

ESTUDOS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE
ORIUNDA DE CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO EM *Capsicum*.

CARLOS EDUARDO DA SILVA MONTEIRO

UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE
DARCY RIBEIRO – UENF

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ
JULHO – 2009

ESTUDOS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE
ORIUNDA DE CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO EM *Capsicum*.

CARLOS EDUARDO DA SILVA MONTEIRO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e
Tecnologias Agropecuárias da Universidade
Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro,
como parte das exigências para obtenção do
título de Mestre em Genética e Melhoramento de
Plantas”.

Orientadora: Prof^a.Telma Nair Santana Pereira

CAMPOS DOS GOYTACAZES-RJ
JULHO – 2009

ESTUDOS GENÉTICOS EM POPULAÇÃO SEGREGANTE
ORIUNDA DE CRUZAMENTO INTERESPECÍFICO EM *Capsicum*.

CARLOS EDUARDO DA SILVA MONTEIRO

“Tese apresentada ao Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, como parte das exigências para obtenção do título de Mestre em Genética e Melhoramento de Plantas”.

Aprovada em 31 de Julho de 2009.

Comissão Examinadora:

Prof. Messias Gonzaga Pereira (Ph.D. Melhoramento de Plantas) – UENF

Prof^a. Rosana Rodrigues (D. Sc. Produção Vegetal) – UENF

Dr^a. Elaine Manelli Riva Souza (D. Sc. Produção Vegetal)-INCAPER

Prof^a. Telma Nair Santana Pereira (Ph.D. Melhoramento de Plantas) – UENF
Orientadora

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelas concessões nem sempre percebidas e/ou Compreendidas;

Aos meus pais, pela educação, incentivos, amor e confiança;

À minha família, pelo carinho e companheirismo;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos;

A Universidade Estadual do Norte Fluminense e ao Programa Genética e Melhoramento de Plantas, pela oportunidade de realizar o curso de Mestrado;

À Professora Telma Nair Santana Pereira pela orientação, paciência e ensinamentos;

Aos Professores Messias e Rosana, pelas valiosas sugestões na finalização do trabalho;

À Doutora Elaine, pela participação na Banca de Defesa de Tese;

A Karina, pelo carinho e ensinamentos;

Ao Pedro, pela amizade, ensinamentos, valiosas sugestões e ajudas na realização do trabalho;

À estagiária Nádia Casarin, pelo auxílio na realização do trabalho;

Aos Técnicos, Jader, José Manoel, e Claudia Pombo pela valiosa ajuda na realização dessa pesquisa;

Aos funcionários da PESAGRO e UAP/UENF;

À técnica Vitória Régia e à doutoranda Ana Paula, pelos ensinamentos e sugestões no laboratório de marcadores de DNA;

Aos amigos por festejarem comigo os momentos de alegria, pelo incentivo, apoio e amizade, em especial aos Papaquitos (Wellington e Leandro);

À família Mattos, segunda família que ganhei;

Aos companheiros e amigos do Laboratório de Citogenética, Emanuelli, Fabiane, Hérika, Kellen, Monique, Pedro e Sérgio, pelas ajudas e apoios concedidos na realização do trabalho;

Ao secretário Daniel e colegas do Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, em especial Roberto Trindade e Francisco;

A todos que de alguma forma participaram deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO.....	vi
ABSTRACT.....	viii
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	04
2.1. Origem e aspectos botânicos.....	04
2.2. Aspectos citogenéticos.....	08
2.3. Melhoramento genético de <i>Capsicum</i>	09
2.3.1. Melhoramento genético em <i>Capsicum</i> na UENF.....	11
2.4. Hibridação interespecífica e viabilidade dos híbridos.....	13
2.5. Herança genética dos caracteres.....	16
2.5.1. Interações gênicas.....	16
2.5.2. Caracteres da flor.....	19
2.6. Parâmetros genéticos.....	21
2.7. Validação da natureza híbrida via marcadores RAPD.....	23
3. OBJETIVOS.....	24
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	25
4.1. Genótipos utilizados e delineamento experimental.....	25
4.2. Validação da natureza híbrida via marcadores RAPD.....	26
4.2.1. Extração de DNA.....	26
4.2.2. Quantificação do DNA.....	27

