

RUSTHON MAGNO CORTEZ DOS SANTOS

VARIABILIDADE GENÉTICA, CONTROLE GENÉTICO E AVALIAÇÃO DE  
CARACTERÍSTICAS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS (*Capsicum annuum*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de  
Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*.

VIÇOSA  
MINAS GERAIS - BRASIL  
2012

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca Central da UFV

T

S237v  
2012

Santos, Rusthon Magno Cortez dos, 1987-  
Variabilidade genética, controle genético e avaliação de  
características de pimenteiras ornamentais  
(*Capsicum annuum* L.) / Rusthon Magno Cortez dos Santos.  
- Viçosa, MG, 2012.  
x, 57f. : il. (algumas col.) ; 29cm.

Orientador: Aluizio Borém de Oliveira.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. *Capsicum annuum* - Melhoramento genético.
  2. Germoplasma vegetal - Recursos.
  3. Diversidade genética.
  4. Genética quantitativa. I. Universidade Federal de Viçosa.
- II. Título.

CDD 22. ed. 633.84

RUSTHON MAGNO CORTEZ DOS SANTOS

VARIABILIDADE GENÉTICA, CONTROLE GENÉTICO E AVALIAÇÃO DE  
CARACTERÍSTICAS DE PIMENTEIRAS ORNAMENTAIS (*Capsicum annuum*)

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Genética e Melhoramento, para obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 17 de fevereiro de 2012.

---

Mailson Monteiro do Rêgo

---

Elizanilda Ramalho do Rêgo  
(Coorientadora)

---

Aluizio Borém de Oliveira  
(Orientador)

Aos meus pais, Marileide e Raimundo

Ao meu irmão Rámony Cortez

A Professora Elizanilda

Dedico

## AGRADECIMENTOS

A Deus, pois sem ele nada seria possível;

À Universidade Federal de Viçosa, pela oportunidade da realização desse trabalho;

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos;

Ao professor Aluízio Borém, pela orientação, confiança e amizade;

A professora Elizanilda Ramalho do Rêgo, pela amizade, confiança e ensinamentos;

Ao professor Mailson Monteiro do Rêgo, pela amizade e ensinamentos;

Ao Professor Fernando Luiz Finger, pelas valiosas sugestões;

A Minha mãe Marileide e ao meu pai Raimundo pela criação que me deram, pelo grande incentivo de sempre continuar e nunca desistir dos meus sonhos, pelo amor incondicional, meu muito obrigado;

Ao meu irmão Rámony e minha cunhada Aninha, por sempre estarem presentes e dispostos a me ajudar, amo muito vocês.

Ao meu avô Cícero Cortez (*in memoriam*) pelo incentivo, apesar das incansáveis tentativas de me convencer a mudar de curso e fazer medicina;

As minhas avós Lindalva e dona Chica, pelo amor, conselhos e por sempre me incluírem em suas orações, a quem respeito e amo muito;

Aos amigos Maria Angélica, Taciano, Damiana, Cinthia e Simone, que conheci durante a graduação e se tornaram pessoa indispensáveis na minha vida e mesmo distantes continuam presentes;

Aos Amigos do laboratório de pós-colheita, Ana Paula, Tania, Naysa, Cristina, Cristiane, Lucilene, Rithiely, Teresa, Camila Karen, Julien, José Geraldo Júlio, pela amizade e ajuda na condução do trabalho;

Ao Laboratório de Biotecnologia da Universidade Federal da Paraíba, pela disponibilidade de seus bolsistas e estagiárias pela realização das análises morfoagronômicas, em especial aos professores Mailson e Elizanilda, e as amigas Naysa e Mayana (B1 e B2), onde toda a minha jornada científica começou.

Aos estagiários do laboratório de pós-colheita, Deivid, Roxane, Fauzi, Guilherme, Leandro e Saulo, pela amizade e ajuda;

Aos grandes amigos, Flavio, Franklin e Renato, pela amizade, por sempre estarem presentes e disponíveis nos momentos que mais precisei;

Aos meus amigos/irmãos Diego e Moryb, pelo companheirismo, amizade e convivência aqui em Viçosa durante todo o mestrado;

Aos amigos que fiz em Viçosa, Renatinha (ridícula), Hellen (loirão), Hugo, Priscila, Luiza, Juliana, Camilla, Neidequele, Marcelo, Giu, Daniel, Giovane, tornando o período da realização desse trabalho mais ameno;

A todos que de alguma forma, em Viçosa ou em Areia, ajudaram na realização desse trabalho.

## **BIOGRAFIA**

RUSTHON MAGNO CORTEZ DOS SANTOS, filho de Raimundo Pereira dos Santos e Marileide França Cortez dos Santos, nasceu em Patu, RN, em 8 de janeiro de 1987.

Em janeiro de 2005, formou-se como técnico em agropecuária pela universidade estadual da Paraíba, Catolé do Rocha-PB.

Em junho de 2010, graduou-se em Agronomia, pela Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB.

Em julho de 2010, ingressou no curso de Mestrado em Melhoramento de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	vii
ABSTRACT .....	ix
1. REVISÃO DE LITERATURA.....	1
1.1. Origem e Histórico .....	1
1.2. Botânica .....	2
1.3. Caracterização.....	4
1.4. Diversidade Genética.....	5
1.5. Melhoramento de Pimenteiras.....	6
1.6. Pimenteiras ornamentais .....	7
2. OBJETIVOS .....	8
3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	8
CAPÍTULO I.....	12
1. INTRODUÇÃO .....	12
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	13
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	16
3.1. Médias e Herdabilidades:.....	16
3.2. Análise de geração .....	21
4. CONCLUSÃO .....	26
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	26
CAPÍTULO II.....	28
1. INTRODUÇÃO .....	28
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	35
4. CONCLUSÃO .....	41
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
CAPÍTULO III .....	43
1. INTRODUÇÃO .....	43
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	44
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	46
4. CONCLUSÃO .....	54
5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	55

## RESUMO

SANTOS, Rusthon Magno Cortez dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2012. **Variabilidade genética, controle genético e avaliação de características de pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum*)**. Orientador: Aluizio Borém de Oliveira. Coorientadores: Fernando Luiz Finger e Elizanilda Ramalho do Rêgo.

O melhoramento de pimenteiras tem sido feito por meio de seleção massal em raças crioulas e, nos últimos tempos, alguns melhoristas têm dado ênfase ao uso de hibridação em programas de melhoramento. O conhecimento do tipo de herança envolvida nas características que irão passar por contínuas seleções e a diversidade gerada a partir dos cruzamentos é de suma importância para o sucesso de um programa de melhoramento. Assim os objetivos desse trabalho foram estudar o tipo de interação alélica e a herdabilidade envolvida em 19 caracteres quantitativos em pimenteiras ornamentais, bem como, a diversidade gerada a partir de um cruzamento divergente entre essas plantas, utilizando dados quantitativos e qualitativos separadamente e integrados em uma mesma análise. Foram escolhidos dois acessos pertencentes ao banco de germoplasma de Hortaliças da UFPB, contrastantes para o maior número de caracteres (77.3 e 76). Estes foram cruzados para a constituição da geração  $F_1$ . As sementes  $F_2$  foram obtidas a partir da autofecundação da geração  $F_1$ . O cruzamento desta última com os seus genitores geraram as gerações retrocruzadas RC1 e RC2. Todas estas gerações foram utilizadas para os estudos de interação alélica e análise de geração para todos os caracteres avaliados, exceto os qualitativos. Foram utilizadas 10 plantas de cada genitor e  $F_1$ , e 180, 90 e 90 para cada geração  $F_2$ , RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub>, respectivamente. Para a análise de diversidade genética foram utilizadas todas as gerações. Foram comparados 3 métodos de geração de matrizes e dois tipos de integração de dados. Foram encontrados valores para a herdabilidade no sentido amplo superiores a 0,6 em todas as características estudadas exceto para o comprimento do pecíolo, largura da folha e matéria seca do fruto. As estimativas da herdabilidade no sentido restrito foram superiores a 0,5 em todas as características exceto para diâmetro da corola, largura da pétala, menor diâmetro do fruto e matéria seca. Nas características de porte da planta o modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar a variação encontrada nas características largura da copa, altura da planta, comprimento do caule, largura da folha e diâmetro da corola, assim os efeitos epistáticos tem influencia significativamente na expressão das

demais características. Quanto ao conteúdo de antocianina nas flores, pedúnculo, folha e fruto, foram observadas herdabilidades no sentido amplo e restrito superiores a 0,85 e 0,63, respectivamente, e o modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar a variação encontrada nessas quatro características. A partir do cruzamento entre os acessos 77.3 e 76, foi possível gerar variabilidade genética tanto quando foram utilizados dados quantitativos separadamente quanto a utilização de ambos os dados integrados numa mesma análise de diversidade genética.

## ABSTRACT

SANTOS, Rusthon Magno Cortez dos, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa, February, 2012. **Genetic variability, genetic control and evaluation of characteristics of ornamental pepper (*Capsicum annuum*)**. Adviser: Aluizio Borém de Oliveira. Co-advisers: Fernando Luiz Finger and Elizanilda Ramalho do Rêgo.

The breeding of pepper has been done by means of mass selection in landraces and breeds in recent times, some breeders have emphasized the use of hybridization in breeding programs. The knowledge the type of inheritance of the characteristics that will undergo continuous selections and diversity generated from the crossing is critical to the success of a breeding program. Thus the objectives of this work were study the type of allelic interaction and heritability involved in 19 quantitative traits of ornamental peppers, as well as the diversity generated from a cross between these divergent plants, using quantitative and qualitative data separately and integrated into a single analysis. We chose two access belonging to the germplasm bank of vegetable plants UFPB, contrasting to the greatest number of characters (77.3 and 76). These were crossed to form F1 generation. The F2 seeds were obtained from the selfing of the F1 generation. The crossing of the latter with their parents led generations back crossed BC1 and BC2. All these generations were used for studies of allelic interaction analysis and generation for all traits, except the qualitative traits. We used 10 plants of each parent and F1, and 180, 90 and 90 for each F2, RC1 and RC2, respectively. For the analysis of genetic diversity were used all generations. Three methods were compared to generate of matrices and two types data integration. The values found for the broad-sense heritability were higher than 0.6 in all studied traits except for petiole length, leaf width and dry weight of fruit. Estimates of narrow sense heritability were greater than 0.5 in all characteristics except for corolla diameter, petal width, smaller fruit diameter and dry matter. The characteristics of the plant the additive-dominant model was adequate to explain the variation found in the characteristics crown width, plant height, stem length, leaf width and diameter of the corolla, thus, the epistatic effects significantly influence the expression of other characteristics. As for the content of anthocyanin in flowers, stem, leaf and fruit, were observed values in the broad sense heritability and narrow above 0.85 and 0.63, respectively, and the additive-dominant model was adequate to explain the variation found in these four characteristics. From the cross between the access 77.3 and 76.

Possible was to generate genetic variability as much as we used quantitative data separately for the use of both a single integrated data analysis of genetic diversity.

## 1. REVISÃO DE LITERATURA

### 1.1. Origem e Histórico

O gênero *Capsicum*, pertencente à família *Solanaceae*, compreende espécies de pimentas e pimentões que são olerícolas amplamente comercializadas em todo o mundo (BUSO et al., 2001). Apesar de o Brasil ser reconhecido como centro de origem e diversidade de várias espécies silvestres de pimentas deste gênero, as quais se encontram principalmente em áreas da Mata Atlântica e da Amazônia, pouco se conhece sobre elas (LUZ, 2007).

As pimenteiras do gênero *Capsicum* são nativas das Américas, sendo consideradas, com base em registros antigos, a principal especiaria originária do continente americano, cujo cultivo ocorre em regiões tropicais e temperadas de todo o mundo (HEISER, 1979). No Brasil, são cultivadas em todo o território e devido a sua história são consideradas parte da riqueza cultural brasileira e um valioso patrimônio de nossa biodiversidade, o que confere ao gênero uma grande diversidade de tamanhos, cores, sabores e picância, ardume ou pungência.

Dentre as dezenas de espécies de *Capsicum* encontradas e descritas entre domesticadas, semi-domesticadas e silvestres (PICKERSGILL, 1971; BOSLAND, 1993), cinco destacam-se: *Capsicum annum*L., *Capsicum chinense* Jacq., *Capsicum frutescens*L., *Capsicum baccatum*L. e *Capsicum pubescens* Ruiz&Pav. Sendo a *C. chinense* considerada a espécie tipicamente brasileira devido a sua grande diversidade e ocorrência no país e a *C. pubescens*, ao contrário, não é cultivada e é pouco conhecida no Brasil (REIFSCHNEIDER, 2000).

Os registros arqueológicos mais antigos do consumo de pimentas resultam de explorações arqueológicas em Tehuacán no México e sugerem que há aproximadamente 9 mil anos a.C. as pimentas já eram consumidas por populações pré-colombianas (NUEZ-VIÑALS et al., 1998; REIFSCHNEIDER, 2000). Baseado em relatos de expedições realizadas no período 1492-1600 ao novo mundo, Pickersgill (1969) afirma que frutos e folhas das pimenteiras eram utilizados na alimentação, em rituais religiosos, na medicina e até como “moeda” em um rudimentar sistema monetário praticado pelos Incas. Além de ajudar a preservar os alimentos protegendo-os da ação de fungos e bactérias (REIFSCHNEIDER, 2000).

Bianchetti (1996), com base em relatos de exploradores da costa brasileira, comenta em seu trabalho que no Brasil os povos indígenas davam grande importância ao cultivo de pimentas, ressaltando que a sua utilização era grande no período do descobrimento. Da mesma forma Reifschneider (2000), afirma que o cultivo e a colheita de pimentas nesse período era uma característica das tribos indígenas brasileiras, que contavam com a imensa variabilidade de espécies nativas. O mesmo autor ainda afirma que as rotas de navegação no período do descobrimento permitiram que houvesse a difusão de espécies picantes e doces de pimentas pelo mundo, passando essas a serem consumidas por povos de todas as origens, em quantidade crescente e em diversas formas de utilização.

## **1.2.Botânica**

Quanto a botânica as pimenteiras desse gênero *Capsicum* pertencem a família *Solanaceae*. Plantas desse gênero apresentam altura e forma de crescimento variando de acordo com a espécie, sistema radicular pivotante, com um número elevado de ramificações laterais, podendo chegar a profundidades de 70-120 cm. Suas folhas apresentam tamanho, coloração, formato e pilosidade variáveis, com coloração geralmente verde, podendo ser ainda violetas e variegadas. O formato pode variar de ovalado, lanceolado a deltóide. As hastes podem apresentar antocianina ao longo de seu comprimento e/ou nos nós, bem como presença ou ausência de pêlos. As flores são hermafroditase, as espécies do gênero *Capsicum* são, autógamas, com certa taxa de alogamia. O fruto é uma baga, de estrutura oca e forma lembrando uma cápsula, eles apresentam elevada variabilidade morfológica com frutos de múltiplas formas, tamanhos, colorações e pungências (BUSO et al., 2001).

As espécies de pimentas apresentam geralmente frutos com diferentes formatos, colorações, com dimensões menores que os pimentões, com de sabor “doce” ou pouco pungente e picante, sendo as picante as mais frequentes (CARVALHO et al., 2003). Teixeira (1996) afirma que devido às pimentas apresentarem sabor peculiar e a propriedade de estimular as funções digestivas elas são componentes da dieta de um quarto da população do planeta, sendo consumidas na forma de pó, seca ou em conservas.

A pungência dos frutos de pimenteira é uma exclusividade do gênero *Capsicum*. Essa pungência é devido a presença de capsaicinóides como capsaicina e dihidrocapsaicina, a pungência pode ser medida utilizando-se a Escala de Scoville por

meio das Unidades de Calor Scoville ('ScovilleHeatUnits-SHU') com auxílio de aparelhos específicos. Essa escala foi criada em 1912, pelo químico Wilbur Scoville que desenvolveu um método para medir o "grau de calor" da pimenta. O valor SHU pode variar de zero, pimentas doces até 300.000, pimentas muito picantes (BONTEMPO, 2007).

No Brasil, a exemplo do que ocorre nos demais países produtores de pimenta, é grande a importância dessa cultura tanto no âmbito econômico pelas características de rentabilidade quanto no social, por empregar certa quantidade de mão de obra (RUFINO & PENTEADO, 2006). A produção de pimenta é uma atividade olerícola bastante rentável uma vez que é crescente sua utilização como condimento de mesa e de produtos alimentícios industrializados. Essa aplicação é atribuída à propriedade inerente as pimentas com relação à melhoria de sabor, aroma e coloração dos alimentos

As pimentas do gênero *Capsicum* são excelentes fontes de  $\beta$ -caroteno, vitaminas A e C. Além da sua utilização na alimentação as pimentas ainda podem ser utilizadas associado à medicina tradicional humana e no combate de enfermidades em criações domésticas, sendo essas utilizações possível devido aos alcalóides (capsaicinóides) que são seu princípio ativo. A capsaicina e a dihidrocapsaicina são os capsaicinóides mais importantes encontrados em até 1% da matéria seca do fruto nas pimentas desse gênero, sendo estes responsáveis pelo sabor picante e pelas atividades biológicas atribuídas a elas (LUZ, 2007; RÊGO, 2011b).

Esse princípio ativo apresenta propriedades medicinais comprovadas: atua como cicatrizante de feridas, é antioxidante, age na dissolução de coágulos sanguíneos, previne a arteriosclerose, controla o colesterol, evita hemorragias, aumenta a resistência física. Pesquisas apontam que a capsaicina, responsável pela sensação de ardor, possuem três efeitos farmacológicos importantes: antiinflamatório, antioxidante e capacidade de promover a liberação endorfinas que é responsável pela sensação de bem-estar e pela variação do humor. Como a pimenta é antioxidante, rica em flavonóides e vitamina C, ela ainda pode reduzir o risco de doenças crônicas como câncer de próstata, catarata, diabetes e mal de Alzheimer, também pelo seu efeito desintoxicante do sangue (BONTEMPO, 2007, RÊGO, 2011a).

O uso da capsaicina como analgésico já é bastante realizado. Nesse âmbito faz-se a utilização desse composto na forma de gel, creme ou emplastro, os quais são colocados

sobre os pontos de dor, promovendo um alívio na sensação de dor. Essa substância encontrada nas pimentas do gênero *Capsicum* afeta a síntese, o armazenamento, transporte e liberação da Substância P, principal mensageiro químico dos impulsos da dor periférica para o sistema nervoso central (RÊGO, 2011).

