, S.D.; ZIMMER, P.D.; OLIVEIRA, A.C.; CARVALHO, F.I.F.; VIEIRA, E.A.; JUNIOR, A.M.M.; KOPP, M.M.; FREITAS, F.A. Regeneração in vitro de anteras de arroz irrigado (*Oryza sativa* L.) e mapeamento de QTL associado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 34, p. 1355-1362, 2004.

LOBO, V L. S.; GIORDANO, L. B.; LOPES, C. A. Herança da resistência à mancha bacteriana em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 343-349, 2005.

MAKANDA, I.; TONGOONA, P.; DERERA, J.; SIBIYA, J.; FATO, P. Combining ability and cultivar superiority of sorghum germplasm for grain yield across tropical low- and mid-altitude environments. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 116, n. 1/2, p.75-85, 2010.

MATHER, K.; JINKS, J.L. Introdução a genética biométrica. Sociedade Brasileira de Genética, Ribeirão Preto, 1984, 242p.

MILACH, S.C.K.; FEDERIZZI, L.C.; CARVALHO, F.I.F.; NETO, J.F.B. Variabilidade genética para a regeneração de plantas no cultivo de calos de trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 1969-1974, 1991.

MONTEIRO, A.C.B.A.; NAKAZAWA, G.T.; MENDES, B.M.J.; RODRIGUEZ, A.P.M. Regeneração *in vitro* de *Passiflora suberosa* a partir de discos foliares. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 57, p. 571-573, 2000.

MURASHIGE, T.; SKOOG F.A. A revised medium for a rapid growth and bioassays with tobacco tissues cultures. **Plantarum Physiologia**, v.15, p. 473-479, 1962.

NOGUEIRA, F.T.S.; COSTA, M.G.; FIGUEIRA, M.L.; OTONI, W.C.; FINGER, F.L. Regeneração *in vitro* de plantas de tomateiros ‘ Santa Clara ’ e seu mutante natural ‘ forme ’. **Ciência Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 1, p. 63-71, 2001.

PAINI, J. N.; CRUZ, C. D.; DELBONI, J. S.; SCAPIM, C. A. Capacidade combinatória e heterose em cruzamentos intervarietais de milho avaliados sob as condições climáticas da região sul do Brasil. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 43, n. 247, p. 288-300, 1996.

PETERS, J.A.; BOBROWSKI, V.L.; ROSINHA, G.M.S. Produção de haplóides e duplo-haplóides. In: TORRES, A.C. CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. **Cultura de tecidos e transformação genética de plantas**. Brasília: EMBRAPA, v. 2, p. 569-611, 1999.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B.; PINTO, C. A. B. P. **Genética na Agropecuária**. 4. ed. Lavras: UFLA, 2008, 461p.
RAMALHO, M.A.P.; SANTOS, J.B.; ZIMMERMANN, M.J.O. **Genética Quantitativa em Plantas Autógamas: Aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: Editora da UFG, 1993, 271 p.

ROCHA, M.M.; CAMPELO, J.E.G.; FREIRA FILHO, F.R.; RIBEIRO, V.Q.; LOPES, A.C. Estimativas de parâmetros genéticos em genótipos de caupi de tegumento branco. **Revista Científica Rural**, Bagé, v. 8, p. 135-141, 2003.

SALEEM, M.Y.; MIRZAJ. I.; HAQ, M. A. Combining ability analysis for yield and related Traits in basmati rice (*Oryza sativa* L.) **Pakistan Journal of Botany**, Faisalabad, v. 42, n. 1, p. 627-637, 2010.

SHARMA, G.C.; BELLO, L.L.; SAPRA, V.T. Genotypic differences in organogenesis from callus of triticale lines. **Euphytica**, Wageningen, v. 29, p. 751-754, 1980.

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

SOUZA, C. A.; COELHO, C.M.M.; AMARANTE, C.V. T.; MIQUELLUTI, D.J.; VIEIRA, S. P.; ARCARO, T. F. Proposta para modificar a arquitetura de plantas de feijão pelo uso de ácido giberélico. **Revista Científica Internacional Inter Science Place**, Campos dos Goytacazes, v. 9, n. 12, p. 1-14, 2009.

TOMES, D.T.; SMITH, O.S. The effect of parental genotypic on initiation of embryogenic callus from elite maize (*Zea mays* L.) germplasm. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 70, p. 505-509, 1985.

TORRES, A.C.; CALDAS, L.S.; BUSO, J.A. **Cultura de Tecidos e Transformação Genética de Plantas**. Brasília: CBAB, 1998, 509p.

VARGAS, L.; MORAES, R.M.A.; BERTO, C.M. Herança da Resistência de Azevém (*Lolium multiflorum*) ao Glyphosate. **Planta daninha**, Londrina, v. 25, n. 3, p. 567-571, 2007.

VELTCHEVA, M.; SVETLEVA, D.; PETKOVA, S.P.; PERI, A. In vitro regeneration and genetic transformation of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) – Problems and progress. **Scientia Horticulturae**, v. 107, p. 2-10, 2005.

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992, 486p.

VIEIRA, C. **O Feijoeiro comum: cultura, doenças e melhoramento**. Viçosa: UFV, 1967, 220p.

ZANATTA, A. C. A.; OERLECKE, D. Efeito de genes de nanismo sobre alguns caracteres agronômicos e morfológicos de *Triticum aestivum* (L.) Thell. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília v. 26, n. 7, p. 1001-1016, 1991.

ZHANG, Y.; KANG, M. S.; LAMKEY, K. R. Diallel-Sas 05: A comprehensive program for Griffing's and Gardner-Eberhart analyses. **Agronomy Journal**, Madison, v. 97, n. 8, p. 1097-1106, 2005.

WU, X.; WANG, Z.; CHANG, X.; JING, R. Genetic dissection of the developmental behaviours of plant height in wheat under diverse water regimes. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 61, n. 11, p. 2923-2937, 2010.