4.2.3. Condições de amplificação.....	27
4.2.4. Seleção de iniciadores.....	28
4.2.5. Identificação de população segregante.....	28
4.3. Caracteres avaliados.....	29
4.3.1. Caracteres das flores.....	29
4.3.2. Caracteres dos frutos.....	29
4.4. Viabilidade polínica.....	30
4.5. Análises genético-estatísticas.....	31
4.5.1. Herança genética.....	31
4.5.2. Análise de variância.....	31
4.5.3. Análise descritiva.....	32
4.5.4. Teste de médias.....	32
4.6. Parâmetros genéticos.....	32
4.7. Análise populacional.....	33
4.7.1. Ação gênica.....	33
4.7.2. Ganho por seleção.....	34
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	36
5.1. Validação da natureza híbrida via marcadores RAPD.....	36
5.2. Herança genética.....	38
5.2.1. Caracteres das flores.....	38
5.2.2. Caracteres dos frutos.....	42
5.3. Viabilidade polínica.....	46
5.4. Análise de variância e parâmetros genéticos.....	49
5.5. Teste de médias.....	51
5.6. Ganho por seleção.....	52
5.7. Grau médio de dominância.....	54
6. RESUMO E CONCLUSÕES.....	57
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	59

RESUMO

MONTEIRO, C. E. S; M.Sc. Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. Julho de 2009. Estudos genéticos em população segregante oriunda de cruzamento interespecífico em *Capsicum*. Orientador: Professora Telma Nair Santana Pereira. Conselheiros: Professores Messias Gonzaga Pereira e Rosana Rodrigues.

Os objetivos do presente trabalho foram estudar a herança de características das flores e frutos (coloração da corola, coloração do estilete, coloração inicial dos frutos, posição dos frutos, formato de frutos e pungência); analisar a fertilidade reprodutiva da população segregante, via viabilidade polínica; e estimar parâmetros genéticos (herdabilidade, ganho genético por seleção e ação gênica) para cinco caracteres morfoagronômicos (peso médio de frutos, comprimento e diâmetro dos frutos, dias para florescimento e frutificação) em uma população segregante obtida do cruzamento entre *Capsicum annuum* L var *glabriusculum* e *Capsicum baccatum* L var *pendulum* (UENF 1916 x UENF 1489); essa população teve a sua natureza híbrida validada por marcadores RAPD. Os resultados das avaliações para as características qualitativas indicaram que a herança para a maioria das características é do tipo epistasia recessiva dupla (9:7), exceto para as características cor da corola e formato de frutos, cujas heranças são do tipo genes duplos com efeito cumulativo (9:6:1) e herança monogênica (3:1), respectivamente. A fertilidade da geração F₂ via viabilidade polínica, variou de

genótipos completamente estéreis (3,25%) a genótipos férteis (100%), sendo que dos 49 indivíduos avaliados 16 apresentaram viabilidade polínica inferior a 50%; sendo assim, 33% da geração foram consideradas estéreis a parcialmente fértil. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram superiores a 50% para as características peso médio de frutos; comprimento e diâmetro de frutos; e dias para florescimento, sugerindo boas perspectivas para seleção. Foram estimados ganhos genéticos esperados ($k=1,76$) para as características peso médio de fruto (GG= 1,32 g), comprimento de fruto (GG=12,88 mm), diâmetro de frutos (GG=1,89mm), dias para florescimento (GG=14,75 dias - precocidade), e dias para frutificação (GG=2,36 dias - precocidade); com base nesses ganhos foram indicados genótipos para avanço de geração, sendo que alguns deles por apresentarem esterilidade masculina, não produziram sementes suficientes para avançar gerações. Estimou-se a ação gênica considerando a média dos indivíduos, e observou-se que a ação é do tipo dominância parcial, sobredominância, aditiva, sobredominância e dominância parcial, para as características peso médio de frutos, comprimento de frutos, diâmetro de frutos, dias para florescimento e frutificação, respectivamente. Os resultados dessa pesquisa mostram que é possível obter híbridos entre *C. annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum*, mesmo sendo as espécies de complexos gênicos diferentes, e que a presença de esterilidade masculina em alguns indivíduos resulta da manifestação de uma provável barreira pós-fertilização.

Palavras-chave: *Capsicum*, herança, esterilidade masculina, parâmetros genéticos, epistasia e hibridação interespecífica.

ABSTRACT

MONTEIRO, C. E. S; M.Sc; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro. July 2009. Genetic studies in segregating population obtained from interspecific hybridization on *Capsicum*. Adviser: Telma Nair Santana Pereira. Committee Members: Messias Gonzaga Pereira and Rosana Rodrigues.