### **1.3.Caracterização**

Algumas espécies de *Capsicum* no país são desconhecidas ou ainda não foram caracterizadas morfológica e agronomicamente (LUZ, 2007). De forma que a existência de espécies domesticadas e silvestre que ainda não foram devidamente caracterizadas limita o uso dessa variabilidade genética existente, porém desconhecida, em programa de melhoramento genético de plantas. (BIANCHETTI, 1996; RÊGO et al., 2003, Rêgo, et al. 2009, Rêgo et al., 2011b).

Bancos de germoplasma são a base física do patrimônio genético que reúne o conjunto de materiais hereditários de uma espécie (VALOIS et al., 1996), com a finalidade de evitar a perda de recursos genéticos e conservar fontes de genes para utilização atual e futura (HEIDEN, 1979). Consistindo, assim, em uma conservação *exsitu* (NASS et al., 2001), a qual é mais atrativa para melhoristas e instituições de pesquisa que desenvolvem trabalhos voltado para o melhoramento de plantas (OLORODE, 2004).

Segundo Cruz (2001), a divergência genética pode ser avaliada a partir de características agrônomicas, morfológicas, moleculares, dentre outras. A caracterização morfoagronômica é baseada em caracteres quantitativos e caracteriza-se por utilizar caracteres que podem ser definidos como mensuráveis, controlados por muitos genes, que sofrem grande influência do ambiente, mais trabalhosos que os qualitativos, e que são muito importantes do ponto de vista agrônômico (IBPGR, 1983; IPGRI, 1995).

A caracterização, no gênero *Capsicum*, baseia-se na lista de descritores recomendada pelo *International Plant Genetic Resources Institute* (IPGRI, 1995), que sugere o uso de descritores de caracterização essenciais, entre qualitativos quantitativos.

A determinação da importância relativa dos caracteres avaliados visa selecionar os descritores que mais representam a divergência genética entre os acessos estudados, tornando o banco de germoplasma devidamente caracterizado por meio da utilização do

mínimo de caracteres representativos, com economia de tempo e dinheiro (SUDRÉ et al., 2005; RÊGO et al., 2003) .

#### **1.4.Diversidade Genética**

É de grande utilidade para o melhoramento genético de plantas o conhecimento da diversidade entre os indivíduos uma vez que pode ser feito o gerenciamento da variabilidade genética disponível, por meio da escolha dos genitores a serem utilizados nos cruzamentos. Além disso, o estudo da diversidade entre linhagens possibilita o seu arranjo em grupos que, quando entrecruzados, podem resultar em maiores resultados de heterose(SOUZA, 2001; RÊGO et al., 2009).

As informações múltiplas da diversidade genética de cada acesso ou cultivar são expressas em medidas de dissimilaridade, que representam a diversidade em relação ao conjunto de subamostras podendo estas medidas de dissimilaridade serem geradas a partir de características agronômicas, morfológicas e moleculares. (CRUZ & CARNEIRO, 2003; BARBÉ, 2008).

As medidas de dissimilaridade comumente utilizadas em variáveis quantitativas são: Distâncias Euclidiana, Euclidiana Média, Euclidiana Média Padronizada e Distância Generalizada de Mahalanobis, com certa vantagem para esta última, visto que são levadas em consideração as variâncias e covariâncias residuais existentes entre as características mensuradas.

As estimativas de dissimilaridade atendem aos objetivos do melhorista, por quantificarem e informarem o grau de semelhança ou de diferença entre pares de genótipos. Entretanto, quando o número de acessos é relativamente grande, torna inviável o reconhecimento de grupos homogêneos pelo exame visual das estimativas de distância. Devido a isso, os acessos semelhantes são reunidos com o uso de técnicas de agrupamento, em que a união se dá pela classificação dos subamostras em vários grupos de forma que exista homogeneidade dentro e heterogeneidade entre esses grupos, ou seja, o grupo original é dividido em vários outros grupos, seguindo o critério de similaridade ou de dissimilaridade (CRUZ & CARNEIRO, 2003).

Entre os vários métodos de agrupamento de otimização, o mais utilizado nos estudos de diversidade genética é o método de Tocher (RAO, 1952). Esse método tem como princípio estabelecer grupos de maneira que exista homogeneidade dentro dos grupos e

heterogeneidade entre eles. O método do vizinho mais próximo também é bastante utilizado para estimar a diversidade genética entre genótipos.

Estudos de diversidade genética têm sido realizados a partir de vários tipos de variáveis (ABREU et al., 2004, BENTO et al., 2007; RÊGO Et al., 2009, RÊGO et al. 2011, a, b).

Em qualquer aplicação, os objetivos da análise de agrupamento não podem ser separados da seleção de variáveis usadas para caracterizar os objetos a serem agrupados. Os possíveis resultados estão diretamente ligados à seleção das variáveis usadas.

### **1.5.Melhoramento de Pimenteiros**

Para alcançar sucesso, os programas de melhoramento dependem de vários fatores. A definição dos objetivos e metas é de fundamental importância na economia de tempo e recursos. Do mesmo modo, deve-se escolher criteriosamente o método mais eficiente de seleção, levando-se em conta a base genética da característica a ser melhorada, uma vez que o processo de melhoramento só poderá ser bem sucedido se a população a ser melhorada possuir variabilidade genética para o atributo sob seleção (CARDOSO, 2001).

O melhoramento de pimenteiros tem sido feito por meio de seleção massal em raças crioulas e, nos últimos tempos, alguns melhoristas têm dado ênfase ao uso de hibridação em programas de melhoramento. Hoje o grande desafio é selecionar cultivares com alta produção, proteger contra estresses bióticos e abióticos e melhorar a qualidade do fruto, de acordo com a finalidade para a indústria ou para o consumo *in natura* (RÊGO et al 2009; BOSLAND E VOTAVA, 2000; RÊGO 2011b).

A fase mais crítica de qualquer programa de melhoramento genético é a escolha de genitores, uma vez que o sucesso deste depende da escolha dos genitores certos, geralmente os genitores escolhidos são as variedades da cultura que estão sendo plantadas, mas também podem ser selecionados acessos de bancos de germoplasma como genitor, quando se quer introduzir uma característica no novo cultivar que ainda não está disponível nas variedades comerciais. Assim além da escolha dos genitores certos, o sucesso do programa de melhoramento por hibridação depende também do germoplasma disponível e de conhecimento do controle genético das características a serem melhoradas (FEHR, 1987).

Em *Capsicum*, os frutos podem ser consumidos *in natura*, secos, ou ainda alguns genótipos podem ser utilizados como planta ornamental, visto que a cor e a forma dos frutos se adaptam a esse fim (BOSLAND, 1992, RÊGO et al., 2009, 2011a e 2011b). Tendo em vista o consumo *in natura*, os programas de melhoramento devem ter como objetivo o desenvolvimento de frutos grandes, doces e com baixo teor de capsaicina, podendo ter a coloração verde quando imaturos e variando do amarelo ao vermelho quando maduros, com pericarpo espesso e película brilhante (CASALI et al., 1984).

Visando ao consumo seco, isto é, na forma de pó, normalmente os frutos devem ser pungentes, com grande variabilidade em comprimento e largura, podendo ter a forma alongada, arredondada e achatada. A coloração madura mais freqüente é de cor vermelho, podendo apresentar ainda frutos de cor pode variar de amarelo, creme, laranja, e marrom. O pericarpo normalmente é fino e a película é brilhante (CASALI & STRINGHETA, 1984).

### **1.6.Pimenteiras ornamentais**

Dentre as plantas ornamentais em vaso, as pimentas (*Capsicum* spp.) têm se destacado pela crescente aceitação pelo mercado consumidor, fazendo a diferença na variedade de produtos das floriculturas (RÊGO et al., 2009)

As pimentas ornamentais tem tido grande destaque e uma boa aceitação pelo mercado consumidor, sendo bastante popular na Europa e ganhando popularidade nos Estados Unidos. No Brasil, a venda de pimentas ornamentais ainda é restrita as feiras livres e alguns supermercados, mas o cenário esta mudando e consumidores de maior poder aquisitivo já estão adquirindo as pimenteiras em floriculturas.

Em principio, qualquer espécie de pimenta poderia ser utilizada como planta ornamental, porém as espécies de menor porte são mais indicadas para o plantio em vasos, principalmente na decoração de ambientes internos (SAPUCAY et al., 2008). Existem também os tipos de pimenteiras ornamentais destinadas a ornamentação externa que seria o caso de plantas para jardins, ornamentando canteiros servindo como alternativa para os paisagistas.

Nem todo cultivar de pimenta se adapta bem em vaso, havendo a variação até mesmo dentro de uma mesma espécie, apenas aquelas que apresentam porte reduzido e uma boa harmonia de vaso são as que mais se adaptam para o cultivo com finalidades ornamentais (RÊGO et al., 2011a, RÊGO et al., 2011b), para se obter uma boa harmonia

de copa é aconselhável que a relação entre altura da planta, diâmetro da copa e altura total variem entre 1,5 e 2, porém, estudos mais detalhados sobre os recipientes e suas dimensões são importantes pois refletirão nos custos finais de produção de pimenteiras podendo diminuir gastos desnecessário.

## 2. OBJETIVOS

Diante do exposto os objetivos deste trabalho foram:

- Identificar o tipo de interação alélica predominante envolvida no controle genético de características de porte da planta e fruto em pimenteiras ornamentais.
- Estimar as herdabilidades no sentido amplo e restrito para características de porte da planta, fruto e conteúdo de antocianina em quatro diferentes tecidos.
- Observar a adequação do modelo aditivo-dominante em explicar a variação gerada em 23 características quantitativas em pimenteiras ornamentais .
- Estimar os efeitos genéticos, aditivo, dominante e epistáticos aditivo x aditivo, aditivo x dominante e dominante x dominante
- Estudar a variabilidade genética gerada na F<sub>2</sub> a partir de cruzamento entre genitores contrastantes para características qualitativas e quantitativas.

## 3. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU FB; LEAL NR; RODRIGUES R; AMARAL JUNIOR AT; SILVA DJH. 2004. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 3, p. 547-552.

BOSLAND, P.W. Chiles: A diverse Crop. **HortTechnology**, v. 2(1), p. 7-10, Jan-Mar, 1992.

BENTO, C. S.; SUDRE, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M. G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. **Scientia Agraria**, v. 8, n. 2, p. 149-156, 2007.

BIANCHETTI, L. B. **Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de Capsicum (Solanaceae) ocorrentes no Brasil**. 1996. 174f. Dissertação (Mestrado em Botânica) - Universidade de Brasília: Departamento de Botânica do Instituto de Ciências Biológicas: Brasília, 1996.

BOSLAND, P. W.; VOTAVA, E. J. **Peppers: vegetable and Spice Capsicums**. CABI Publishing, 2000. 204p.

BONTEMPO, M. **Pimenta e seus benefícios à saúde**. São Paulo: Alaúde Editorial,

2007. 101p.

BOSLAND, P.W. Breeding for quality in Capsicum. **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 12, p. 25-31, 1993.

BUSO, G.S.C.; LOURENÇO, R.T.; BIANCHETTI, L. B.; LINS, T.C.L.; POZZOBON, M.T.; AMARAL, Z.P.S.; FERREIRA, M.E. **Espécies silvestres do gênero Capsicum coletadas na mata atlântica brasileira e sua relação genética com espécies cultivadas de pimenta: uma primeira abordagem genética utilizando marcadores moleculares**. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 2001. 22p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 7).

CARDOSO, A. I.I. Melhoramento de Hortaliças. *in*: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento - Plantas**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. cap. 12, p. 293-326.

Rêgo, E. R. ; FINGER, F. L. ; RÊGO, M. M. . Types, Uses and Fruit Quality of Brazilian Chili Peppers. In: Johnathan F. Kralis. (Org.). Spices: Types, Uses and Health Benefits. 1 ed. New York: Nova Science Publishers, 2011, v. 1, p. 1-70.

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; HENZI, G. P. Germplasm collection of *capsicum* spp. maintained by EmbrapaHortaliças (CNPq) **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 22, p. 17- 20, 2003.

CASALI, V. W. D.; PÁDUA, J. G.; BRAZ, L.T. Melhoramento de pimentão e pimenta. **Informe agropecuário**, v. 10(113), p. 19-22, maio, 1984.

CASALI, V. W. D.; STRINGHETA, P.C. Melhoramento de pimentão e pimenta para fins industriais. **Informe agropecuário**, v.10(113), p. 23-25, maio, 1984.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento Genético – Volume 2: UFV, 2003, 585p.

CRUZ, C. D. Programa GENES: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 2001. 442 p.

HEISER, C. B. Jr. **Peppers – Capsicum (Solanaceae)**. IN: SIMMONDS, N. W. Evolution of crop plants. Longman, 1979, p. 265-273.

IBPGR. **Genetic resources of Capsicum – a global plan of action**. International Board for Plant Genetic Resources. IBPGR SECRETARIAT, Rome, Italy. 1983. 108p.

IPGRI. **Descritores para Capsicum(Capsicum spp)**. Roma: IPGRI, 1995. 51 p.

LUZ, F. J. F. **Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (Capsicumchinensejacq.)**. 2007. 70 f. : il. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista.

NASS, L. L., MIRANDA FILHO, J. B., SANTOS, M. X. Uso de germoplasma exótico no melhoramento. *in*: NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento - Plantas**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. cap. 5, 101-122.

NUEZ, F.; ORTEGA, G.; COSTA, J. **El Cultivo de pimientos, chiles y ajies**.

Ediciones mundi-prensa, México. 1996. 607p.

OLORODE, O. Conservation of Plant Genetic Resources. African Journal Traditional CAM, v. 1, n. 1, p. 4-14, 2004.

PICKERSGILL, B. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers (genus *Capsicum*). **Evolution**, v. 25, p. 683-691, 1971.

PICKERSGILL, B. **The domestication of chili peppers**. IN: UCKO, P. J.; DIMBLEBY, G. W., ed. In: **The domestication and exploitation of plants and animals**. London, 1969. p. 443-450.

RAO, C. R. **An advanced statistical method in biometric research**. New York, Ed. John Wiley e Sons, 1952.390 p.

RÊGO, E. R. **Diversidade, herança e capacidade combinatória em pimenta (*Capsicumbaccatum*)**. Viçosa: UFV, 2001. (Tese de Doutorado)

RÊGO, E. R. ; RÊGO, M. M. ; CRUZ, C. D. ; FINGER, F. L. ; AMARAL, D. S. S. L. . **Genetic Diversity analysis of peppers: a comparison of discarding variables methods**. Crop Breeding and Applied Biotechnology **JCR**, Londrina, v. 3, n. 1, p. 19-26, 2003.

RÊGO, E. R. ; FINGER, F. L. ; NASCIMENTO, M. F. ; BARBOSA, L. A. ; SANTOS, R. M. C. . **Pimenteiras ornamentais**. In: Elizanilda Ramalho do Rêgo; Fernando Luiz Finger; Mailson Monteiro do Rêgo. (Org.). Produção, Genética e Melhoramento de Pimentas (*Capsicum* spp.). 1 ed. Recife: Imprima, 2011, v. 1, p. 205-223c

RÊGO, E. R. ; FINGER, F. L. ; RÊGO, M. M. . Types, **Uses and Fruit Quality of Brazilian Chili Peppers**. In: Johnathan F. Kralis. (Org.). Spices: Types, Uses and Health Benefits. 1 ed. New York: Nova Science Publishers, 2011, v. 1, p. 1-70. b

RÊGO, E. R. ; REGO, M. M. ; FINGER, F. L. ; CRUZ, C. D. ; CASALI, V. W. D. **A diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*)**. Euphytica (Wageningen) **JCR**, v. 168, p. 275-287, 2009.

RÊGO, E.R.; RÊGO M.M.; CRUZ, C.D. **Herança de caracteres quantitativos em pimenta (*Capsicumbaccatum*)**. Anais do 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2003, Centro de Convenções do Descobrimento. Porto Seguro-BA, 2003.

REIFSCHNEIDER, F. J. B. (Org.) **Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. Embrapa Hortaliças, 2000. 113p.

RUFINO, J. L. S.; PENTEADO, D. C. S. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. **Informe Agropecuário**, v. 27, n. 235, p. 7-15, 2006.

SAPUCAY, M. J. L. C.; REGO, E. R. ; RÊGO, M. M. . Qualidade de frutos de pimenteira (*Capsicum* spp.) produzidas em estufa. In: 48 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2008, maringá. Horticultura Brasileira, 2008. v. 26. p. s3188-s3190.

SOUZA, A. P. Biologia Molecular aplicada ao melhoramento. *in*: NASS, L. L.;

VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento- Plantas**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001. cap. 29, p.939-966.

SUDRÉ, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; KARASAWA, M; AMARAL JR., A. T. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. **Horticultura Brasileira**, v. 23, n. 1, p. 22-27, jan-mar. 2005.

TEIXEIRA, R. **Diversidade em Capsicum: análise molecular, morfoagronômica e química**. 1996. 84p. Dissertação de Mestrado - Universidade Federal de Viçosa.

VALOIS, A. C. C.; NASS, L. L.; GÓES, M. Conservação *ex situ* de recursos genéticos vegetais. *in*:NASS, L. L.; VALOIS, A. C. C.; MELO, I. S.; VALADARES-INGLIS, M. C. **Recursos Genéticos e Melhoramento - Plantas**. Rondonópolis, MT: Fundação MT, 2001, cap. 6, 123-149.

## CAPÍTULO I

Herdabilidade e estudos de geração em características de porte da planta e de qualidade de frutos em pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum L.*).

### 1. INTRODUÇÃO

Plantas do gênero *Capsicum* têm uma longa história em seus usos na culinária e mais recentemente como planta ornamental. Nos últimos anos, com a criação de programas de melhoramento de planta do gênero *Capsicum* tem havido uma demanda para aumentar a diversidade dentro dos tipos de pimenteiras, tanto as destinadas à culinária quanto as utilizadas em ornamentação. Dentro deste gênero, há uma abundância de diversidade genética para o uma gama de características como, hábito de crescimento das plantas e para características relacionadas com o tamanho e coloração de frutos e folhas podendo atender a exigências para a criação de novos tipos (STOMMEL & BOSLAND, 2006).

Os programas de melhoramento de *Capsicum* podem ser desenvolvidos a partir da seleção de plantas dentro de populações preexistentes podendo também ser iniciados a partir de hibridação. O desenvolvimento de uma nova variedade que seja atrativa aos olhos do consumidor com alto rendimento de frutos, frutos coloridos, eretos e, com copa harmônica é um dos principais objetivos de qualquer programa de melhoramento de pimenteiras ornamentais. O primeiro passo em um programa de melhoramento genético bem-sucedido é seleção dos genitores. Porém, este é o passo mais oneroso e demorado em qualquer programa de melhoramento (GELETA & LABUSCHAGNE, 2004). A diversidade genética é considerado um dos critérios para a seleção dos pais na produção de um híbrido. Geleta et al. (2004) mostrou pais mais relacionados geneticamente apresentaram heterose baixa, mas os cruzamentos entre os pais de classes

divergentes tenderam a mostrar maior heterose para características de frutos e porte da planta.

O conhecimento da natureza e magnitude genética dos efeitos genéticos que governam uma característica é de suma importância no processo de seleção e predição do comportamento de gerações híbridas e segregantes (CRUZ & REGAZZI, 2001). Assim o objetivo desse trabalho foi estimar os parâmetros genéticos e os efeitos gênicos envolvidos na herança de características de porte da planta e do fruto, em geração segregante de pimenteira ornamental.

## **2. MATERIAL E MÉTODOS**

Dois acessos (76 e 77.3) de pimenteira ornamental *Capsicum annuum* L. pertencentes ao BGH-UFPB (Banco Ativo de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal da Paraíba), contrastantes para a maioria das características estudadas foram cruzados produzindo a geração F<sub>1</sub> e por autofecundação desta última a geração foi obtida a geração F<sub>2</sub>, os retrocruzamentos RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub> foram obtidos a partir do cruzamento entre a geração F<sub>1</sub> e os genitores P1 e P2, respectivamente, esses genitores são contrastantes para características de porte da planta, cor da folha, flor e fruto maduro e imaturo. Plantas do acesso 76 (P1) apresentam porte mais baixo, folhas e frutos maiores quando comparada com o acesso 77.3 (P2), produzindo folhagem verde e flores brancas, os frutos imaturos são verdes e quando maduros laranjas. Plantas do acesso 77.3 apresentam porte maior e frutos e folhas menores quando comparado com plantas da subamostra 76, às folhas e flores são roxas escuras e os frutos quando imaturos são roxos e maduros vermelhos, os cruzamentos foram realizados na casa de vegetação utilizando práticas de emasculação padrão.

O experimento com todas as gerações foi conduzido em casa de vegetação. A caracterização foi realizada no Laboratório de Biotecnologia vegetal da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia, Paraíba, Brasil. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor (poliestireno) de 128 células preenchidas com substrato comercial e quando apresentaram pelo menos 6 folhas definitivas foram transplantadas para vaso de 700ml contendo substrato comercial, todos os descritores foram avaliados a partir do aparecimento da primeira flor na planta, menos as características relacionadas com o porte e frutificação das plantas que foram avaliadas a partir do amadurecimento do primeiro fruto na planta. Cada planta foi caracterizada individualmente de acordo com seu florescimento e frutificação.

A caracterização morfoagrônômica foi realizada com base em 19 descritores quantitativos de *Capsicum* propostos pelo IPGRI (1995), e foram avaliadas 10 plantas para cada genitor e a geração F<sub>1</sub>. 180 90 e 90 para cada geração F<sub>2</sub>, RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub>, respectivamente.

Os descritores utilizados de fruto para a caracterização dessa família foram: CP = comprimento do pedúnculo (cm); CF = comprimento do fruto (cm); MADF = maior diâmetro do fruto (cm); MEDF = menor diâmetro do fruto (cm), PMF = peso médio do fruto (g); EP = espessura do pericarpo (cm), NSF = número de sementes por fruto, MF = massa fresca (g), MS = massa seca (g); TMS = teor de massa seca (%).

Os descritores de planta utilizados foram: AP = altura de planta (cm); LP = largura da copa (cm); LT = comprimento do caule (cm); DT = diâmetro do caule (cm); TF = tamanho da folha (cm), TP = tamanho do pecíolo (cm), LF = largura da folha (cm) e para flor: LPE = longitude da pétala, LAP = largura da pétala.

Os dados assim obtidos foram submetidos à análise de estudos de geração, onde foram calculadas as médias e variâncias Aditiva ( $\sigma_a^2$ ), devido aos desvios da dominância ( $\sigma_d^2$ ), fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), genética ( $\sigma_g^2$ ) e ambiental ( $\sigma_m^2$ ).

Dados por:

Variância fenotípica em F<sub>2</sub>:

$$\hat{\sigma}_{f(F2)}^2 = \hat{\sigma}_{F2}^2$$

Variâncias do meio:

$$\hat{\sigma}_{m(F2)}^2 = \frac{2\hat{\sigma}_{F1}^2 + \hat{\sigma}_{P1}^2 + \hat{\sigma}_{P2}^2}{4}, \hat{\sigma}_{m(RC1)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{F1}^2 + \hat{\sigma}_{P1}^2}{2} \text{ e } \hat{\sigma}_{m(RC2)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{F1}^2 + \hat{\sigma}_{P2}^2}{2}$$

Variância genética em F<sub>2</sub>:

$$\hat{\sigma}_{g(F2)}^2 = \hat{\sigma}_{f(F2)}^2 + \hat{\sigma}_{m(F2)}^2$$

Variância aditiva:

$$\hat{\sigma}_a^2 = 2\hat{\sigma}_{g(F2)}^2 - [\hat{\sigma}_{g(RC1)}^2 + \hat{\sigma}_{g(RC2)}^2]$$

Onde:

$$\hat{\sigma}_{g(RC1)}^2 = \hat{\sigma}_{f(RC1)}^2 - \hat{\sigma}_{m(RC1)}^2 \text{ e } \hat{\sigma}_{g(RC2)}^2 = \hat{\sigma}_{f(RC2)}^2 - \hat{\sigma}_{m(RC2)}^2$$

Variância devido aos desvios da dominância:

$$\hat{\sigma}_d^2 = \hat{\sigma}_{g(F2)}^2 - \hat{\sigma}_a^2$$

Também foram calculadas as estimativas da herdabilidade no sentido amplo ( $h_a^2$ ) e restrito ( $h_r^2$ ) e grau médio de dominância ( $k_m$ ).

Herdabilidade no sentido amplo:

$$h_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_{g(F2)}^2}{\hat{\sigma}_{f(F2)}^2}$$

Herdabilidade no sentido restrito:

$$h_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_{f(F2)}^2}$$

Grau médio de dominância:

$$k_m = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}$$

Para o modelo completo foram estimados os efeitos das médias de todos os possíveis homozigotos(m) aditivos(a), dominantes(d) e epistáticos: aditivo x aditivo (aa), aditivo x dominante(ad) e dominante x dominante (dd). Para o modelo Aditivo-dominante foram estimados os efeitos aditivos (a) e dominantes (d) e da média(m),

Análise das médias das gerações, modelo completo:

$$\hat{m} = \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + 4\bar{F}_2 - 2\overline{RC}_1 - 2\overline{RC}_2$$

$$\hat{a} = \frac{1}{2}P_1 - \frac{1}{2}P_2$$

$$\hat{d} = -\frac{3}{2}P_1 - \frac{3}{2}P_2 - \bar{F}_1 - 8\bar{F}_2 + 6\overline{RC}_1 + 6\overline{RC}_2$$

$$a\hat{a} = -4\bar{F}_2 + 2\overline{RC}_1 + 2\overline{RC}_2$$

$$a\hat{d} = -P_1 + P_2 + 2\overline{RC}_1 - 2\overline{RC}_2$$

$$d\hat{d} = P_1 + P_2 + 2\bar{F}_1 + 4\bar{F}_2 - 4\overline{RC}_1 - 4\overline{RC}_2$$

Todos os efeitos dos dois modelos foram submetidos ao teste de significância t em nível de 5% de probabilidade. Todas as análises foram realizadas utilizando-se o programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em espécies do gênero *Capsicum* existem vários trabalhos que associam alguns nomes de genes à características específicas. Em alguns desses estudos a herança de características quantitativas relacionadas com a morfologia da planta, não foi descrita com detalhes, sendo observado que estas não têm herança monofatorial como sugerido, em muitos casos podem ser determinadas por mais de um gene. Características da planta que estão relacionadas com seu porte ou frutificação geralmente apresentam heranças quantitativas, apresentando uma variabilidade adicional em relação a outras características (WANG & BOSLAND, 2006).

#### 3.1. Médias e Herdabilidades:

Para as características relacionadas com o porte da planta, o genitor 77.3 (P1) apresentou médias maiores que o genitor 76 (P2) e a geração F<sub>1</sub> apresentou valores intermediários para todas as características exceto para a altura da planta e diâmetro da copa (Tabela 1) mostrando que para estes caracteres o tipo de interação alélica predominante seria a de subdominância.

Nas características comprimento do caule, diâmetro do caule, comprimento da folha, comprimento do pedúnculo, largura das folhas e diâmetro do caule, o tipo de interação alélica predominante foi aditiva uma vez que a geração F<sub>1</sub> apresentou médias intermediárias entre a de seus genitores (Tabela 1).

O diâmetro da corola da geração F<sub>1</sub> foi menor que a de seus genitores, indicando que a interação alélica predominante é a sobredominância, o que foi comprovado pela análise da geração F<sub>2</sub> que apresentou fenótipos transgressivos para o valor máximo dos pais, indicando que poderá ser efetuada seleção visando aumentar essa característica.

Para a característica largura da pétala, foi observado um comportamento intermediário da geração F<sub>1</sub> com relação aos seus genitores, o que evidencia que a interação gênica predominante é aditiva (Tabela 1).

**Tabela 1:** Valores médios e desvio padrão de características quantitativas de porte da planta, flores e frutos nos parentais, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, e retrocruzamentos RC<sub>1</sub>e RC<sub>2</sub>obtidas a partir do cruzamento entre os acessos de *Capsicum annuum* 76 e 77.3.

<b>Geração</b>	<b>Média Aritmética</b>	<b>Desvio-padrão</b>	<b>Média Aritmética</b>	<b>Desvio-padrão</b>	<b>Média Aritmética</b>	<b>Desvio-padrão</b>
	<b>Largura da Copa</b>		<b>Largura da Folha</b>		<b>Peso do Fruto</b>	
<b>P1</b>	52,4	2,79	2,5	0,2	17,0	1,73
<b>P2</b>	22,0	2,64	2,66	0,28	45,3	2,88
<b>F1</b>	19,8	1,84	2,07	0,24	22,4	8,17
<b>F2</b>	27,2	5,73	2,17	0,37	32,3	19,73
<b>RC1</b>	31,8	5,73	2,10	0,25	22,1	13,96
<b>RC2</b>	25,8	3,74	2,62	0,38	26,3	15,55
	<b>Altura da Planta</b>		<b>Diâmetro da Corola</b>		<b>Comprimento do Pedúnculo</b>	
<b>P1</b>	64,6	2,08	1,70	0,09	1,00	0,31
<b>P2</b>	30,3	1,52	1,60	0,01	1,44	0,08
<b>F1</b>	19,3	1,49	1,45	0,10	1,88	0,26
<b>F2</b>	27,1	5,08	1,50	0,21	2,07	0,44
<b>RC1</b>	34,3	2,25	1,46	0,23	1,56	0,35
<b>RC2</b>	23,7	3,87	1,44	0,12	1,92	0,38
	<b>Comprimento do Caule</b>		<b>Largura da Pétala</b>		<b>Espessura do Pericarpo</b>	
<b>P1</b>	16,0	0,90	0,47	0,038	0,016	0,007
<b>P2</b>	10,6	1,15	0,26	0,021	0,016	0,007
<b>F1</b>	12,3	0,94	0,45	0,023	0,049	0,031
<b>F2</b>	12,7	2,25	0,45	0,055	0,048	0,033
<b>RC1</b>	14,3	1,38	0,40	0,045	0,028	0,015
<b>RC2</b>	13,2	2,10	0,43	0,051	0,087	0,035
	<b>Diâmetro do Caule</b>		<b>Comprimento do Fruto</b>		<b>Número de Sementes</b>	
<b>P1</b>	0,45	0,03	2,2	0,16	17,0	1,73
<b>P2</b>	0,58	0,03	0,55	0,056	13,3	2,88
<b>F1</b>	0,52	0,06	1,6	0,28	22,4	8,17
<b>F2</b>	0,79	0,11	1,79	0,55	32,3	19,73
<b>RC1</b>	0,52	0,07	1,95	0,45	22,1	13,96
<b>RC2</b>	0,56	0,10	1,21	0,45	26,3	15,55
	<b>Tamanho da Folha</b>		<b>Maior Diâmetro do Fruto</b>		<b>Matéria Fresca</b>	
<b>P1</b>	9,99	0,20	1,00	0,10	0,18	0,029
<b>P2</b>	6,16	0,28	0,49	0,03	0,06	0,021
<b>F1</b>	6,33	0,68	0,82	0,11	0,29	0,137
<b>F2</b>	7,12	0,99	1,01	0,24	0,61	0,335
<b>RC1</b>	6,98	0,71	1,00	0,19	0,28	0,253
<b>RC2</b>	9,19	1,06	0,61	0,19	0,62	0,254
	<b>Tamanho do Pedúnculo</b>		<b>Menor Diâmetro do Fruto</b>		<b>Matéria Seca</b>	
<b>P1</b>	2,84	0,13	0,016	0,007	0,016	0,007
<b>P2</b>	1,60	0,1	0,016	0,007	0,016	0,007
<b>F1</b>	1,80	0,46	0,049	0,031	0,049	0,031
<b>F2</b>	2,35	0,53	0,048	0,033	0,048	0,033
<b>RC1</b>	2,20	0,46	0,028	0,015	0,028	0,015
<b>RC2</b>	2,76	0,46	0,087	0,035	0,087	0,035
	<b>Teor de Matéria Seca do fruto</b>					
	<b>Média Aritmética</b>			<b>Desvio-padrão</b>		
<b>P1</b>	0,09			0,023		
<b>P2</b>	0,16			0,045		
<b>F1</b>	0,13			0,041		
<b>F2</b>	0,11			0,073		
<b>RC1</b>	0,14			0,060		

<sup>z</sup>: P1=acesso 76, P2 =acesso 77.3 e os RC1 e RC2 são os retrocruzamentos entre a F1 e 76 (P1) e F1 e 77.3 (P2), respectivamente.

Com relação às características de fruto estudadas, as que apresentaram interação alélica predominantemente sobredominante foram: menor diâmetro do fruto, peso médio do fruto, espessura do pericarpo, número de sementes do fruto, matéria fresca do fruto e matéria seca do fruto, todas elas também apresentaram valores máximos transgressivos mostrando a presença de genótipos na geração F<sub>2</sub> com médias superiores a dos genitores, para o comprimento do fruto, maior diâmetro do fruto, teor de matéria seca do fruto e comprimento do pedúnculo o tipo de interação alélica predominante é a aditiva (Tabela 1).

Resultados semelhantes foram encontrados por Rêgo et al., (2011) trabalhando com *Capsicum baccatum* onde ao se estudar a herança de características em pimenteira, identificaram que para o comprimento e maior diâmetro do fruto o tipo de interação gênica predominante é a aditiva.

Para os cálculos da herdabilidade que é definida como a proporção da variabilidade existente na população segregante de natureza genética. O menor valor para herdabilidade no sentido amplo foi para a característica matéria seca do fruto (0,42) (Tabela 2), indicando que esta característica é altamente influenciada pelo ambiente. A herdabilidade no sentido restrito para esta característica também foi baixa (0,39), logo, há baixa correlação entre o valor fenotípico e o valor genético, não sendo, o valor fenotípico, uma medida confiável para o valor genotípico. Assim a prática da seleção para esta característica em gerações precoces poderá não ser eficiente.

As características que apresentaram os maiores valores para a herdabilidade no sentido amplo foram a matéria fresca, número de sementes e o peso médio do fruto com valores de 0,91, 0,9 e 0,92. Já para a herdabilidade no sentido restrito 0,85, 0,87 e 0,57, respectivamente. Assim o valor fenotípico para essas características tem alta correlação com os valores genotípicos, tendo-se altos ganhos com a seleção para estas características, podendo-se desenvolver novas cultivares de pimenteiras com duplo propósito sendo utilizadas com finalidades ornamentais e culinárias. Moreira et al., (2011) estudando o desempenho agrônomo de linhagens de *Capsicum annuum* encontraram valores para o coeficiente de determinação genotípica de 89,45 para o peso médio do fruto, 85,94 para

o comprimento do fruto e 85,94 para diâmetro do fruto, valores bastante semelhantes aos encontrados nesse trabalho.

Com relação às características relacionadas com o tamanho do fruto como o comprimento do pedúnculo, tamanho do fruto, maior e menor diâmetro do fruto, foram observados valores para a herdabilidade no sentido amplo superiores a 0,8, exceto para o menor diâmetro do fruto que foi de 0,6. Comportamento semelhante foi observado para as herdabilidades no sentido restrito sendo observado o valor de 0,33 para o menor diâmetro do fruto e valores superiores a 0,6 para as demais características (Tabela 2). Os valores das herdabilidades relativamente baixos para a característica menor diâmetro do fruto podem ser explicados pela baixa diversidade entre os genitores utilizados, e os altos valores de herdabilidade para as demais características indicam que a seleção poderá ser praticada com ganhos genéticos.

**Tabela 2:** Estimativas das Herdabilidade no sentido amplo e restrito para características de porte da planta, flor e fruto em população segregante de pimenteira ornamental (*Capsicum annuum*) obtidas a partir do cruzamento entre os acessos 76 e 77.3.

Características	$h_a^2$	$h_r^2$
<b>Largura da Copa</b>	0,83	0,56
<b>Altura da Planta</b>	0,89	0,71
<b>Comprimento do Caule</b>	0,80	0,74
<b>Diâmetro do Caule</b>	0,78	0,58
<b>Tamanho da Folha</b>	0,72	0,33
<b>Tamanho do Pedúnculo</b>	0,59	0,51
<b>Largura da Folha</b>	0,56	0,51
<b>Diâmetro da Corola</b>	0,82	0,44
<b>Largura da Pétala</b>	0,75	0,38
<b>Comprimento do Fruto</b>	0,84	0,66
<b>Maior Diâmetro do Fruto</b>	0,84	0,75
<b>Menor Diâmetro do Fruto</b>	0,61	0,33
<b>Peso do Fruto</b>	0,92	0,57
<b>Comprimento do Pedúnculo</b>	0,80	0,62
<b>Espessura do Pericarpo</b>	0,86	0,66
<b>Número de Sementes</b>	0,90	0,87
<b>Matéria Fresca</b>	0,91	0,84
<b>Matéria Seca</b>	0,42	0,39
<b>Teor de Matéria Seca</b>	0,71	0,71

Herdabilidade no sentido amplo calculada de acordo com a metodologia de Allard(1960) e Herdabilidade no sentido restrito obtida a partir da fórmula proposta por Mather (1949) and Warner (1952).