The objectives of this work were to study the inheritance of the traits of flowers and fruits (corolla colour, style colour, initial colour of fruit, fruits position, fruit shape and pungency), to analyze the reproductive fertility of the genotypes in segregating population, determinate by the pollen viability; to estimate the genetic parameters (heritability, genetic gain for selection and gene action) for five morpho-agronomic traits (weigh medium of fruits, fruits length and width, days to flowering and fruiting) in a segregating population obtained from the hybridization between *Capsicum annuum* L var *glabriusculum* and *Capsicum baccatum* L var *pendulum* (UENF 1916 x UENF 1489); the segregating population had its hybrid nature validated by RAPD markers. The results showed that the inheritance for most of qualitative characteristics is duplicate recessive gene epistasis (9:7), except for the corolla color and fruit shape, which shows the duplicate genes with cumulative effect (9:6:1) and monogenic inheritance (3:1), respectively. The fertility of the F₂ generation, determinate by the pollen grain viability, varied from genotypes completely sterile (3,25%) to completely fertile (100%), and 16 out 49 of the individuals evaluated had pollen grain viability less than 50%; so, 33% of the

individual plants were considered male sterile or partially fertile. The broad sense heritability were expressive; higher than 50% for the traits weigh of fruits, fruits length and width, days to flowering, suggesting good perspectives for selection. It was estimated the expected genetic gain ($k=1,76$) for the characteristics weigh of fruits (GG=1.32 g), fruits length (GG=12,88 mm), fruit width (GG=1,89 mm), days for flowering (GG=14,75 days – precocity), and days for fruiting (GG=2,36 days - precocity); based on these genetic gains it was indicated genotypes for to advance generation, but some of them due to male sterility did not produce enough seeds for to advance generations. Considering the average of the individuals, the gene action of the traits were partial dominance, overdominance, aditive, overdominance and partial dominance, for the traits weigh medium of fruits, fruits length, fruits width, days for flowering and days for fruiting, respectively. The results show that it is possible to obtain hybrids between *C. annuum* L var *glabriusculum* and *C. baccatum* L var *pendulum*, even though they belong to different gene pool and the male sterility observed in some individuals result of a probable manifestation of the post-fertilization barrier.

Keywords: *Capsicum*, inheritance, male sterility, genetic parameters, interspecific hybridization and epistasis.

1. INTRODUÇÃO

O gênero *Capsicum* (pimentas e pimentões) pertence à família Solanaceae, e tem 31 espécies já identificadas, sendo cinco delas cultivadas (*C. annuum* e suas formas botânicas, *C. chinense*, *C. frutescens*, *C. baccatum* e suas formas botânicas, e *C. pubescens*), sendo de grande importância econômica como alimento e especiaria (Moscone et al., 2007). As espécies de *Capsicum* são consideradas importantes componentes do mercado de hortaliças frescas no Brasil, além de ser a base para o desenvolvimento de condimentos, temperos e conservas em nível caseiro e industrial (Lima et al., 2001).

A maior área cultivada com pimentas concentra-se no Continente Asiático, que responde por 89 % da área cultivada, sendo os principais produtores os países Índia, Coreia, Tailândia, China, Vietnã e Indonésia. A segunda região mais importante no cultivo de pimentas compreende os Estados Unidos e o México, com cerca de 7% do total plantado com essa cultura em todo mundo. E os 4% restantes de área cultivada estão nos países da Europa, África e Oriente Médio (Rufino e Penteado, 2006). No Brasil, as pimentas estão difundidas em todas as regiões, sendo as principais produtoras as regiões Sudeste e o Centro-Oeste. Os principais estados produtores são Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (Pinto et al., 2006).

O Brasil exportou aproximadamente 6,4 mil toneladas de pimentas e pimentões, movimentando recursos próximos de US\$ 20 milhões (Embrapa, 2007). A importância da pimenta e pimentão é atribuída às suas propriedades de

acentuar sabor, aroma e cor de diversos pratos na culinária. Considerando o consumo dos frutos verdes e *in natura*, as pimentas e pimentões produzem frutos com altos teores de vitamina C, sendo ainda importantes fontes de vitamina A, vitaminas do complexo B₁ e B₂ e de minerais como cálcio, fósforo e ferro (Bosland, 1993).

O Brasil é considerado um dos maiores centros de diversidade de algumas espécies do gênero *Capsicum* (Moscone et al, 2007), e diversas pesquisas têm sido realizadas, sendo que grande parte delas são com a forma cultivada, pimentão (*Capsicum annuum* L), provavelmente devido à sua importância econômica e aos problemas que esta espécie apresenta, sendo as doenças, um dos principais e portanto o alvo da maioria dos programas de melhoramento (Azevedo et al, 2005; Blat et al, 2007).