Foi observado na geração F<sub>2</sub>, existência de fenótipos transgressivos para o valor máximo no comprimento do pedúnculo, tamanho do fruto, maior e menor diâmetro do fruto, indicando que podem ser desenvolvidas linhagens avançadas com frutos maiores que os de seus genitores, o que é de grande interesse no melhoramento de pimenteiras ornamentais.

As três características de folha estudadas mostraram valores maiores que 0,5 para a herdabilidade no sentido amplo, e de 0,33, 0,51 e 0, 51 para o tamanho da folha, comprimento do pedúnculo e largura da folha, respectivamente, para a herdabilidade no sentido restrito, todas as características apresentaram fenótipos transgressivos para os valores máximos e mínimos na geração F<sub>2</sub>, podendo ser desenvolvidas novas linhagens com folhas maiores ou menores, podendo em programa de melhoramento de pimentas visando a ornamentação ser selecionada plantas com menores folhas.

Para as características de porte da planta, o maior valor para a herdabilidade no sentido amplo foi observado para a altura da planta com 0,89 e para a herdabilidade no sentido restrito foi observado para comprimento do caule, 0,74. As demais características, largura da copa, comprimento do caule e diâmetro do caule, apresentaram herdabilidades no sentido amplo superiores a 0,7, e no sentido restrito, superiores a 0,5. Foram observados na geração F<sub>2</sub> fenótipos transgressivos para o valor mínimo dos genitores em todas as características exceto para o diâmetro do caule, no sentido de aumentar a característica.

A seleção de plantas de menor porte é um dos principais objetivos no melhoramento de pimentas ornamentais, além da seleção de plantas com maior diâmetro do caule a qual é suma importância para prevenir o tombamento no vaso.

Bento (2011) estudando a herança de características morfoagronômicas em *Capsicum baccatum*, encontraram valores de herdabilidade no sentido amplo e restritos de 0,43 e 0,25, respectivamente, para a altura da planta, e para o diâmetro da copa essa autora encontrou herdabilidades no sentido amplo e restrito iguais com valor de 0,16, sendo estes resultados bastante diferentes dos encontrados nesse trabalho.

A segregação transgressiva observada em todas as características, seja para o valor máximo, para o valor mínimo ou para ambos, implica em que, ambos os genitores (acessos 76 e 77.3) estão contribuindo com alelos para aumentar ou diminuir essa característica (ZEWDIE & BOSLAND, 2000).

Em todas as características, exceto para o tamanho da folha e a largura da corola, a variância aditiva foi maior que a variância devido aos desvios da dominância, mostrando que maior parte da variância genética é aditiva (Tabela 2). Ahmed et al. (1999), mostrou que a variância genética aditiva foi maior em magnitude quando

comparado com as variâncias dos desvios da dominância para comprimento e diâmetro do fruto, espessura do pericarpo, número de sementes, número de frutos e peso médio de frutos, o que pode facilitar a seleção sendo utilizadas estratégias de seleção mais simples.

### **3.2. Análise de geração**

Para as características de porte das plantas o modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar os parâmetros genéticos para a altura da planta, diâmetro da copa, comprimento do caule, diâmetro da corola e largura da folha, com valores para o  $R^2$  superiores a 70%. Em todas essas características tanto os efeitos aditivos quanto os efeitos da dominância foram significativos pelo teste t a 1% de probabilidade. Este modelo não foi adequado para explicar os parâmetros genéticos para as demais características de porte da planta.

Filho et al. (2002), encontraram resultados semelhantes aos deste trabalho onde o modelo aditivo dominante foi adequado para explicar a variação encontrada na altura e diâmetro da copa em plantas de *Capsicum*.

O modelo aditivo-dominante não foi suficiente para explicar todas as características de fruto exceto para o tamanho do pedúnculo indicando que as interações epistáticas tem grande importância para estas características (Tabela 3 e 4). Juhász et al., (2009) estudando características agrônomicas em pimentão encontraram efeitos epistáticos significativos no controle genético dessas características.

Em todas as características estudadas, exceto a matéria seca e o teor de matéria seca do fruto, foram observados efeitos significativos da média dos possíveis homocigotos na população (Tabelas 3 e 4).

Utilizando o modelo completo para as características diâmetro do caule e largura da folha foi observado que todos os efeitos genéticos são diferentes de zero pelo teste t a 1% de probabilidade. Para o comprimento do pedicelo utilizando o modelo completo não foram observados valores significativos para as interações epistáticas entre loci de efeitos aditivos sendo todos os outros efeitos calculados diferentes de zero. Já para a largura da folha os parâmetros que medem o efeito da dominância e da interação dominante x dominante foram iguais a zero, mostrando que nesta última característica o

efeito gênico é aditiva. Assim o processo de seleção poderá ser mais eficiente uma vez que a interferência da dominância é zero.

O tamanho das folhas é uma característica de porte da planta de grande importância no comércio de pimenteiros ornamentais, uma vez que as folhas influenciam na harmonia da copa, logo plantas ornamentais com baixo porte deverão ter folhas menores e proporcionais a sua copa.

Quando o efeito aditivo é significativo à tendência das médias das gerações de retrocruzamento ser mais parecida como genitor recorrente, isso implica que retrocruzamentos repetidos e seleção podem aumentar ou diminuir a característica desejada, de acordo com o genótipo recorrente utilizado (ZEWDIE & BOSLAND, 2000).

Todos os efeitos gênicos foram significativos para o maior diâmetro do fruto, porém com efeitos maiores de dominância e da interação entre loci aditivo x dominante. Já para o comprimento e peso médio do fruto foi observado que o efeito gênico predominante foi a aditiva e os valores dos efeitos da dominância e da interação dominante x dominante foram iguais a zero. Riva et al., (2002) encontrou que para o peso médio dos frutos por planta de *Capsicum annuum*, os efeitos da dominância foram os mais importantes, discordando com os encontrados neste trabalho. Estes mesmos autores também observaram que o modelo completo foi o mais adequado para explicar o resultados encontrados para o comprimento e diâmetro do fruto de *Capsicum annuum*.

Com relação ao número de sementes por fruto apenas os efeitos das interações aditivo x aditivo e aditivo x dominante, foram diferentes de zero. Foram observados resultados semelhantes entre a espessura do pericarpo e a matéria fresca onde os efeitos epistáticos dominante x dominante foram iguais a zero, este comportamento pode ser explicado devido ao fato dessas duas características estarem bastante relacionadas e provavelmente serem controladas pelos mesmos genes, resultados encontrados por Lippert (1966) se assemelham para essas características mostrando que a variação é controlada por genes atuando de formar aditiva e não aditiva (dominancia e epistasia), resultados semelhantes a estes também foram encontrado por Rêgo et al. (2009).

Na matéria seca e o teor de matéria seca do fruto, os efeitos das médias dos possíveis homozigotos nas duas características não foi significativo pelo teste t a 5% de

probabilidade, o efeito aditivo na primeira e a interação do tipo aditivo x dominante na segunda, foram iguais a zero.

E para o menor diâmetro do fruto todos os tipos de efeito gênico foram diferentes de zero menos a interação aditivo x aditivo, Lippert (1965), mostraram que a variação nos atributos de qualidade de pimentas é controlada por genes com ação não aditiva, incluindo peso de fruto. Por outro lado, Zambrano et al. (2005) mostraram que os efeitos aditivos foram superiores aos não-aditivos, para esta característica específica em pimentas. Rêgo et al, (2009) também obtiveram resultados parecidos para esta característica.

Uma forma bastante eficiente de diminuir a altura da planta, largura da copa, comprimento, tamanho da folha, comprimento do fruto, maior e menor diâmetro do fruto, peso médio do fruto, comprimento do pedúnculo, espessura do pericarpo e matéria fresca do fruto e aumentar o diâmetro do caule, diâmetro da corola, podem ser alcançados por meio de retrocruzamentos repetidos e seleção dos recombinantes desejados, a partir de populações segregantes visando aumentar a frequência de alelos favoráveis na população para essas características.

Resultados semelhantes foram encontrados por Zewdie e Bosland (2000) trabalhando com cruzamentos entre *C. annuum* e *C. chinense* e Zewdie e Bosland (2001) trabalhando com pungência em *C. pubescens*. Rêgo et al., (2009) estudando a diversidade, herança e capacidade combinatória em *C. baccatum*.

Segundo Mather e Jinks, 1977, a estimativa do efeito epistático aditivo x aditivo positiva sugere que pares de genes estão em formas associadas e apenas um dos genitores contribui para aumentar essa característica, sendo observado esse comportamento em todas as características de fruto, exceto na matéria seca e no teor de matéria seca do fruto, foram observados também no diâmetro do caule e da corola e largura da pétala, para as demais características tiveram os efeitos epistáticos aditivo x aditivo positivos o que indica que os genes estão na forma dispersiva (ZEWDIE&BOSLAND, 2000).

**Tabela 3** -Efeito gênicos para os modelos completo e aditivo dominante em nove características de porte da planta em pimenteira ornamental.

Características da Planta									
Modelo Completo									
Efeitos	Largura da Copa (R <sup>2</sup> )	Altura da Planta (R <sup>2</sup> )	Comprimento do Caule (R <sup>2</sup> )	Diâmetro do Caule (R <sup>2</sup> )	Tamanho da Folha (R <sup>2</sup> )	Tamanho do Pecíolo(R <sup>2</sup> )	Largura da Folha (R <sup>2</sup> )	Diâmetro da Corola (R <sup>2</sup> )	Largura da Pétala (R <sup>2</sup> )
<b>m</b>	30,6** (18)	40**(16)	9,1**(33)	1,52**(53)	4,2**(5)	1,7**(8)	1,8**(66)	1,9**(93)	0,5**(54)
<b>a</b>	15,2**(72)	17,1**(79)	2,7**(47)	-0,1**(4)	1,9**(60)	0,6**(67)	-0,1 <sup>ns</sup> (1)	0,1*(3)	0,1**(25)
<b>d</b>	-2,8 <sup>ns</sup> (0,02)	-30,7**(1)	9,3*(5)	-1,9**(12)	9,7**(3)	2,5**(2)	1,1 <sup>ns</sup> (4)	-0,9*(3)	-0,2 <sup>ns</sup> (0,2)
<b>aa</b>	6,6 <sup>ns</sup> (1)	7,5*(1)	4,2*(7)	-1**(23)	3,9**(5)	0,5 <sup>ns</sup> (0,8)	0,7 <sup>ns</sup> (13)	-0,2 <sup>ns</sup> (1)	-0,2**(6)
<b>ad</b>	-18,4**(9)	-13**(3)	-3,2*(5)	0,04**(0,08)	-8,2**(22)	-2,3**(18)	-0,8**(13)	-0,1 <sup>ns</sup> (0,2)	-0,3**(13)
<b>dd</b>	-7,9 <sup>ns</sup> (0,4)	10,6 <sup>ns</sup> (0,4)	-4,11 <sup>ns</sup> (2)	0,9**(7)	-7,4**(4)	-2,4**(4)	-0,9 <sup>ns</sup> (4)	0,3 <sup>ns</sup> (0,5)	0,1 <sup>ns</sup> (1)
Modelo Aditivo-dominante									
Efeitos	Largura da Copa (R <sup>2</sup> )	Altura da Planta (R <sup>2</sup> )	Comprimento do Caule (R <sup>2</sup> )	Diâmetro do Caule (R <sup>2</sup> )	Tamanho da Folha (R <sup>2</sup> )	Tamanho do Pedúnculo (R <sup>2</sup> )	Largura da Folha (R <sup>2</sup> )	Diâmetro da Corola (R <sup>2</sup> )	Largura da Pétala (R <sup>2</sup> )
<b>m</b>	37,1**(84)	43,7**(79)	12,9**(97)	0,5**(98)	8,11**(95)	2,3**(95)	2,4**(99)	1,7**(97)	0,4**(97)
<b>a</b>	11,8**(7)	14,9**(9)	2,3**(3)	-0,7**(2)	1,6**(3)	0,6**(5)	-0,2*(0,4)	0,1**(0,2)	0,1**(2)
<b>d</b>	-17,2**(9)	-26,1**(13)	1*(0,3)	0,1**(1)	-1,9**(2)	-0,1 <sup>ns</sup> (0,04)	-0,4**(1)	-0,4**(2)	0,1**(1)
<b>Total</b>	95	96	88	14	36	31	70	97	69

m = média de homozigotos, a = aditivo, d=dominante, aa=aditivo x aditivo, ad=aditivo x dominante e ad=aditivo x dominante.

\*, \*\*valores significativos diferentes de zero pelo teste t a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente e <sup>ns</sup> não significativo.

Tabela 4-Efeito gênicos para os modelos completo e aditivo dominante em dez características de fruto em pimenteira ornamental.

Características do Fruto										
Modelo Completo										
Efeitos	Comprimento do Fruto (R <sup>2</sup> )	Maior Diâmetro do Fruto (R <sup>2</sup> )	Menor Diâmetro do Fruto (R <sup>2</sup> )	Peso do Fruto (R <sup>2</sup> )	Comprimento do Pedúnculo (R <sup>2</sup> )	Espessura do Pericarpo (R <sup>2</sup> )	Número de Sementes (R <sup>2</sup> )	Matéria Fresca (R <sup>2</sup> )	Matéria Seca (R <sup>2</sup> )	Teor de Matéria Seca (R <sup>2</sup> )
<b>m</b>	2,2**(13)	1,5**(36)	0,6**(42)	1,1**(11)	2,5**(65)	0,2**(50)	47,7**(55)	0,8**(20)	-0,02 <sup>ns</sup> (2)	-0,03 <sup>ns</sup> (1)
<b>a</b>	0,8**(44)	0,2**(13)	0,2**(34)	0,2**(50)	-0,2**(12)	0,02**(11)	1,8 <sup>ns</sup> (6)	0,1**(20)	0,03 <sup>ns</sup> (0,5)	-0,03*(8)
<b>d</b>	-1,1 <sup>ns</sup> (0,5)	-1,4**(5)	-0,4**(3)	-0,6 <sup>ns</sup> (0,5)	-1,2*(2)	-0,1 <sup>ns</sup> (3)	-35,9 <sup>ns</sup> (5)	-0,1 <sup>ns</sup> (0,1)	0,2**(19)	-0,04**(27)
<b>aa</b>	-0,8**(2)	-0,8**(10)	-0,04 <sup>ns</sup> (0,2)	-0,7**(5)	-1,3**(18)	-0,1**(10)	-32,5**(26)	-0,6**(14)	0,03**(4)	0,1**(37)
<b>ad</b>	-3,1**(41)	-1,3**(33)	-0,4**(18)	-1,4**(34)	-0,3 <sup>ns</sup> (1)	-0,1**(24)	-12,1*(7)	-0,8**(44)	0,1**(57)	0,06 <sup>ns</sup> (4)
<b>dd</b>	0,5 <sup>ns</sup> (0,2)	0,7**(3)	0,2**(2)	-0,1 <sup>ns</sup> (0,04)	0,6 <sup>ns</sup> (1)	0,05 <sup>ns</sup> (1)	10,7 <sup>ns</sup> (1)	-0,3 <sup>ns</sup> (1)	-0,1**(17)	-0,2**(21)
Modelo Aditivo-dominante										
Efeitos	Comprimento do Fruto (R <sup>2</sup> )	Maior Diâmetro do Fruto (R <sup>2</sup> )	Menor Diâmetro do Fruto (R <sup>2</sup> )	Peso do Fruto (R <sup>2</sup> )	Comprimento do Pedúnculo (R <sup>2</sup> )	Espessura do Pericarpo (R <sup>2</sup> )	Número de Sementes (R <sup>2</sup> )	Matéria Fresca (R <sup>2</sup> )	Matéria Seca (R <sup>2</sup> )	Teor de Matéria Seca (R <sup>2</sup> )
<b>m</b>	1,2**(78)	0,7**(93)	0,5**(93)	0,4**(78)	1,4**(89)	0,1**(98)	17,6**(91)	0,1**(47)	0,02**(41)	0,1**(96)
<b>a</b>	0,5**(15)	0,1**(2)	0,1**(3)	0,2**(17)	-0,2**(3)	0,01*(1)	0,2 <sup>ns</sup> (0,02)	0,05**(5)	-0,02**(31)	-0,1*(3)
<b>d</b>	0,7**(7)	0,3**(5)	-0,2**(4)	0,2**(4)	0,8**(9)	0,02**(1)	11,3**(9)	0,4**(48)	0,03**(28)	0,01 <sup>ns</sup> (1)
<b>Total</b>	38	14	69	5	73	15	32	19	35	57

m = média de homozigotos, a = aditivo, d=dominante, aa=aditivo x aditivo, ad=aditivo x dominante e dd=aditivo x dominante.

\*, \*\*valores significativos diferentes de zero pelo teste t a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente e <sup>ns</sup>não significativo.

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

Há predominância de interações alélicas dos tipos sobredominante e aditiva, para o porte da planta o que é de grande importância para o melhoramento de pimenteiras ornamentais.

As altas herdabilidades encontradas nesse trabalho indicam que se pode praticar a seleção nas gerações segregantes e se obter ganhos consideráveis.

O modelo aditivo dominante explicou apenas a variação encontrada altura da planta, diâmetro da copa, comprimento do caule, diâmetro da corola e largura da folha e comprimento do pedúnculo, logo nas demais características os efeitos epistáticos tiveram valores significativos.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AHMED N, TANKI MI, JABEEN N (1999) Heterosis and combining ability studies in hot pepper (*Capsicum annuum L.*). *ApplBiol Res* 1:11–14

ALLARD, R.W. Principles of plant breeding. New York, John Wiley, 1960. 381p.

CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. (2001) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético* 2.ed. Viçosa: UFV, 390p

CRUZ, C. D. (2006) *Programa Genes Versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística*. Viçosa: UFV. 648 p.