O melhoramento genético é uma das alternativas para solucionar alguns problemas, principalmente aqueles referentes a doenças, através da utilização de espécies silvestres como reservatórios de genes para hibridação interespecífica (Hajjar e Hodgkin, 2007). Em um programa de melhoramento de uma espécie é importante que se conheça a herança dos caracteres envolvidos e a base genética dos genitores a serem utilizados (Peixoto et al, 2002).

A Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro possui uma coleção de germoplasma de *Capsicum* com aproximadamente 276 acessos, entre espécies domesticadas e semidomesticadas, procedentes de várias regiões do Brasil e de outros países. Pesquisas têm sido realizadas na UENF com objetivo de estimar a diversidade genética via descritores morfoagronômicos (Sudré et al, 2006; Bento et al, 2007; Costa et al, 2008); via marcadores moleculares (Costa et al, 2006; Souza, 2008); e resistência a doenças bacterianas e virais (Riva et al, 2007; Bento, 2008), além de estudos básicos como obtenção e avaliação de híbridos interespecíficos entre as espécies domesticadas de *Capsicum* (Campos, 2006) e análises citogenéticas (Martins, 2007; Monteiro, 2007; Souza, 2008).

O presente trabalho teve como objetivos estudar a herança das características morfo-agronômicas de flores e frutos (coloração da corola, coloração do estilete, coloração inicial dos frutos, posição dos frutos, pungência dos frutos), e fertilidade/esterilidade reprodutiva e estimar parâmetros genéticos (herdabilidade, ganho genético por seleção e grau médio de dominância) em

população segregante oriunda do cruzamento entre *Capsicum annuum* L var *glabriusculum* x *Capsicum baccatum* L var *pendulum*.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Origem e Aspectos Botânicos

O gênero *Capsicum* pertence à família Solanaceae e tem aproximadamente 31 espécies (Moscone et al, 2007). O gênero é constituído por táxons (espécies e suas variedades) domesticados, semidomesticados e silvestres (Bianchetti, 1996). Cinco espécies do gênero *Capsicum* são consideradas cultivadas: *C. annum*, *C. frutescens*, *C. chinense*, *C. baccatum*, e *C. pubescens*. Dentre essas, apenas *C. pubescens* não é cultivada no Brasil, (Casali, 1984).

De acordo com Hunziker (2001) citado por Moscone et al (2007), quatro centros de distribuição podem ser reconhecidos para *Capsicum*, sendo eles (1) a região compreendida pelo sul dos Estados Unidos da América e México até o oeste da América do Sul (Peru: 12 espécies), (2) região nordeste do Brasil e região costeira da Venezuela (1 espécie), (3) região costa leste do Brasil (10 espécies) e (4) região central da Bolívia e Paraguai ao norte e centro da Argentina (8 espécies); o maior número de espécies está concentrado no Brasil.

Moscone et al (2007) considerando as características cariológicas, a distribuição geográfica e a monofilia das espécies *Capsicum* existentes, hipotetizaram que primeiro surgiu um ancestral em uma região semi-árida sul-central da Bolívia, designada por área núcleo. Nesta área, o ancestral de *C. chacoense*, considerada a mais antiga das espécies do gênero, deve ter

primeiramente se diferenciado. Subseqüentes migrações acompanhadas de radiação e especiação podem ter conduzido a distribuição de *Capsicum* de acordo com McLeod et al (1982).

Moscone et al (2007) propõem que uma migração primária para as regiões semi-áridas do norte da Bolívia e oeste do Brasil originou *C. annuum*. Dessa região, *Capsicum* atingiu parte norte da América do Sul e principalmente a América Central e México, onde atualmente é encontrada a maior diversidade da espécie *C. annuum*. Movimentos posteriores para a Amazônia deram origem às outras espécies do Complexo *C. annuum*, *C. chinense* e *C. frutescens*. Segundo os autores, esta suposição é suportada pela presença de uma rede de rios na área núcleo seguindo até a Bacia Amazônia. Os ancestrais similares à *C. frutescens* deram origem a *C. parvifolium* que surgiu na região nordeste do Brasil. Posteriormente, *C. annuum* deu origem a endêmica *C. galapagoense*, bem como a *C. rhoboideum* na região noroeste da América do Sul. Após *C. rhoboideum* ter se espalhado na América Central, surgiu *C. lanceolatum*.

Uma segunda migração ocorreu para a região subtropical baixa do leste da Bolívia dando origem a *C. baccatum* e depois as espécies de flores púrpuras (*C. eximium*, *C. cardenasii*, *C. pubescens*, *C. tovarii*) diferenciadas nas regiões secas e de altitudes medianas do oeste andino. Em adição, outro ramo do ancestral similar a *C. baccatum* pode ter migrado para o leste e sul da área subtropical dando origem às espécies *C. praetermissum* e *C. flexuosum*, respectivamente. Finalmente, o ancestral similar a *C. flexuosum* pode ter migrado mais para o leste da região costeira da floresta tropical brasileira, estabelecendo ali o centro mais ativo de diversificação de espécies de *Capsicum* com $2n=26$ cromossomos, *C. campylopodium*, *C. cornutum*, *C. friburgense*, *C. mirabile*, *C. pereirae*, *C. recurvatum*, *C. schottianum*, e *C. villosum*.

Quanto à domesticação também há algumas teorias, mas Pickersgill (1971) baseada nas evidências arqueológicas e citológicas sugere que *C. annuum* foi cultivada pela primeira vez no México, enquanto que *C. chinense* e *C. frutescens*, as quais têm distribuição similar na América do Sul, foram domesticadas na bacia do Baixo Amazonas, área de maior diversidade dessas espécies (IBPGR, 1983). Na domesticação de *C. baccatum* existem relatos de que a domesticação tenha ocorrido no Peru, já que existem evidências que datam de 2500 a. C de que essa espécie era cultivada nesse país. Entretanto, as

variedades cultivadas dessa espécie (*C. baccatum* var *pendulum* e *C. baccatum* var. *umbiculatum*) devem ter sido domesticadas nas terras baixas subtropicais do sul da Bolívia, enquanto a espécie silvestre *C. baccatum* var *baccatum* tem sua distribuição principalmente nos Andes, sendo a Bolívia considerada o centro primário de diversidade (McLeod et al., 1982; Eshbaugh, 1993). *C. pubescens* tem como região de domesticação uma região subtropical da Bolívia, já que é nesta região que são encontrados espécies relacionadas e plantas com frutos pequenos (McLeod et al., 1982; Eshbaugh, 1993). Moscone et al (2007) sugerem com base em afinidades cariológicas entre as espécies do grupo de flores púrpuras que a região compreendida entre o sul do Peru e norte da Bolívia a qual inclui as espécies *C. tovarii* e *C. cardenasii*, deve ser o local mais provável de domesticação dessas espécies.

Capsicum annuum L é a espécie mais cultivada e talvez a que apresente a maior variabilidade no gênero, possuindo as formas botânicas *Capsicum* L *annuum* var *annuum* (pimentão e pimentas) e *Capsicum annuum* L var *glabriusculum* (pimenta ornamental). A espécie *Capsicum annuum* L var *annuum* tem como características flores solitárias, corola branca, anteras azuis, ausência de manchas na corola e de constrição anular na junção do cálice com o pedicelo, enquanto a espécie *C. annuum* L var *glabriusculum* possui corola sem a presença de manchas, brancas com borda roxa ou totalmente arroxeadas, além de anteras roxas (Viñals et al. 1996). A espécie *C. frutescens* L caracteriza-se por ter duas a cinco flores em cada nó, corola branco-esverdeado, anteras variando de azul a roxo, frutos pungentes e cálice do fruto maduro, sem constrição anular na junção com pedicelo (Viñals et al,1996). A espécie *C. chinense* Jacq possui frutos pendentes de diversos tamanhos e uma constrição anular na junção do cálice com o pedicelo (Eshbaugh, 1993).

A espécie *Capsicum baccatum* L possui as formas botânicas *C. baccatum* L var *pendulum* e *C. baccatum* L var *baccatum*, sendo a primeira cultivada e a segunda silvestre. *C. baccatum* L var *pendulum* possui corola branca com manchas amareladas e uma única flor por nó, e *C. baccatum* L var *baccatum* possui manchas esverdeadas e duas a cinco flores por nó, é altamente ramificada e a cor da corola é paleácea ou branca esverdeada. *Capsicum pubescens* é uma espécie típica de terras altas, relativamente tolerante ao frio, podendo, contudo ocorrer em altitudes baixas. Possui flores isoladas a cada nó, de corola roxa e,

ocasionalmente, com zonas brancas, anteras roxas, frutos com formato de maçã e sementes pretas (Bosland, 1996).

2.1.1. Aspectos botânicos de *Capsicum annuum* e *Capsicum baccatum*

O pimentão e as pimentas são classificados como Angiosperma, Dicotiledônea, divisão Spermatophyta, ordem Solanales, família Solanaceae (Vinãs et al, 1996). As espécies representantes do gênero *Capsicum* (pimentas e pimentões) possuem flores hermafroditas, sendo consideradas plantas autógamas por terem mais de 95% de autopolinização. As espécies domesticadas têm características botânicas que permitem diferenciá-las por apresentarem variação na coloração da flor e da corola, número de flores por nó, posição e formato dos frutos (Pickersgill, 1997).