FILHO, S. M., GRAVINA, G. A., SEDIYAMA, C. S. (2002) Controle Genética da Resistência da Soja à Raça 4 de *Cercosporasojina*. *Pesq. Agropec.Brasileira*. 37 (12): 1727-1733

GELETA LF, Labuschagne MT (2004) Hybrid performance for yield and other characteristics in peppers (*Capsicum annuum L.*). *J AgricSci* 142:411–419.

JUHÁSZ, A. C. P., RODRIGUES, R., SUDRÉ, C. P., PEREIRA, M. G., CRUZ, C. D. (2009) Detecção de Ação Gênica Epistática no Controle Genético de Características Agronômicas em Pimentão. *Magistra*3: 203-210

WANG, D. and P.W. BOSLAND. 2006. The genes of *Capsicum*. *Hort-Science* 41:1169-1187.

LIPPERT, L.F., B.O. BERGH, and P.G. SMITH. 1965. Gene list for pepper. *J. Hered.*56:30-34.

LIPPERT, L.F., P.G. SMITH, and B.O. BERGH. 1966. Cytogeneticsofthe vegetable crops. Garden pepper, *Capsicum*. *Bot. Rev.* 32:24-55.

MATHER, K. Biometrical Genetics, London, Methuen and Co., 1949:

MATHER, K., AND J. L. JINKS. 1977. Introduction to biometrical genetics. Cornell University Press, Ithaca, New York, USA.

RIVA, E. M. (2002) *Análise de Gerações para Reação à Mancha Bacteriana e Outros Caracteres Agronômicos em Capsicum annuum L.* Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal). Campos dos Goytacazes, RJ. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - Uenf. p. 91

RÊGO, E. R., RÊGO, M. M., FINGER, F. L., CRUZ, C. D., CASALI, V. W. D. (2009) Diallel study of yield components and fruit quality in chilli pepper (*Capsicum baccatum*). *Euphytica*.168:275-287

RÊGO, E. R., RÊGO, M. M., CRUZ, C. D., FINGER, F. L., CASALI, V. W. D. (2011) Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genet Resour. Crop. Evol.* 58: 909-917

STOMMEI, J.R. and P.W. BOSLAND.2006.Ornamental pepper, *Capsicum annuum*, p. 561–599. In: N.O. Anderson (ed.). Flower breeding and genetics: Issues, challenges and opportunities for the 21st Century. Springer, Dordrecht, The Netherlands.

WARNER, J.N. 1952. A method for estimating heritability. *Agron. J.* 44:427-443

ZAMBRANO, G. M., GONZÁLEZ, J. R. A. D., MERAZ, M. R., LOERA, A.R., CAMPODÓNICO, O. P. (2005) Efectos genéticos y heterosis em La vida de aneque del Chile Serrano. *Revista de Fitotecnia Mexicana*. 28 (4): 327-332

ZEWDIE Y, BOSLAND P (2000) Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* 9 *C. chinense*. *J AmSocHorticSci* 125(4):448–453

## CAPÍTULO II

Herança, diversidade e análise de geração para o conteúdo de antocianina em *Capsicum annum L.*

### 1. INTRODUÇÃO

As pimentas da espécie *Capsicum annum* podem ser cultivadas com finalidade ornamental e como condimento ou hortaliça. Os pigmentos de antocianina nas folhas, flores e frutos podem variar do violeta ao preto podendo melhorar tanto o apelo ornamental como o culinário. Esses pigmentos são o produto final da via de biossíntese de flavonóides, que tem sido extensivamente estudada em muitas espécies (GRIESBACH, 2005; WINKEL-SHIRLEY, 2001). O pigmento antocianínico encontrado em folhas de *Capsicum*, flores e frutos imaturos é delfinidina-3-p-coumaroyl-rutinoside-5-glu-coside (LIGHTBOURN et al., 2008).

Pigmentos antocianínicos têm papéis-chave em plantas na atração de polinizadores e dispersores de sementes. Estes compostos funcionam também como protetores ultravioleta, agentes antimicrobianos e como antioxidante, o que dá aos alimentos que o possuem o título de alimento funcional (WINKEL-SHIRLEY, 2001, RÊGO, 2011).

Os níveis de antocianina presentes em espécies do gênero *Capsicum* podem variar tanto entre como dentro de espécies. A distribuição de órgãos da cor roxa varia entre os genótipos de plantas com frutos, flores, caules e folhas, e outros genótipos com cor roxa apenas em alguns órgãos da flor, como o filete ou a antera. Além da variação qualitativa na presença e distribuição de antocianinas, há uma variação quantitativa na intensidade da cor roxa entre os genótipos (CHAIM et al., 2003).

A presença de antocianina nos órgãos de pimenta é controlado pelo loci com dominância incompleta (DASKALOV & POULOS 1994). Um segundo loco, Moa, foi caracterizado como um modificador de A ou seja, intensifica a cor roxa presença de A (DASKALOV & POULOS 1994). A herança da cor da flor de pimenta foi estudada por Odland (1938) em cruzamentos que diferiam pela cor das pétalas, anteras, filete e estilete. Ele concluiu que a cor da flor é condicionada por três genes S, W e A.

No melhoramento de pimenteiros ornamentais a pigmentação das partes vegetativas e reprodutivas da planta é de extrema importância, uma vez que, quanto mais chamativas e agradáveis aos olhos do consumidor elas sejam, maior a probabilidade de venda destas plantas. Com base no exposto o objetivo deste trabalho foi estimar parâmetros genéticos com base em estudo de geração para níveis de antocianina em quatro diferentes tecidos.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois acessos (76 e 77.3) de pimenteira ornamental *Capsicum annuum* L. pertencentes ao BGH-UFPB (Banco Ativo de Germoplasma de Hortaliças da Universidade Federal da Paraíba), contrastantes para a maioria das características estudadas foram cruzados produzindo a geração  $F_1$  e por autofecundação desta última geração foi obtida a geração  $F_2$ , os retrocruzamentos  $RC_1$  e  $RC_2$  foram obtidos a partir do cruzamento entre a geração  $F_1$  e os genitores P1 e P2, respectivamente (Figura 1), esses genitores são contrastantes para características de porte da planta, cor da folha, flor e fruto maduro e imaturo. Plantas do acesso 76 (P1) apresentam porte mais baixo, folhas e frutos maiores quando comparada com o acesso 77.3 (P2), produzindo folhagem verde e flores brancas, os frutos imaturos são verdes e quando maduros laranjas. Plantas do acesso 77.3 apresentam porte maior e frutos e folhas menores quando comparado com plantas da subamostra 76, às folhas e flores são roxas escuras e os frutos quando imaturos são roxos e maduros vermelhos, os cruzamentos foram realizados na casa de vegetação utilizando práticas de emasculação padrão.

A coleta das amostras para a quantificação dos níveis de antocianina foi realizada quando as plantas já tinham completado o seu desenvolvimento, imediatamente após o aparecimento do primeiro fruto maduro na planta. Então, foram coletadas amostras de folhas, frutos imaturos, pedúnculos e flores pesando em média 0,5g, 0,5g, 0,2g e 0,1g, respectivamente. Foram utilizadas 10 plantas para os genitores e  $F_1$ , 90, 40 e 40 para as gerações  $F_2$ ,  $RC_1$  e  $RC_2$ , respectivamente.

O experimento com todas as gerações foi conduzido em casa de vegetação do Laboratório de Biotecnologia vegetal da Universidade Federal da Paraíba - UFPB, Areia, Paraíba, Brasil. A semeadura foi realizada em bandejas de isopor (poliestireno)

de 128 células preenchidas com substrato comercial e quando apresentaram pelo menos 6 folhas definitivas foram transplantadas para vasos de 700ml contendo substrato comercial, o delineamento estatístico utilizado foi o inteiramente casualizado sendo coletadas por planta 5 amostras de folha e fruto, e 3 amostras de flor e pedúnculo.

Os níveis de antocianina foram determinados de acordo com o método descrito por Giusti e Wrolstad, (2001). Com modificações. Os pigmentos foram extraídos dos tecidos por maceração em almofariz com pistilo, contendo 2 mL de metanol P.A. Após maceração e filtragem, o papel de filtro foi lavado com metanol e o volume foi ajustado em balão volumétrico de 10mL. Para o meio de reação foi utilizado tampão cloreto de potássio 0.025 M, pH 1.0 e tampão acetato de sódio 0,4 M, pH 4. Em amostras de 1mL do extrato foi adicionado 1mL do tampão de cloreto de potássio, pH 1.0, e em uma outra amostra de 1mL do mesmo extrato foi acrescentado o outro tampão de acetato de sódio, pH 4.5, a estabilização da reação ocorreu durante 15 min. Foram feitas as leituras pelo espectrofotômetro a 700 e 543 nm para cada amostra.

O cálculo dos níveis de antocianina foi determinado pela seguinte fórmula:

$$A = (A_{543} - A_{700})_{\text{pH } 1,0} - (A_{543} - A_{700})_{\text{pH } 4,5} \text{ (Giusti\&Wrolstad, 2001).}$$

Os níveis de antocianina em cada tipo de tecido passou por análise de geração, logo foram calculadas as médias e variâncias Aditiva ( $\sigma_a^2$ ), desvios da dominância ( $\sigma_d^2$ ), fenotípica ( $\sigma_f^2$ ), genética ( $\sigma_g^2$ ) e ambiental ( $\sigma_m^2$ ), também foram calculadas as estimativas da herdabilidade no sentido amplo ( $h_a^2$ ) e restrito ( $h_r^2$ ).

Dado por:

Variância fenotípica em F<sub>2</sub>:

$$\hat{\sigma}_{f(F_2)}^2 = \hat{\sigma}_{F_2}^2$$

Variâncias do meio:

$$\hat{\sigma}_{m(F_2)}^2 = \frac{2\hat{\sigma}_{F_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_2}^2}{4}, \hat{\sigma}_{m(RC1)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{F_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_1}^2}{2} \text{ e } \hat{\sigma}_{m(RC2)}^2 = \frac{\hat{\sigma}_{F_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_2}^2}{2}$$

Variância genética em F<sub>2</sub>:

$$\hat{\sigma}_{g(F_2)}^2 = \hat{\sigma}_{f(F_2)}^2 + \hat{\sigma}_{m(F_2)}^2$$

Variância aditiva:

$$\hat{\sigma}_a^2 = 2\hat{\sigma}_{g(F2)}^2 - [\hat{\sigma}_{g(RC1)}^2 + \hat{\sigma}_{g(RC2)}^2]$$

Onde:

$$\hat{\sigma}_{g(RC1)}^2 = \hat{\sigma}_{f(RC1)}^2 - \hat{\sigma}_{m(RC1)}^2 \text{ e } \hat{\sigma}_{g(RC2)}^2 = \hat{\sigma}_{f(RC2)}^2 - \hat{\sigma}_{m(RC2)}^2$$

Variância devido aos desvios da dominância:

$$\hat{\sigma}_d^2 = \hat{\sigma}_{g(F2)}^2 - \hat{\sigma}_a^2$$

Herdabilidade no sentido amplo:

$$h_a^2 = \frac{\hat{\sigma}_{g(F2)}^2}{\hat{\sigma}_{f(F2)}^2}$$

Herdabilidade no sentido restrito:

$$h_r^2 = \frac{\hat{\sigma}_a^2}{\hat{\sigma}_{f(F2)}^2}$$

Grau médio de dominância:

$$k_m = \frac{2\bar{F}_1 - (\bar{P}_1 + \bar{P}_2)}{\bar{P}_1 - \bar{P}_2}$$

Para o modelo completo foram estimados os efeitos das médias de todos os possíveis homocigotos (m) aditivos (a), dominantes (d) e epistáticos: aditivo X aditivo (aa), aditivo X dominante (ad) e dominante X dominante (dd).

Dado por:

Análise das médias das gerações, modelo completo:

$$\hat{m} = \frac{1}{2}P_1 + \frac{1}{2}P_2 + 4\bar{F}_2 - 2\overline{RC}_1 - 2\overline{RC}_2$$

$$\hat{a} = \frac{1}{2}P_1 - \frac{1}{2}P_2$$

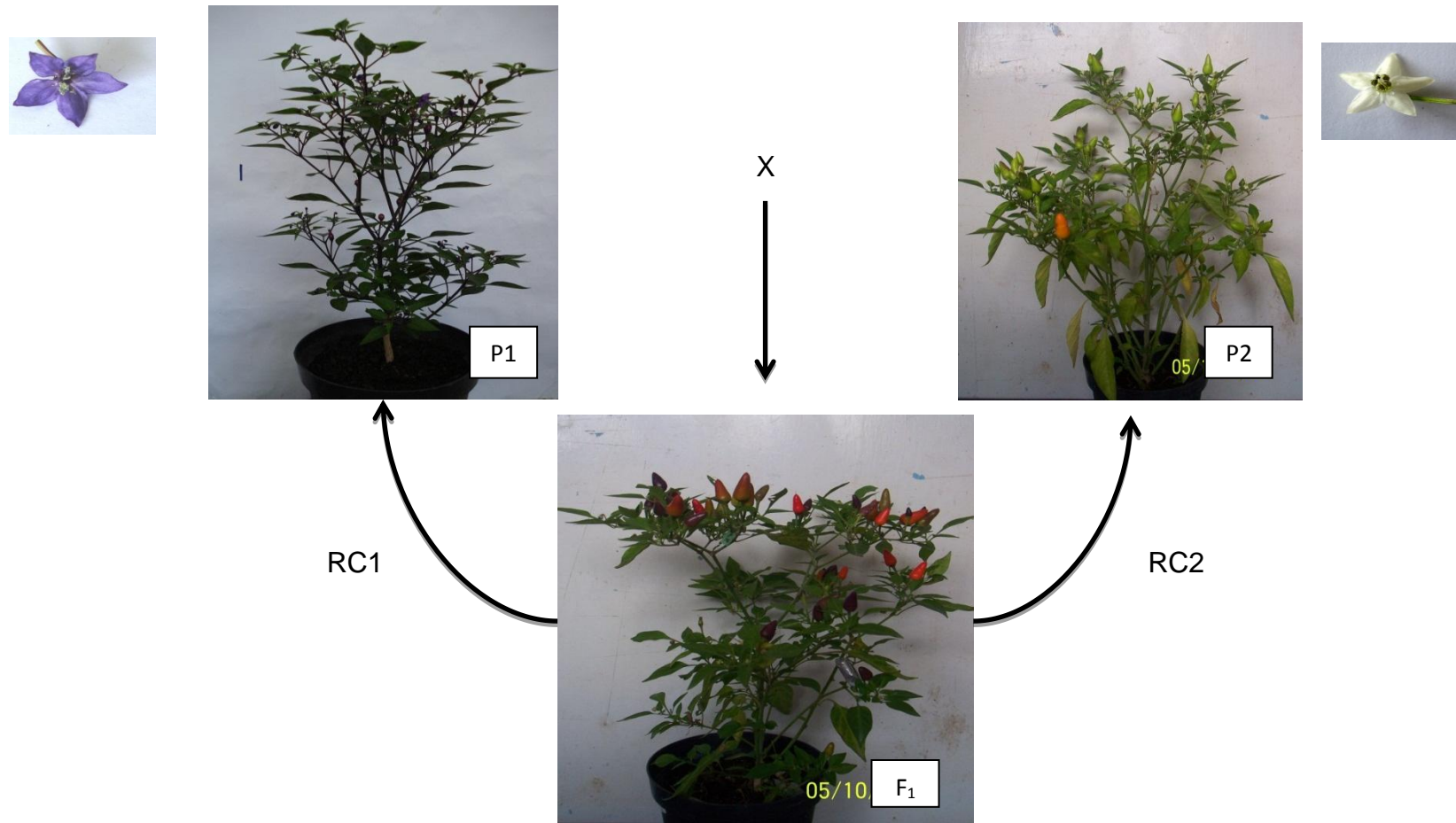
$$\hat{d} = -\frac{3}{2}P_1 - \frac{3}{2}P_2 - \bar{F}_1 - 8\bar{F}_2 + 6\overline{RC}_1 + 6\overline{RC}_2$$

$$a\hat{a} = -4\bar{F}_2 + 2\overline{RC}_1 + 2\overline{RC}_2$$

$$a\hat{d} = -P_1 + P_2 + 2\overline{RC}_1 - 2\overline{RC}_2$$

$$d\hat{d} = P_1 + P_2 + 2\bar{F}_1 + 4\bar{F}_2 - 4\overline{RC}_1 - 4\overline{RC}_2$$

Todos os efeitos dos dois modelos passaram pelo teste de significância t a 5% de probabilidade. Todas as análises serão realizadas utilizando-se o programa computacional Genes (Cruz, 2006).



**Figura 1-** Detalhes dos genitores P1(77.3), P2 (76) e Geração filial 1 F<sub>1</sub>, as setas indicam a como foi feito o cruzamento originando as diferentes gerações.



Figura 2- Genótipos representando as diferentes classes fenotípicas observadas na geração F<sub>2</sub>.



**Figura 3-** Classes fenotípicas dos genitores K (P1) e L (P2), J (F<sub>1</sub>), e de A a I classes fenotípicas observadas na geração F<sub>2</sub>

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### Médias e Herdabilidades

Para o nível de antocianina da flor, o híbrido apresentou comportamento intermediário em relação aos genitores, indicando que o tipo de interação gênica predominante para essa característica é a aditiva, o que pode ser comprovado no comportamento das gerações de retrocruzamentos, o RC<sub>1</sub> teve uma média intermediária entre o genitor P<sub>1</sub> e a geração F<sub>1</sub> e o RC<sub>2</sub> sua média foi entre a geração F<sub>1</sub> e o genitor P<sub>2</sub> (Tabela 1).

**Tabela 1:** Valores médios e desvio padrão para níveis de antocianina em quatro diferentes tipos de tecidos nos parentais, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, e retrocruzamentos RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub> obtidas a partir do cruzamento entre os acessos de *Capsicum annuum* 76 e 77.3.

Geração	Média	SD
<b>Antocianina da Flor</b>		
P1	554,12	89,65
P2	2,46	1,2
F1	225,02	1,5
F2	146,66	143,8
RC1	386,2	142,7
RC2	62,42	83,76
<b>Antocianina do Pedúnculo</b>		
P1	420,84	50,9
P2	8,58	5,25
F1	131,22	17,26
F2	97,83	91,46
RC1	210,93	85,7
RC2	42,72	48,14
<b>Antocianina da Folha</b>		
P1	270,4	64,84
P2	25,03	7,82
F1	114,95	8,07
F2	93,22	85,78
RC1	152,3	83,75
RC2	81,65	44,98
<b>Antocianina do Fruto</b>		
P1	4,1	0,55
P2	0,2	0,05
F1	1,31	0,18
F2	2,93	2,53
RC1	3,41	2,14
RC2	1,74	1,43

<sup>z</sup>: P1=acesso 76, P2 =acesso 77.3 e os RC1 e RC2 são os retrocruzamentos entre a F1 e 76 (P1) e F1 e 77.3 (P2), respectivamente.