Capsicum annuum é a espécie mais cultivada e economicamente importante do gênero, sendo considerada a espécie domesticada mais conhecida no mundo (Eshbaugh, 1993). Pertencem a essa espécie as variedades mais comuns do gênero *Capsicum*, como pimentões, pimentas doces para páprica e alguns poucos cultivares ornamentais. A espécie *Capsicum annuum* tem como centro de origem o México, mas formas cultivadas parecem ter alcançado a América do Sul depois das conquistas espanholas (Pickersgill, 1991). Botanicamente possui duas formas *Capsicum* L *annuum* var *annuum* e *Capsicum annuum* L var *glabriusculum*. A espécie *Capsicum annuum* L var *annuum* possui flores solitárias, corola de cor branca leitosa, sem manchas difusas na base das pétalas e antera azul, enquanto a espécie *C. annuum* L var *glabriusculum* possui corola ausente de manchas, brancas com borda roxa ou totalmente arroxeadas, além de anteras roxas.

Capsicum baccatum é comumente cultivada na América do Sul onde também é chamada de “aji” (Bosland, 1996). Cultivares desse grupo de pimentas, que são considerados doces, também incluem as mais comuns pimentas picantes (tanto frescas quanto secas) dos países andinos (Pickersgill, 1997). Botanicamente a espécie *Capsicum baccatum* possui duas variedades: *C.*

baccatum var *pendulum* que possui corola branca com manchas amareladas e uma única flor por nó (Vinãls et al., 1996), e a *C. baccatum* var *baccatum* que se diferencia da primeira por possuir manchas esverdeadas nas corolas e de duas a três flores por nó, sendo as únicas diferenças entre essas variedades (IBPGR,1983).

2.2. Aspectos citogenéticos

Das 31 espécies do gênero, 23 já tiveram o seu cariótipo determinado, sendo um grupo com $2n=2x=24$ cromossomos (13 espécies) e um outro grupo com $2n=2x=26$ cromossomos (10 espécies) (Pozzobon et al, 2006; Pozzobon e Schifino-Wittmann, 2006; Moscone et al, 2007). As espécies do primeiro grupo têm cariótipos simétricos com 11 pares de cromossomos metacêntricos e 1 par subteloentrico (submetacêntrico), enquanto o segundo grupo apresenta cariótipo assimétrico prevalecendo cromossomos do tipo submetacêntricos e telocêntricos. *C. chacoense* parece ser o taxon mais antigo (primitivo) enquanto as espécies brasileiras com $2n=26$ parecem ser as mais recentes (avançadas) espécies do gênero especialmente *C. campylopodium* (Moscone et al., 2007).

Segundo Martins (2007), a análise meiótica confirmou tanto o número de cromossomos como o nível de ploidia da espécie *C. annuum* L, $2n=2x=24$ cromossomos. Porém, observou-se que a meiose não é sincronizada no interior de uma flor, já que em uma mesma lâmina foram observadas diferentes fases da meiose, como metáfase I, anáfase I e II. Apesar de terem sido observadas algumas anormalidades meióticas, as mesmas não foram suficientes para comprometer a fertilidade da espécie. Assim sendo, os acessos da espécie *C. annuum* L apresentaram uma viabilidade polínica alta, acima de 90%, caracterizando essas plantas como potencialmente férteis. Entretanto, os acessos, com exceção do UENF 1562 (*C. annuum* L var *annuum* – pimentão), apresentaram índices meióticos abaixo de 90%, o que geralmente dificulta a utilização em cruzamentos interespecíficos, pois os mesmos não são considerados estáveis geneticamente.

Normalmente uma alta porcentagem de grãos de pólen viáveis é esperada como resultado de um alto percentual de tétrades normais, as quais refletem diretamente um processo meiótico regular. A literatura relata vários estudos envolvendo a viabilidade dos grãos de pólen como fator importante para a continuidade de um programa de melhoramento (Gulyas et al, 2006; Pozzobon e Schifino-Wittmann, 2006; Yoon et al, 2006).

2.3. Melhoramento genético em *Capsicum*

O melhoramento de plantas é uma ciência que vem contribuindo expressivamente com o incremento qualitativo e quantitativo de alimentos, tendo como objetivo o desenvolvimento de novas cultivares com maior potencial de rendimento, qualidade industrial e nutricional, resistência a doenças, adaptabilidade e estabilidade em diferentes regiões geográficas, dentre outros (Floss, 2003).

Lins et al. (2001) consideram que o cultivo da pimenta e pimentão no Brasil é extenso e demanda variedades mais produtivas e resistentes a doenças e estresses ambientais, e que produzam frutos de diferentes tamanhos, cores e sabores. Segundo os autores os programas de melhoramento visam atender a essas demandas com base em dados de variabilidade genética obtidas em estudos de caracterização morfológica e molecular de acessos cultivados e silvestres de pimenta.

Segundo Wagner (2003), os programas de melhoramento têm explorado a diversidade genética de *Capsicum*, principalmente das espécies *C. annuum* L, *C. chinense* Jacq, *C. baccatum* L e *C. frutescens* L. Dentre as cultivares desenvolvidas para o mercado estão os híbridos, linhagens e populações de polinização aberta. As características principais, alvo dos programas de melhoramento são: resistência a doenças e algumas características dos frutos (coloração, sabor, aroma, formato e espessura da polpa). As plantas, em geral, estão sujeitas a um variado número de doenças que são observadas tanto em cultivo protegido como em campo aberto, como as viroses, a murcha de fitóftora, a antracnose, o oídio, a murcha bacteriana (Azevedo et al, 2005) e a mancha

bacteriana, uma das mais importantes (Jones et al, 2000). A obtenção de variedades resistentes ao vírus do mosaico amarelo (PepYMV) é considerada também como uma das prioridades do melhoramento de pimentão (Ávila et al., 2004), juntamente com a murcha do pimentão, causada pelo fungo *Phytophthora capsici* Leonian, constituindo-se na principal doença fúngica da cultura, no Brasil, sendo destrutiva à maioria das cultivares e híbridos disponíveis (Ribeiro et al, 2002, Valle et al, 2002).

Os principais métodos de seleção utilizados para obtenção de variedades superiores em espécies autógamas são: Genealógico, *Single Seed Descent* (SSD) e *Bulk*, como forma de condução dos genótipos segregantes após processo de hibridação (Riva et al, 2007; Wagner, 2003). A utilização de híbridos em várias espécies vegetais tem contribuído para o sucesso dos programas de melhoramento, com incremento substancial na produtividade. Em *Capsicum*, cuja maioria das espécies é autógama, os híbridos são obtidos por emasculação e polinização manual ou utilização de linhagens com macho esterilidade genética-citoplasmática (Nascimento et al, 2004). A macho esterilidade pode ser genética (genes nucleares), citoplasmática (genes mitocondriais) e genético-citoplasmática que envolve genes mitocondriais que causam a macho esterilidade e genes nucleares restauradores da fertilidade (Corrêa et al, 2007).

Os programas de melhoramento genético de *Capsicum* no País têm trabalhado no sentido de coletar e caracterizar a variabilidade genética das espécies. São eles: Embrapa Hortaliças (Carvalho et al, 2003; Nascimento Filho et al, 2007; Vilela et al, 2008); Universidade Federal de Viçosa (Pereira et al, 2008; Rêgo et al, 2003; Segatto, 2007; Vidigal, 2008); Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro (Costa et al, 2006; Riva et al, 2007; Souza, 2008; Sudré et al, 2006); Universidade Federal de Lavras (Caixeta, 2009; Gomide et al, 2003; Nascimento et al, 2004; Peixoto et al, 1999; Peixoto et al, 1996; Sousa e Maluf, 2003; Souza-Sobrinho et al, 2002; Sousa e Maluf, 2000); Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz-ESALQ/USP (Blat et al, 2006; Blat et al, 2007; Pereira, 2005; Wagner, 2003). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal-UNESP (Luz, 2007); Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu (Dias, 2004; Leonardo, 2003; Nozaki, 2007; Tonin, 2005).

2.3.1. Melhoramento genético de *Capsicum* na UENF

A Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro (UENF) possui uma coleção com aproximadamente 276 acessos representantes de espécies domesticadas e semidomesticadas. Essa coleção tem sido objeto de estudo por pesquisadores visando conhecer melhor a variabilidade genética da coleção.

Sudré et al (2006), analisaram a divergência genética entre 59 acessos da coleção de germoplasma de *Capsicum* spp da UENF utilizando 13 variáveis multicategóricas propostas pelo International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI) e observaram diferença significativa entre os acessos, sendo possível separá-los em oito grupos pelo método de Otimização de Tocher. O método do vizinho mais próximo resultou na formação de 16 grupos distintos, indicando a existência de variabilidade genética entre os acessos. Os autores observaram que os acessos estudados têm potencial para serem utilizados como genitores em programas de melhoramento genético. Costa et al (2006), avaliando via marcadores RAPD, 70 acessos da coleção de germoplasma de *Capsicum* da UENF verificaram expressiva diversidade genética entre e dentro das espécies, sendo concordantes com a classificação botânica e a caracterização morfoagronômica dessas espécies.