Também foi observado o grau médio de dominância de 0,19, indicando mais uma vez que o tipo de interação genética predominante é o aditivo (Tabela 2), o que é ser de

grande importância uma vez que cada alelo efetivo contribui para aumentar o nível de antocianina na flor.

**Tabela 2:** Estimativas das Herdabilidade no sentido amplo e restrito, Grau médio de dominância e Número de genes, para o conteúdo de antocianina em quatro tecidos, em população segregante de pimenteira ornamental (*Capsicum annuum*) obtidas a partir do cruzamento entre os acessos 76 e 77.3.

<b>Característica</b>	<b>h<sup>2</sup>a</b>	<b>h<sup>2</sup>r</b>	<b>GMD</b>	<b>N.º de Genes</b>
<b>Flor</b>	90,13	63,67	-0,19	5,49
<b>Pedúnculo</b>	90,36	84,4	-0,40	9,56
<b>Folha</b>	85,06	77,1	-0,26	3,1
<b>Fruto</b>	98,5	96,7	-0,44	3,25

Herdabilidade no sentido amplo calculada de acordo com a metodologia de Allard(1960) e Herdabilidade no sentido restrito obtida a partir da fórmula proposta por Mather (1949) and Warner (1952).

Foram observados na geração F<sub>2</sub> fenótipos transgressivos para o valor máximo do conteúdo de antocianina da flor, não sendo observado para o valor mínimo, assim o objetivo de desenvolver um novo cultivar com um maior conteúdo de antocianina nas flores (roxo escuro) se pode obter selecionando os recombinantes na geração F<sub>2</sub>, ou utilizando o método dos retrocruzamentos com o genitor P<sub>2</sub> como pai recorrente.

O conteúdo de antocianina da flor apresentou valores para herdabilidade no sentido amplo de 90,13% e no sentido restrito de 63,67%, indicando que existe uma alta correlação entre o valor fenotípico e o genotípico, sendo assim a seleção poderá ser praticada com base nos fenótipos dessas plantas.

Também foi observado que o número mínimo de genes que controlam essa característica é 5 (Tabela 2), assim ao se fazer a seleção com seguidos ciclos de auto fecundação pode-se obter genótipos homozigotos com diferentes níveis de antocianina, como flores brancas com borda roxa, lilás, brancas com a base roxa, sendo todas essas classes observadas em plantas nas gerações segregantes, F<sub>2</sub>, RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub>.

Santos et al, (2010) estudando a herança qualitativa da coloração da flor em pimenteiras ornamentais, observaram que esta característica é monogênica com interação alélica do tipo codominante, sendo o processo de seleção mais fácil uma vez que é possível se diferenciar os homozigotos dos heterozigotos.

Para a antocianina do pedúnculo foi observado um comportamento semelhante ao da flor, onde a média do híbrido F<sub>1</sub> teve valor intermediário com relação as médias de seus genitores, evidenciando que o tipo de interação gênica predominante é aditivo, as gerações RC<sub>1</sub> e RC<sub>2</sub>, tiveram valores médios intermediários entre a geração F<sub>1</sub> e seus

respectivos recorrentes (Tabela 1). O grau médio de dominância (0,4) evidenciou uma interação gênica predominantemente aditiva, e o número mínimo de genes envolvidos nessa característica foi de 9.

Foram observados valores para as herdabilidades no sentido amplo e restrito de 90,13 e 84,4 (Tabela 2), respectivamente, para a antocianina do pedúnculo, indicado que a seleção poderá ser praticada.

Para a coloração da folha foram observados valores variando de 3,5 a 333,75 mg/g<sup>-1</sup> na geração F<sub>2</sub>, o aparecimento de fenótipos transgressivos foi apenas para o valor máximo, assim nessa geração ocorreu o aparecimento de fenótipos com um nível maior de antocianina que o P<sub>2</sub>.

A geração F<sub>1</sub> apresentou valor médio dentro do intervalo entre os valores médios de seus genitores para o nível de antocianina da folha (Tabela 1), evidenciando um tipo de interação gênica aditiva, sendo confirmado com o valor do grau médio de dominância, que para essa característica foi de 0,26 (Tabela 2).

O nível de antocianina da folha apresentou valores para as herdabilidades no sentido amplo e restrito foram bastante elevados, 85,06 e 77,1, respectivamente (Tabela 2), podendo a seleção ser praticada com altos ganhos uma vez que o valor fenótipo e o genótipo estão altamente correlacionados para essa característica, resultados semelhantes foram encontrados por, Stommel e Griesbach, (2008), estudando a herança da cor da folha em pimenteiras, observaram valores para herdabilidades no sentido amplo e restrito de 0,84 e 0,95, respectivamente.

Santos et al., (2010) estudando a herança da coloração roxa em plantas de pimenteiras ornamentais mostraram que essa característica é controlada por um gene sendo a interação alélica do tipo codominante.

Para se desenvolver novos cultivares de pimenteira ornamental com diferentes tonalidades de roxo na folha, se deve iniciar a partir de um cruzamento entre as plantas com folhar pretas e uma de folha verdes, assim a geração F<sub>1</sub> terá folhas verdes escuras ou verde com manchas roxas, comprovando os efeitos aditivos para esta característica (STOMMEL & GRIESBACH, 2008)

Para os níveis de antocianinas presentes nos frutos foi observado um comportamento da F<sub>1</sub>, intermediário entre seus genitores evidenciando mais uma vez o tipo de interação gênica aditiva, porém dentre as quatro características estudadas, essa

última foi a única onde foi observado um valor médio da geração  $F_2$ , superior ao da geração  $F_1$  (Tabela 1), indicando que o aparecimento de fenótipos transgressivos na geração  $F_2$  alguns com valores  $12,5 \text{ mg/g}^{-1}$  de antocianina (dados não mostrados), pode ter elevado a média dessa geração.

Foram observados altos valores para as herdabilidades no sentido amplo e restrito de 98,5% e 96,7%, respectivamente, logo a seleção dos fenótipos transgressivos para o valor máximo podem ser bastante promissores para gerar um novo cultivar de pimenteira ornamental com frutos roxo escuro.

Foi observado que o número mínimo de genes que controla o nível de antocianina no fruto é 3 e o grau médio de dominância de 0,44 indica que a interação gênicaausência de dominância. A coloração do fruto imaturo em pimenteiras pode variar do marfim até o preto e essa característica é controlada por uma serie de loci (ODLAND & PORTER, 1938).

Esses resultados encontrados para todas as características não indicam a ação exclusiva do MoA atuando na intensificação da pigmentação antocianínica na presença de A, pois a alta herdabilidade dessas característica e o aparecimento de varias classes fenotípicas na geração segregante, evidenciam que o controle genético dessa característica é bem mais complexo, envolvendo um número maior de loci (STOMMEL & GRIESBACH, 2008)

### **Análise de Geração**

Foi observado para as quatro características estudadas nesse trabalho um comportamento semelhante com relação a adequação nos modelos completo e aditivo-dominante, onde todas se adequaram ao modelo mais simplificado com valores para o coeficiente de determinação genético ( $R^2$ ), superiores a 0,85 (Tabela 3), indicando que as interações epistáticas tem pouca influência no conteúdo de antocianina.

Segundo Cruz e Regazzi (2001), o modelo genético completo é de grande importância para o conhecimento das causas e magnitudes dos componentes genéticos que controlam o caráter. Porém, deve-se também avaliar o modelo reduzido aditivo-dominante, que é de uso mais simples e também fornece informações importantes para a escolha dos métodos de melhoramento.

**Tabela 3** -Efeito gênicos para os modelos completo e aditivo dominante para os níveis de antocianina em quatro diferentes tecidos em pimenteira ornamental.

<b>Completo</b>				
<b>Características</b>	<b>Flor (R<sup>2</sup>)</b>	<b>Pedúnculo (R<sup>2</sup>)</b>	<b>Folha (R<sup>2</sup>)</b>	<b>Fruto (R<sup>2</sup>)</b>
<b>m</b>	-33,45 <sup>ns</sup> (1)	97,24** (3)	52,7 <sup>ns</sup> (3)	3,59**(7)
<b>a</b>	275,83** (75)	206,16** (90)	122,68**(74)	1,93**(90)
<b>d</b>	462,00** (5)	-33,45 <sup>ns</sup> (0,4)	99,8 <sup>ns</sup> (2)	-0,36 <sup>ns</sup> (0,4)
<b>aa</b>	311,74** (16)	-117,79** (4)	94.99**(11)	-1,42 <sup>ns</sup> (1)
<b>ad</b>	97,04 <sup>ns</sup> (1)	-75,89 <sup>ns</sup> (1,6)	-104.07*(9)	-0,53 <sup>ns</sup> (0,6)
<b>dd</b>	-203,5 <sup>ns</sup> (2)	67,81 <sup>ns</sup> (0,4)	-37,57 <sup>ns</sup> (1)	-1,92 <sup>ns</sup> (1)
<b>Aditivo-dominante</b>				
<b>m</b>	206,85** (50)	158,26** (50)	102,22**(64)	2,54**(52)
<b>a</b>	204,64** (49)	152,48 ** (46)	76,38**(34)	2,30**(42)
<b>d</b>	17,8 <sup>ns</sup> (1)	-63,21** (4)	12,1 <sup>ns</sup> (2)	-0,97 <sup>ns</sup> (6)
<b>Total</b>	92	94	86	86

m = média de homozigotos, a = aditivo, d=dominante, aa=aditivo x aditivo, ad=aditivo x dominante e ad=aditivo x dominante. \*,\*\*valores significativos diferentes de zero pelo teste t a 0,05 e 0,01 de probabilidade, respectivamente e <sup>ns</sup>não significativo.

Para o conteúdo de antocianina na flor utilizando o modelo aditivo-dominante, o coeficiente de determinação para esta característica foi de 0,95, indicando que o modelo aditivo-dominante é suficiente para explicar os resultados encontrados nesta característica, foi observado que apenas os efeitos das médias dos homozigotos e o efeito aditivo foram significativos. Os efeitos da dominância não foi observado atuando nesta característica. Assim,pode-se selecionar genótipos com maior conteúdo de antocianina da flor e não ter diminuição nessa característica em gerações futuras, uma vez que a dominância é zero, considerando o modelo aditivo-dominante.

No conteúdo de antocianina do pedúnculo também foi observada uma adequação ao modelo mais simplificado para esta característica, com um coeficiente de determinação de 0,94, indicando que este modelo é suficiente para explicar os resultados encontrados nesse trabalho, foi observado também efeito significativo para todas as estimativas, os coeficientes de determinação dos efeitos da média de homozigotos e aditivo explicaram 0,5 e 0,46 da variação, respectivamente, logo apesar de os efeitos da dominância serem significativos, estes só explicam 0,04 da variação (Tabela 3),

Também foi observado uma adequação no modelo aditivo-dominante, com um coeficiente de determinação de 0,82,para o conteúdo de antocianina da folha, sendo este modelo suficiente para explicar os resultados encontrados, o efeito da dominância foi

igual a zero, e os efeitos da média de homozigotos e aditivo foram significativos, explicando 64% e 34% da variação, respectivamente (Tabela 3).

Com relação ao conteúdo de antocianina dos frutos foi observado uma adequação ao modelo mais simplificado aditivo-dominante com um coeficiente de determinação de 0,86 (Tabela 3), os efeitos das médias dos possíveis homozigotos e aditivo foram significativos diferentes de zero pelo teste t a 1% de probabilidade, com valores estimados de 2,54 e 2,30 e coeficiente de determinação de 0,52 e 0,42, respectivamente.

Esses resultados indicam que ao se selecionar fenótipos com folhas e frutos com maior conteúdo de antocianina estes terão um maior número de alelos efetivos influenciando esta característica, indicando que para programas de melhoramento que visem aumentar o conteúdo de antocianina das folhas e frutos, a seleção de um novo cultivar é bem mais fácil e rápida, uma vez que a interferência da dominância é zero.

Foram observados elevados valores de correlação entre o conteúdo de antocianina da flor e pedúnculo, com valor de 0,84, e entre o conteúdo de antocianina da folha com o fruto de 0,9, (Tabela 4) indicando que estas características estão fortemente correlacionadas, mostrando que ai se pode praticar seleção de forma direta ou indireta.

Para o caso da antocianina da flor que é uma característica de alto valor estético em pimenteiras ornamentais, pode-se selecionar plantas com maior conteúdo de antocianina durante o florescimento, ou durante a frutificação por meio do pedúnculo.

Santos et al. (2011) mostraram que o melhoramento de pimenteiras ornamentais visando aumentar o diâmetro da flor é possível e com altos ganho na seleção de plantas, obtendo indivíduos com flores duas vezes maior que as variedades comerciais.

Também se pode selecionar folha e frutos com maior conteúdo de antocianina por seleção indireta devido ao alto valor da correlação entre estas características, pode-se selecionar apenas uma deles e com isso esta se selecionando a outra característica de forma semelhante, esta correlação é de alto valor para o melhorista, uma vez que se pode selecionar por meio das folhas plantas com maior conteúdo de antocianina no fruto antes mesmo da frutificação.

O valor da correlação entre a cor da folha e flor foi de 0,66 indicando que pode-se selecionar plantas com maior conteúdo de antocianina da flor antes do florescimento selecionando-se plantas com folhas com maior conteúdo de antocianina.

**Tabela 4-** Correlações genotípicas entre os níveis de antocianina presentes em quatro tipos de tecidos

Característica	Correlação Genotípica			
	Flor	Pedúnculo	Folha	Fruto
<b>Flor</b>	1			
<b>Pedúnculo</b>	0,84	1		
<b>Folha</b>	0,66	0,3	1	
<b>Fruto</b>	0,48	0,18	0,9	1

#### 4. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitiram as seguintes conclusões:

O modelo aditivo-dominante foi adequado para explicar a variação encontrada para o conteúdo de antocianina na folha, flor, fruto e pedúnculo, indicando que os efeitos epistáticos não afetaram significativamente a expressão dessas características.

A seleção de plantas com maior conteúdo de antocianina nas flores e frutos pode ser acelerado através da seleção indireta pelas folhas.

#### 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLARD, R.W. Principles of plant breeding. New York, John Wiley, 1960. 381p.
- BEN CHAIM, A., Y. BOROVSKY, G.U. RAO, B. TANYOLAC, and I. Paran.2003a. *fs3.1*: A major fruit shape QTL conserved in *Capsicum*. Genome 46:1-9.
- CRUZ, C. D. (2006) *Programa Genes Versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística*. Viçosa: UFV. 648 p.
- CRUZ, C. D., REGAZZI, A. J. (2001) *Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético*2.ed. Viçosa: UFV, 390p
- DASKALOV, S. and J.M. POULOS. 1994. Updated *Caps/corn* gene list. *Capsicum Eggplant Nwsl*. 13:15-26.
- FILHO, S. M., GRAVINA, G. A., SEDIYAMA, C. S. (2002) Controle Genética da Resistência da Soja à Raça 4 de *Cercospora sojina*. *Pesq.Agropec.Brasileira*. 37 (12): 1727-1733.

GIUSTI M.M., WROLSTAD R.E. (2001). Anthocyanins. Characterization and measurement with UV-visible spectroscopy. Unit F1.2.1-13.

GRIESBACH, R.J. 2005. Biochemistry and genetics of flower color. *Plant Breed.Rev.* 25:89–114.

WINKEL-SHIRLEY, B. 2001. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiol.* 126:485–493.

WARNER, J.N. 1952. A method for estimating heritability. *Agron. J.* 44:427-443

LIGHTBOURN, G.J., R.J. GRIESBACH, J.A. NOVOTNY, B.A. CLEVIDENCE, D.D. RAO, and J.R. STOMMEL. 2008. Effects of anthocyanin and carotenoid combinations on foliage and immature fruit color of *Capsicum annuum* L. *J. Hered.* 99:105–111.

MATHER, K. *Biometrical Genetics*, London, Methuen and Co., 1949:

ODLAND, M.L. and A.M. PORTER. 1938. Inheritance of the immature fruit color of peppers. *Proc. Amer. Soc. Hort. Sci* 36:647-651.

RAO, C. R. **An advanced statistical method in biometric research.** New York, Ed. John Wiley e Sons, 1952. 390 p.

RÊGO, E. R., RÊGO, M. M., CRUZ, C. D., FINGER, F. L., CASALI, V. W. D. (2011a) Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genet Resour. Crop. Evol.* 58: 909-917

SANTOS, R.M.C. ; REGO, E. R. ; SAPUCAY, M. J. L. C. ; BAIRRAL, M. A. A. ; REGO, M. M. . Descrição de genitores e F1 e estudo de herança da cor em pimenteira ornamental. In: 50º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Gurarapari. Horticultura Brasileira. Brasília : ABH, 2010. v. 28.

SANTOS, R. M. C. ; Rêgo, E. R. ; NASCIMENTO, N. F. F. ; RÊGO, M. M. ; BORÉM, A. ; FINGER, F. L. ; CARVALHO, G. C. ; LEMOS, R. C. . Ornamental Pepper Breeding: Could a Chili be a Flower Ornamental Plant?. In: VII International Symposium on New Floricultural Crops, 2011, Buenos Aires. *New Floricultural Crops - VII International Symposium*. Buenos Aires : Instituto Nacional de Tecnología Agropecuária, 2011. v. 1. p. 93-93.

SOUSA, J. A., MALUF, W. R. (2003) Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum Chinese* Jacq.). *Scientia Agricola*, 1: 105-113

STOMMEL, J.R. and R.J. GRIESBACH. 2008. Inheritance of fruit, foliar and plant habit attributes in *Capsicum* L. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 133:396–407.

## CAPÍTULO III

Diversidade genética com base em descritores multicategóricos e quantitativos em pimenteiras ornamentais (*Capsicum annuum* L.)

### 1. INTRODUÇÃO

As pimentas pertencem ao gênero *Capsicum* (Solanaceae) e possuem espécies largamente cultivadas no Brasil (CASALI, 1984). Entre elas, *Capsicum annuum* é amplamente cultivada e inclui as variedades mais comuns deste gênero como pimentões e pimentas doces (BUSO, 2001), além de certo número de pimenteiras ornamentais. Estas apresentam importante mercado para a agricultura brasileira, abrangendo o uso como matéria-prima para as indústrias alimentícia, farmacêutica e cosmética (RÊGO et al, 2009).

A variabilidade genética mantida em bancos de germoplasma é a base para obtenção de novas cultivares que vão permitir o atendimento a essa demanda. Dessa forma, a caracterização e a conservação dos recursos genéticos são de fundamental importância não só para a conservação da variabilidade, mas também para a disponibilidade dos acessos a serem utilizados em programas de melhoramento (CARVALHO et al., 2003). A caracterização morfoagronômica deve considerar descritores botânicos de alta herdabilidade, fácil mensuração e pouca interação genótipo x ambiente.

Os aspectos morfológicos e fenológicos também devem ser observados de forma sistemática nos acessos, por meio de descritores, que são caracteres utilizados para descrever um acesso. Na avaliação de germoplasma, para maior confiabilidade dos dados, torna-se necessário o uso de um modelo experimental, que obedeça aos princípios básicos da experimentação agrícola (VALLS, 1988). Técnicas de análises multivariadas têm sido empregadas para a quantificação da divergência genotípica e fenotípica em várias espécies de hortaliças (RÊGO et al., 2003; MARTINELLO et al., 2003; ABREU et al., 2004; SUDRÉ et al., 2005; COSTA et al., 2006; RAMOS, 2006; RÊGO et al., 2009, RÊGO et al. 2011a e b).

A diversidade disponível dentro das espécies de *Capsicum* domesticadas tem sido pouco explorada e ainda não foi esgotada (PICKERSGILL, 1997). A divergência genética pode ser avaliada a partir de características agronômicas, morfológicas e

moleculares. As informações múltiplas de cada acesso ou cultivar são expressas em medidas de dissimilaridade, que representam a diversidade em relação ao conjunto de acessos (BARBÉ, 2008).

As estimativas de dissimilaridade atendem aos objetivos do melhorista, por quantificarem e informarem o grau de semelhança ou de diferença entre pares de genótipos. Entretanto, quando o número de acessos é relativamente grande, torna inviável o reconhecimento de grupos homogêneos pelo exame visual das estimativas de distância. Devido a isso, os acessos semelhantes são reunidos com o uso de técnicas de agrupamento (CRUZ & CARNEIRO, 2003; CARGNERLUTTI FILHO et al, 2008). O objetivo desse trabalho foi estudar a variabilidade genética de uma população estruturada em gerações: Parentais 1 e 2, F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> por meio de técnicas multivariadas, visando aproveitá-la no programa de melhoramento de pimenteiras ornamentais.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Dois acessos (76 e 77.3) de pimenteira ornamental *Capsicum annuum*, a geração F<sub>1</sub> obtida a partir do cruzamento entre elas e sessenta plantas de geração segregante (F<sub>2</sub>) obtida a partir da auto fecundação da F<sub>1</sub>, foram caracterizados com base em 34 descritores de *Capsicum* propostos pelo IPGRI (1995), sendo 20 descritores quantitativos e 14 qualitativos, a caracterização foi realizada no Laboratório de Biotecnologia vegetal da Universidade Federal da Paraíba- UFPB, Areia, Paraíba, Brasil.

A semeadura foi realizada em bandejas de isopor (poliestireno) de 128 células preenchidas com substrato comercial e quando apresentaram pelo menos 6 folhas definitivas foram transplantadas para vaso, todos os descritores foram avaliados a partir do aparecimento da primeira flor na planta, menos as características relacionadas com o porte e frutificação das plantas, que foram avaliadas a partir do amadurecimento do primeiro fruto na planta, cada planta foi caracterizada individualmente de acordo com seu florescimento e frutificação.

Os descritores qualitativos avaliados foram; Para fruto: MA= manchas de antocianina, CFI= cor do fruto imaturo, e quantitativos foram: CP = comprimento do pedúnculo (cm); CF = comprimento do fruto (cm); MADF = maior diâmetro do fruto

(cm); MEDF = menor diâmetro do fruto (cm), PMF = peso médio do fruto (g); EP = espessura do pericarpo (cm), NSF= número de sementes por fruto, MF = massa fresca (g), MS = massa seca (g); TMS = teor de massa seca (%);

Os descritores qualitativos para porte de planta avaliados foram: CC=cor do caule, PDC= pubescencia do caule, FC= forma do caule, ADN= antocianina do nó, CF= cor da folha, FFO= forma da folha, DFO= densidade de folhas, DR= densidade de ramos, HCP= habito de crescimento, e quantitativos foram: AP = altura de planta (cm); LP = largura de planta (cm); LT = Comprimento do caule (cm); DT = diâmetro do caule (cm); TF=tamanho da folha (cm), TP=tamanho do pecíolo (cm), LF= largura da folha(cm);

Os descritores qualitativos para flor utilizados foram;CCO=cor da corola, CAN=cor das anteras, CFI=cor do filete, e quantitativos foram: LPE=longitude da pétala, LAP=largura da pétala.

Na análise de diversidade genética as medidas de dissimilaridade dos dados utilizadas, foram obtidas a partir de três métodos diferentes.

Método 1- dados originais e a medida de dissimilaridade utilizada foi a distância Euclidiana média padronizada dada por:

Padronização:

$$y_j = \frac{Y_j}{\hat{\sigma}_j}$$

Em que o  $\hat{\sigma}_j$  é o desvio padrão associado à j-ésima característica.

A distância euclidiana média é dada por:

$$d_{ii'}^2 = \frac{1}{v} \sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2$$

Sendo v o número de características estudadas.

Método 2- dados originais e a medida de dissimilaridade utilizada foi a distância Euclidiana.

A distância euclidiana:

$$d_{ii'}^2 = \sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2$$

Método 3- dados categorizados e a medida de dissimilaridade utilizada foi a distância euclidiana média.

A distância Euclidiana média é dada por:

$$d_{ii'}^2 = \frac{1}{v} \sum_j (Y_{ij} - Y_{i'j})^2$$

A categorização dos dados foi realizada utilizando o número de classes (K) e os limites de cada classe foram estabelecidos a partir da divisão equitativa da amplitude.

Sendo:

$$K = \sqrt{n}$$

E a amplitude é dada por:

$$AT = L(\max) - l(\min)$$

Onde

AT é a Amplitude total da distribuição

L(max) é o limite superior máximo

l(min) é o limite inferior mínimo

Assim foram geradas três matrizes de dissimilaridade para cada tipo de dado, qualitativos, quantitativos e para as duas estratégias de integração de dados: a primeira foi a utilização de ambos os dados qualitativos e quantitativos (AMBOS) e a outra obtida a partir da soma de matrizes onde foram somadas as matrizes geradas para os dados qualitativos e quantitativos individualmente (SOMA) esse somatório também foi padronizado.

Foram estimados os coeficientes de correlação entre os pares de matrizes obtidas pelos diferentes métodos de obtenção de matrizes, dentro de cada tipo de dado, qualitativos, quantitativos, ambos e soma de matrizes, sendo feita três comparações em cada um destes, com sua significância testada a 1% de probabilidade pelo teste Z de Mantel e pelo teste t.

Efetuuou-se o agrupamento das plantas pelo método de Tocher para cada uma das matrizes geradas. Todas as análises estatísticas foram feitas utilizando o programa computacional GENES (CRUZ, 2006).

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando foram utilizados os dados originais e apenas descritores multicategóricos os genótipos foram separados em treze grupos sendo observado que o genitor 77.3 (P2) foi agrupado em um grupo isolado e o genitor 76 (P1) foi agrupado com mais 16 plantas e em grupo diferente da geração F<sub>1</sub> que foi agrupada com mais 22 plantas. O

agrupamento com os genitores e a geração F1 em grupos diferentes indica que além de os pais serem divergentes geneticamente para essa característica a geração F1 é bastante diferente fenotipicamente destes para os 14 caracteres avaliadas (Tabela 1). A separação de todas as plantas em 13 grupos mostra que o cruzamento entre os genitores 77.3 (P2) com 76 (P1), foi bastante eficiente em gerar variabilidade genética na geração F<sub>2</sub>, o que é de grande importância em programas de melhoramento que utiliza a hibridação para gerar variabilidade genética.

Já ao se utilizar os dados originais e apenas os dados quantitativos foi observado a formação de quatro grupos, foi observado que os genitores foram agrupados isoladamente, evidenciando que eles são distantes geneticamente entre eles e também do restante das plantas da geração F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub>, todas as plantas da geração F<sub>2</sub> foram agrupadas no mesmo grupo, exceto a planta 35, que foi agrupada individualmente, indicando que para as vinte características utilizadas a diversidade gerada a partir desse cruzamento não foi suficiente para gerar variabilidade significativa, porém, ainda foi observado um recombinante que é bem divergente do restante da família F<sub>2</sub>, essa baixa diversidade gerada deve-se ao fato de mesmo os genitores sendo divergentes para estas características como mostrado (Tabela 1), os mesmos são acessos de pimenteiros ornamentais que devido a isso suas características de porte são semelhantes, se diferenciando apenas para outras características como as de flor e fruto.

Bento et al. (2007) trabalhando com acessos de *Capsicum* spp. e utilizando o método de Tocher não observaram diferenças no número de grupos formados, conseguiram a formação de apenas dois grupos tanto quando utilizaram dados quantitativos como qualitativos.

Santos et al. (2009) encontraram resultados contrastantes trabalhando com *Capsicum annuum*, utilizando da mesma técnica de agrupamento, obtiveram que por meio do uso de caracteres quantitativos a separação dos genótipos estudados em quatro grupos e para caracteres quantitativos em dois, sendo assim neste trabalho foi observado uma maior formação de grupos para caracteres quantitativos que os qualitativos. Bento et al. (2007) trabalhando com acessos de *Capsicum* spp. e utilizando o método de Tocher conseguiram a formação de apenas dois grupos tanto quando utilizaram dados quantitativos como qualitativos.

Santos et al. (2011) estudando caracteres quantitativos em pimenteiras ornamentais *Capsicum annuum* observaram a formação de 3 grupos utilizando características de folha e flor, indicando que essas características não podem ser subestimadas em análises de diversidade genética. Rêgo et al. (2011) conseguiram separar acessos pertencentes à espécie *C. baccatum* utilizando estas mesmas técnicas multivariadas.

Semelhantemente Portis et al. (2006) trabalhando com *C. annuum* conseguiram o agrupamento dos acessos estudados em quatro grupos com base em caracteres morfológicos e destacaram a importância desse estudo para a conservação *ex situ* e *in situ*, assim como, para o melhoramento de *Capsicum* na Itália.

A utilização da estratégia de integração de dados AMBOS possibilitou a formação de seis grupos, assim obteve-se uma formação menor de grupos comparado com quando foram utilizados apenas os dados qualitativos, e maior quando foram os quantitativos, também foi observado que o genitor 77.3 (P<sub>2</sub>) foi agrupado junto com 52% das plantas da geração F<sub>2</sub>, sendo o P<sub>2</sub> similar a estas com relação aos 34 caracteres utilizados, porém quando foram utilizados os dados quantitativos e qualitativos separadamente este genótipo foi agrupado individualmente, o que pode evidenciar que ao se utilizar descritores qualitativos e quantitativos em conjunto sem nenhum tipo de padronização para gerar uma mesma medida de dissimilaridade, pode-se estar subestimando ou superestimando algumas características.

Santos et al. (2010) encontraram resultados bastante similares a estes e observaram que quando foram utilizados os dados originais e apenas descritores multicategóricos os genótipos foram separados em quatorze grupos. Já ao se utilizar os dados quantitativos os mesmos foram separados em seis grupos. A utilização simultânea dos dois tipos de caracteres possibilitou a formação de sete grupos, assim nota-se, uma menor formação de grupos quando comparada ao agrupamento utilizando apenas descritores multicategóricos.

Quando foi utilizada a integração de dados SOMA e o método 1 de obtenção de matrizes foi possível a formação de seis grupos pelo método de agrupamento de Tocher, 92% dos genótipos foram agrupados no grupo um e os demais com a penas uma planta, nos grupos 2, 3 e 4, com as plantas 53, 35 e 19, os genitores foram agrupados

individualmente nos grupos 5 e 6, indicando que esses genitores são bastantes divergentes, e o cruzamento entre eles foi capaz de gerar variabilidade genética, como observado para quando foram utilizados apenas os descritores quantitativos e qualitativos separadamente, o genitor 77.3 (P<sub>2</sub>) foi agrupado individualmente, podendo essa ser a melhor e mais confiável forma de se proceder a análise de diversidade genética em plantas a partir de dados quantitativos e qualitativos em conjunto.

Os dados qualitativos proporcionaram uma maior formação de grupos quando comparado com todos os outros métodos de obtenção de matrizes, indicando que esses dados podem evidenciar a diversidade genética existente entre as plantas da população estudada. A utilização de caracteres multicategóricos é prática, econômica e demanda menor tempo, quando comparada a caracteres quantitativos e moleculares (MARIMet al., 2009). Em muitas culturas, apesar dos caracteres quantitativos serem de difícil mensuração, esses têm sido preferidos em estudos de diversidade por apresentarem importância comercial (GOMES, 2007), sendo estes últimos de grande importância em pimenteiros ornamentais de vaso uma vez que características relacionadas com o porte baixo da planta são indispensáveis para uma variedade deste tipo de planta.

**Tabela 1** - Agrupamento de 63 genótipos de *Capsicum annuum* para 14 caracteres qualitativos, utilizando dados originais e padronizados, conforme método de Tocher.

Grupos	Qualitativa		
	Dados Originais	Dados Originais	Dados Padronizados
	Distância Euclidiana Média	Distância Euclidiana	Distância Euclidiana Média
<b>1</b>	8, 30, 55, 6, 13, 21, 29, P1, 19, 40, 31, 47, 41, 23, 12, 20, 48	8, 30, 55, 6, 13, 21, 29, P1, 19, 40, 31, 47, 23, 41, 12, 20, 48	8, 30, 55, 13, 41, P1, 21, 29, 12, 40, 6, 47, 19, 20, 48
<b>2</b>	32, 39, 50, 54, 14, 46, 27, 51, 38, 24, 5, 44, 16, 37, 10, 17, F1, 22, 4, 56, 60, 43, 45	32, 39, 50, 54, 46, 14, 27, 51, 38, 24, 44, 5, 16, 37, 10, 17, 22, F1, 4, 56, 60, 43, 45, 62	32, 39, 54, F1, 14, 59, 37, 35, 9, 15, 10, 5, 44, 60, 56, 43, 62, 45, 63, 58, 18, 11, 50, 27, 51, 38, 46, 17, 16, 4, 24, 36, 61
<b>3</b>	18, 58, 52, 36, 63, 61, 59	18, 58, 52, 36, 63, 61, 59	23, 31
<b>4</b>	9, 15, 11	9, 15, 11	33, 49, 34, 22
<b>5</b>	25, 26, 35, 62	25, 26, 35	25, 26
<b>6</b>	34, 49	34, 49	7, 52
<b>7</b>	33	33	P2
<b>8</b>	28	28	42
<b>9</b>	42	42	28
<b>10</b>	7	7	57
<b>11</b>	P2	P2	53
<b>12</b>	53	53	
<b>13</b>	57	57	

**Tabela 2** - Agrupamento de 63 genótipos de *Capsicum annuum* para 20 caracteres quantitativos, utilizando dados originais e padronizados, conforme método de Tocher.

Grupos	Quantitativa		
	Dados Originais	Dados Originais	Dados Padronizados
	Distância Euclidiana Média	Distância Euclidiana	Distância Euclidiana Média
<b>1</b>	27, 45, 21, 33, 30, 46, 12, 6, 4, 15, 37, 36, 23, 61, 9, 18, 63, 47, 59, 51, 10, 34, 43, 31, 48, 57, 38, 57, 38, 25, 55, 5, 8, 7, 44, 60, 32, 41, 20, F1, 29, 28, 53, 13, 62, 11, 50, 54, 14, 58, 40, 39, 26, 42, 16, 49, 56, 22, 52, 17, 24, 19	8, 41, 29, 26, 11, 54, 16, 17, 13, 49, 14, 62, 56, 20, 60, 39, 40, 32, 19, 22, P2, 52, 42, 7, 57, 36, 47, 45, 4, 44, 34, 21, 31, 30, 6, 63,	14, 54, 56, 39, 11, 16, 62, 13, 40, 29, 32, 60, 50, 28, 49, 22, 41, 8, 30, 6, 3327, 45, 57, 51, 20, 44, 46, 4, 34, 31, 23, 21, 15, 36, 61, 55, 12, 37, 10, 9, 59, 7, 48, 5, 63, 18, 47, 38, 25, 43, 26, 58, 42, 3, 53, 17, 52, 24, 19
<b>2</b>	P2	38, 59, 18, 5, 25, 15, 23, 24, 61, 51, 55, 10, 53, 48, 9	P2
<b>3</b>	35	12, 27, 43, 33, 37, 46, F1	35
<b>4</b>	P1	50, 58, 28	P1
<b>5</b>		P1	
<b>6</b>		35	

**Tabela 3** - Agrupamento de 63 genótipos de *Capsicum annuum* para 20 caracteres quantitativos e 14 qualitativos analisados em conjunto, utilizando dados originais e padronizados, conforme método de Tocher.

Grupos	Ambos		
	Dados Originais	Dados Originais	Dados Padronizados
	Distância Euclidiana Média	Distância Euclidiana	Distância Euclidiana Média
<b>1</b>	8, 41, 29, 26, 62, 17, 54, 11, 16, 49, 13, 14, 56, 20, 39, 40, 32, 19, 22, P2, 42, 57, 7, 52, 45, 36, 47, 4, 44, 34, 21, 31, 30, 6	8, 41, 29, 26, 62, 17, 54, 11, 16, 49, 13, 14, 56, 20, 39, 40, 32, 19, 22, P2, 42, 57, 7, 52, 45, 36, 47, 4, 44, 34, 21, 31, 30, 6	8, 55, 30, 41, 29, 13, 21, 12, 6, 20, 57, 48, 47, 31, 23, 5, 19, 40, 46
<b>2</b>	38, 59, 18, 5, 25, 15, 24, 23, 61, 51, 10, 55, 53, 48, 63, 9	38, 59, 18, 5, 25, 15, 24, 23, 61, 51, 10, 55, 53, 48, 63, 9	9, 15, 63, 18, 59, 10, 43, 37, 45, 7, F1, 4, 61, 38, 36, 33, 27, 32, 51, 60, 44, 58, 14, 50, 39, 11, 54, 62, 56, 52, 16, 35, 24, 17
<b>3</b>	27, 43, 33, 12, 37, 46, F1	27, 43, 33, 12, 37, 46, F1	22, 49, 26, 28, 34
<b>4</b>	50, 58, 28	50, 58, 28	25, 42
<b>5</b>	P1	P1	53
<b>6</b>	35	35	P2
<b>7</b>			P1

**Tabela 4** - Agrupamento de 63 genótipos de *Capsicum annuum* para utilizando a matriz gerada da soma das matrizes geradas a partir de 20 caracteres quantitativos e 14 qualitativos separadamente, utilizando dados originais e padronizados, conforme método de Tocher.

Grupos	Soma de Matrizes		
	Dados Originais	Dados Originais	Dados Padronizados
	Distância Euclidiana Média	Distância Euclidiana	Distância Euclidiana Média
<b>1</b>	32, 39, 54, 14, 50, 16, 56, 62, 60, 27, 46, 51, 44, 28, 45, 33, 37, 4, 49, 22, 11, 5, 10, 34, 38, 17, 26, 61, F1, 36, 58, 43, 15, 18, 63, 9, 59, 25, 7, 52, 24, 30, 8, 6, 42, 55, 21, 12, 47, 23, 41, 29, 13, 31, 48, 20, 40	27, 45, 21, 33, 30, 46, 12, 6, 4, 15, 37, 36, 23, 61, 9, 18, 63, 47, 59, 51, 10, 34, 43, 31, 48, 57, 38, 57, 38, 25, 55, 5, 8, 7, 44, 60, 32, 41, 20, F1, 29, 28, 53, 13, 62, 11, 50, 54, 14, 58, 40, 39, 26, 42, 16, 49, 56, 22, 52, 17, 24, 19	32, 39, 14, 54, 56, 11, 60, 62, 50, 16, 44, 37, 45, 58, 27, 33, 46, 15, 4, 10, 51, 63, 9, 43, 18, 5, 3, 59, 61, 36, 38, 34, 30, 6, 8, 17, 49, 55, 42, 12, 47, 21, 25, 41, 29, 13
<b>2</b>	53	P2	23, 31, 20, 48, 57, 26, 40
<b>3</b>	35	35	22, 28
<b>4</b>	19	P1	24
<b>5</b>	P2		7
<b>6</b>	P1		52
<b>7</b>			53
<b>8</b>			P2
<b>9</b>			19
<b>10</b>			35
<b>11</b>			P1

### **Correlação de Matrizes.**

Foram realizadas estimativas das correlações apenas entre os pares de matrizes geradas a partir dos três diferentes métodos de obtenção de matrizes dentro de cada um dos tipos de dados, pois conjuntos de informações obtidas a partir de dados de diferentes naturezas podem não estar plenamente correlacionados, não oferecendo, dessa forma, suporte para explorar os resultados de um conjunto de dados para outro (Oliveira, 2005). Quando se observa estes fenômenos isso implica que os dois conjuntos de caracteres são importantes para a organização da diversidade do germoplasma avaliado.

Observaram-se valores de correlação que variaram de 0,32 a 1,00 de acordo com o tipo de dados gerados. Quando foram utilizados apenas os dados quantitativos foi observado uma correlação de 0,98 entre as matrizes obtidas pelo método 1 e 3, assim a matriz gerada pelo método 3 tem alta correlação com a gerada pelo método 1, logo a categorização de dados sem repetição para os caracteres quantitativos estudados nesse trabalho foi desnecessária podendo ser substituída apenas pela padronização dos dados ao se gerar a matriz de diversidade genética (Tabela 5). Podendo ser utilizada apenas a Distância euclidiana como relatado por Rêgo et al, 2003. As correlações entre as matrizes geradas pelos métodos 3 e 2 e métodos 1 e 2 foram de 0,5 e 0,49, respectivamente, Valores esses considerados inconsistentes, como pode ser observado na Tabela 2, onde o agrupamento das plantas pelo método de Tocher utilizando os métodos de geração de matrizes 1 e 3 foram iguais.

Segundo Rohlf (2000), valores de correlação inferiores a 0,7 têm sido considerados inconsistentes, sugerindo que a diversidade genética obtida com base em um conjunto de caracteres não explica a diversidade com base em outro conjunto, os diferentes métodos de obtenção de matrizes dependendo do tipo de dados utilizados, tiveram pelo menos um valor de  $r$  superior a 0,7.

Observações para valores de correlação genética menores que 0,5 sugere que a diversidade genética obtida com base a partir de um tipo de método não explica a diversidade dos caracteres obtidos a partir de um outro método, pois segundo Tatineni et al. (1996) valores de  $r$  são estatisticamente significativos a 1% de probabilidade, se  $r$  é superior a 0,5 quando o número de unidades comparadas for maior do que 15.

Quando foram utilizados apenas os dados qualitativos, foi observada uma alta correlação entre todos os pares de matrizes, acima de 0,80, evidenciando que independente do tipo de método utilizado para gerar matrizes, essas são bastante similares indicando o que já era esperado, uma vez que os dados multicategóricos tem pouca variação, apresentam pouco número de classes quando comparada com dados quantitativos, o que é explicado com a alta correlação (0,98) entre as matrizes geradas pelos métodos 1 e 2, indicando que independentemente da padronização dos dados ao se gerar a matriz de dissimilaridade essas terão comportamento bastante semelhante (Tabela 1). Também sendo observado que a categorização dos dados qualitativos podem subestimar a diversidade uma vez que formou um número menor de grupos.

Santos et al. (2010) estudando o efeito da categorização dos dados em caracteres quantitativos e qualitativos observaram que a categorização não teve efeito sobre os dados quantitativos uma vez que as plantas foram agrupadas de forma igual com e sem padronização dos dados, já para os dados multicategóricos observa-se uma maior formação de grupos quando foram utilizados os dados diminuindo o número de formação de grupos. Mostrando que a para estudo de diversidade genética utilizando dados quantitativos e qualitativos em conjunto o ideal é fazer o somatório das matrizes geradas a partir de cada tipo de variável individualmente.

Quando foi utilizada a técnica de integração de dados AMBOS, foi observada uma correlação entre as matrizes geradas pelos métodos 1 e 2 igual a 1, indicando que as matrizes são praticamente iguais, isso se deve provavelmente ao fato de ao se utilizar dados de naturezas diferentes no mesmo arquivo para gerar uma medida de dissimilaridade pode-se estar subestimando ou superestimando alguma característica e assim mesmo, a padronização dos dados pelo desvio padrão não foi eficiente para diminuir esse erro.

Martins et al. (2011), observaram uma alta correlação entre as diferentes técnicas de integração de dados o que nesse trabalho foi observado apenas para AMBOS, com SOMA quando se utilizou o método 3 que foi de 0,92 e para os outros métodos foram inferiores a 0,6 (dados não mostrados). Para os demais pares de matrizes utilizando a técnica de integração de dados AMBOS, a correlação foi considerada inconsistente com valores iguais a 0,32. Como mostrado na Tabela 3, ao se utilizar o método 3 foi possível obter um agrupamento das plantas em um número maior de grupos, sendo esses grupos

mais semelhantes aos formados quando se utilizou o método 3 na técnica de integração de dados SOMA (Tabela 4).

Ao se utilizar a técnica de integração de dados SOMA foi observada uma alta correlação entre os métodos 1 e 3 (0,92) (Tabela 5), porém como pode ser observado na Tabela 4, o método 3 de geração de matrizes proporcionou uma maior formação de grupos quando comparado com os demais (Tabela 4), indicando que quando se pretende integrar dados quantitativos e qualitativos em uma mesma análise de diversidade genética deve-se padronizar estes antes de se proceder a análise.

Oliveira (2005), ao comparar dissimilaridades genéticas e fenotípicas de açaizeiro, observaram valores de correlação inferiores à 0,05. Koehler-Santos et al. (2003) também não encontraram concordância no padrão de variação em germoplasma de *citrus*, quando compararam as matrizes geradas com dados morfológicos e marcadores microssatélites. Resultado divergente foi encontrado por Alves (2002) que obteve valor de correlação igual a 0,72 quando avaliou a associação entre 21 locos microssatélites e 19 descritores botânicos-agronômicos em 31 acessos de cupuaçuzeiro. Segundo N’Goran et al. (1994), a possibilidade de concordância entre a dissimilaridade genética e fenotípica varia com o tamanho da amostra, sendo, geralmente, reduzida quando a amostra apresenta tamanho pequeno.

**Tabela 5.** Correlação entre matrizes de dissimilaridades geradas a partir de caracteres quantitativos e multicategóricos e técnicas de integração de dados AMBOS e SOMA, pelo teste Z de Mantel e teste t.

<b>Tipo de dados</b>	<b>M3 com M1</b>	<b>M3 com M2</b>	<b>M1 com M2</b>
<b>Quantitativos</b>	0.98** <sup>++</sup>	0.50** <sup>++</sup>	0.49** <sup>++</sup>
<b>Qualitativos</b>	0.84** <sup>++</sup>	0.85** <sup>++</sup>	0.98** <sup>++</sup>
<b>Ambos</b>	0.32** <sup>++</sup>	0.32** <sup>++</sup>	1.00 <sup>++</sup>
<b>Soma de matrizes</b>	0.92** <sup>++</sup>	0.67** <sup>++</sup>	0.74** <sup>++</sup>

M1- Método 1, M2 – Método 2 e M3 – Método 3, \*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t e <sup>++</sup> Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste de Mantel baseado em 1000 simulações.

#### 4. CONCLUSÃO

A integração de dados de diferentes naturezas, visando estudo de diversidade genética, pode ser realizada com êxito pela conversão dos dados qualitativos e

quantitativos em multicategóricos utilizando o método 3 que foi a utilização dos dados categorizados e a medida de dissimilaridade utilizada foi a distância euclidiana média.

Quando se pretende utilizar dados quantitativos e qualitativos separadamente em estudos de diversidade genética podem-se utilizar os dados originais com o cuidado de gerar uma matriz de distancia Euclidiana média padronizada.

Ao fazer a integração de dados de diferentes naturezas para estudos de diversidade genética, estes deverão ser devidamente padronizados para que se possa ter mais segurança nos resultados.

## 5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABREU FB; LEAL NR; RODRIGUES R; AMARAL JUNIOR AT; SILVA DJH. 2004. Divergência genética entre acessos de feijão-de-vagem de hábito de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 22, n. 3, p. 547-552.

ALVES, R.M.; FIGUEIRA, A. Cupuassu (*Theobroma grandiflorum*) genetic resources and breeding in the Brazilian Amazon. *Ingenic Newsletter*, Trinidad, v.7, p.25-32, 2002.

BENTO, C. S.; SUDRE, C. P.; RODRIGUES, R.; RIVA, E. M.; PEREIRA, M. G. Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. *Scientia Agraria*, v. 8, n. 2, p. 149-156, 2007.

BUSO GSC. *et al.* 2001. Espécies silvestres do gênero *Capsicum* coletadas na Mata Atlântica Brasileira e sua relação genética com espécies cultivadas de pimenta: uma primeira abordagem genética utilizando marcadores moleculares. Brasília: Embrapa Recursos Genéticos e Biotecnologia, 22p. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 7).

CARGNELUTTI FILHO, A.; RIBEIRO, N.D.; STORCK, L.; JOST, E.; POERSCH, N.L. Tamanho de amostra de caracteres de cultivares de feijão. *Ciência Rural*, v.38, p.635-642, 2008.

CASALI VWD. 1984. Melhoramento de pimentão e pimenta. Informe Agropecuário da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais – EPAMIG, Belo Horizonte, n. 113, p. 19-122

CARVALHO, S. I. C.; BIANCHETTI, L. B.; HENZI, G. P. Germplasm collection of *capsicum* spp. maintained by Embrapa Hortaliças (CNPq) **Capsicum and Eggplant Newsletter**, v. 22, p. 17-20, 2003.

COSTA FR; PEREIRA TNS; VITÓRIA AP; CAMPOS KP; RODRIGUES R; da

SILVA DH; PEREIRA MG. 2006. Genetic diversity among Capsicum accessions using RAPD markers. Crop Breeding and Applied Biotechnology, Viçosa, v. 6, n. 1, p. 18-23.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento Genético – Volume 2: UFV, 2003, 585p.

CRUZ, C. D. (2006) Programa Genes Versão Windows. Aplicativo Computacional em Genética e Estatística. Viçosa: UFV. 648 p.

GOMES, C.N. **Caracterização morfo-agronômica e diversidade genética em mandioca *Manihote sculenta* Crantz.** 2007. 72p.Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

IPGRI. **Descritores para *Capsicum* (*Capsicum*spp).** Roma: IPGRI, 1995. 51 p.

KOEHLER-SANTOS, P.; DORNELLES, A.L.C.; FREITAS, L.B. de. Characterization of mandarin citrus germplasm from Southern Brazil by morphological and molecular analyses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38, p.797-806, 2003.

MARTINELLO GE; LEAL NR; AMARAL JÚNIOR AT; PEREIRA MG; DAHER RF. 2003. Diversidade genética em quiabeiro baseada em marcadores RAPD. Horticultura Brasileira, Brasília, v. 21, n. 1, p. 20-25.

MARIM, B.G.; SILVA, D.J.H. da; CARNEIRO, P.C.S.; MIRANDA, G.V.; MATTEDI, A.P.; CALIMAN, F.R.B. Variabilidade genética e importância relativa de caracteres em acessos de germoplasma de tomateiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, p.1283-1290, 2009.

F.A. MARTINS **et al.** Pesq. agropec. bras., Brasília, v.46, n.11, p.1496-1502, nov.2011.Integração de dados em estudos de diversidade genética de tomateiro.

N'GORAN, J.A.K.; LAURENT, V.; RISTERUCCI, A.M.; LANAUD, C. Comparative genetic diversity studies of *Theobromacacao*L. using RFLP and RAPD markers. **Heredity**, v.73, p.589-597, 1994.

OLIVEIRA, M. do S.P. **Caracterização molecular e morfoagronômica de germoplasma de açaizeiro.** 2005. 171p. Tese(Doutorado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.

PORTIS, E.; NERVO, G.; CAVALLANTI, F.; BARCHI, L.; LANTERI, S. Multivariate analysis of genetic relationships between Italian pepper landraces. Crop Science, Madison, v. 46, p. 2517-2525, 2006.

PICKERSGILL, B. Relationships between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers (genus *Capsicum*). **Evolution**, v. 25, p. 683-691, 1971.

RAMOS SRR. 2006. Genetic diversity based on AFLP markers and indicators for the establishment of a core collection for pumpkin (*Cucurbitamoschata*) for north-east Brazil. Plant Genetic Resources Newsletter, Maccaresse (Fiumicino), Italy, v. 145, p. 66.

RÊGO, E.R.; RÊGO M.M.; CRUZ, C.D. **Herança de caracteres quantitativos em pimenta** (*Capsicum baccatum*). Anais do 2º CONGRESSO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO DE PLANTAS, 2003, Centro de Convenções do Descobrimento. Porto Seguro-BA, 2003.

RÊGO ER; RÊGO MM; CRUZ CD; CECOM PR; AMARAL DSSL; FINGER F. 2003. Genetic diversity analysis of peppers: a comparison of discarding variable methods. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, Viçosa, v. 3, n. 1, p. 19-26.

RÊGO ER; FINGER FL; CRUZ CD; RÊGO MM. 2006. Caracterização, diversidade e estimação de parâmetros genéticos em pimenteiras (*Capsicum* spp.). Anais do II Encontro Nacional do Agronegócio Pimentas (*Capsicum* spp.).

RÊGO, E. R., RÊGO, M. M., CRUZ, C. D., FINGER, F. L., CASALI, V. W. D. (2011a) Phenotypic diversity, correlation and importance of variables for fruit quality and yield traits in Brazilian peppers (*Capsicum baccatum*). *Genet Resour. Crop. Evol.* 58: 909-917

RÊGO, ER; NASCIMENTO, NFF; NASCIMENTO, MF; SANTOS, RM; LEITE, PSS; FINGER, FL. 2011b. Caracterização fenotípica para caracteres de porte em família F2 de pimenteiras ornamentais. In: Congresso Brasileiro De Olericultura, 51. Anais... Viçosa: ABH.

ROHLF, F.J. **NTSYS-pc**: numerical taxonomy and multivariate analysis system. New York: Exeter Software, 2000. 38p.

SANTOS, R. M. C. ; REGO, E. R. ; SAPUCAY, M. J. L. C. ; SILVA, D. F. ; BAIRRAL, M. A. ; BATISTA, D. S. ; RÊGO, M. M. . Avaliação de F2 de pimenteira ornamental. In: 49º Congresso Brasileiro de Olericultura, 2009, Águas de Lindóia. Horticultura Brasileira. Brasília : ABH, 2009. v. 27. p. S1679-S1684.

SANTOS, R. M. C. ; Rêgo, E. R. ; BAIRRAL, M. A. ; SILVA NETO, J. J. ; RÊGO, M. M.; NASCIMENTO, N. F. F. ; NASCIMENTO, M. F. . Efeito da categorização dos dados na estimativa da variabilidade fenotípica em geração segregante de pimenteiras ornamentais. In: 50 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2010, Guarapari - ES. Horticultura Brasileira, 2010. v. 28. p. S2502-S2508.

SANTOS, R. M. C. ; Rêgo, E. R. ; BORÉM, A. ; FORTUNATO, F. L. G. ; LEITE, P. S. S. ; FINGER, F. L.. Divergência genética entre acessos de pimenteira. In: 51 Congresso Brasileiro de Olericultura, 2011, Viçosa. Anais do 51 Congresso Brasileiro de Olericultura. Viçosa : Editora UFV, 2011. v. 1. p. 3234-3240.

SUDRÉ CP; RODRIGUES R; RIVA EM; KARASAWA M; AMARAL JUNIOR AT. 2005. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 23, n. 1, p. 22-27.

TATINENI V, CANTRELL RG, DAVIS DD (1996) Genetic diversity in elite cotton germ plasm determined by morphological characteristics and RAPD. *Crop Sci* 36:186-192

VALLS JFM. 1988. Caracterização morfológica, reprodutiva e bioquímica de germoplasma vegetal. In: ENCONTRO SOBRE RECURSOS GENÉTICOS. Anais. Jaboticabal: FCAV, p.106-120.