Bento et al (2007), analisaram a divergência fenotípica entre 29 acessos de *Capsicum* spp com base em 37 descritores morfoagronômicos (15 quantitativos e 22 qualitativos) através de técnicas de análise multivariada, como: componentes principais, análise de agrupamento e variáveis multicategóricas. Houve divergência fenotípica entre os acessos utilizados no estudo, demonstrando potencial para utilização em programas de melhoramento. As características que mais contribuíram para a divergência entre os acessos foram o número de frutos/planta, número de sementes/fruto, diâmetro da copa e o comprimento da folha. Os métodos de agrupamento de Tocher e do vizinho mais próximo foram parcialmente concordantes, havendo formação de dois grupos. Segundo os autores, a análise por meio de variáveis multicategóricas mostrou-se eficiente no agrupamento dos acessos, podendo ser utilizada na quantificação da

divergência fenotípica, auxiliando o manejo do banco de germoplasma e na seleção de acessos para programas de melhoramento genético.

Costa et al (2008) utilizaram marcadores RAPD e caracteres morfoagronômicos para estimar a divergência genética entre 52 acessos de *Capsicum* spp. Foram geradas 57 variáveis binárias pela caracterização morfoagronômica e 84 bandas polimórficas obtidas a partir da análise por marcadores RAPD, as quais foram analisadas separadamente e em conjunto. Houve a formação de dois grupos principais, tanto na análise morfoagronômica e molecular separadamente, quanto na análise conjunta dos dados. O agrupamento dos acessos pela análise conjunta foi concordante com o agrupamento verificado pela análise molecular, constituindo em um grupo formado por acessos de *C. baccatum* L e outro grupo formado pelos acessos de *C. chinense* Jacq, *C. frutescens* L e *C. annuum* L. Os resultados foram concordantes com a classificação de *Capsicum* spp em complexos gênicos. Segundo os autores, a associação dos métodos permitiu uma melhor distinção entre os acessos, e permite identificar possíveis duplicatas na coleção.

Costa et al (2002) avaliaram a resistência a mancha bacteriana em híbridos F₁ de cruzamentos dialélicos entre cinco genótipos de pimentão, sendo três susceptíveis (UENF 1420, UENF 1421, UENF 1422) e dois resistentes (UENF 1381, UENF 1382), e constataram a presença de efeitos aditivos no controle genético da doença.

Moreira et al (2009) estimaram os efeitos do tipo de manejo sob o desempenho agrônomo de 12 linhas endogâmicas recombinadas (F₇) de pimenta (*Capsicum annuum* L), oriundas do cruzamento entre genótipo de pimentão suscetível à mancha-bacteriana (UENF 1421) e um genótipo de pimenta resistente (UENF 1381). O experimento foi conduzido em dois ambientes, sendo um deles em condições de campo e o outro em sistema orgânico e cultivo protegido. A interação genótipo x ambiente foi significativa para o número, o peso total e médio de frutos, além do diâmetro do fruto e da relação comprimento/diâmetro. De acordo com os autores, o cultivo protegido e orgânico propiciou melhores médias para todas as características estudadas (número total de frutos, peso total de frutos, peso médio dos frutos, comprimento dos frutos, diâmetro dos frutos, relação comprimento/diâmetro do fruto), e obtiveram coeficientes de variação que variaram entre 8,49% para diâmetro de fruto e

20,80% para peso total de fruto. Os maiores coeficientes de determinação genotípica encontrados foram: 96,40; 93,55 e 92,32% para o peso médio de frutos, diâmetro dos frutos e relação comprimento/diâmetro de fruto, respectivamente. O índice de variação para as características estudadas foi superior ao da unidade.

2.4. Hibridação interespecífica e viabilidade dos híbridos

A hibridação interespecífica é uma ferramenta muito importante para os programas de melhoramento genético, pois permite a combinação do potencial genético das espécies. É usada com o objetivo de transferir genes, principalmente de resistência a pragas e doenças, de uma espécie silvestre para a forma cultivada, complementando dessa maneira as características comerciais da forma cultivada, com um ou mais fatores desejáveis provenientes do material silvestre (Hajjar e Hodgkin, 2007).

Na hibridação interespecífica a transferência de genes na maioria das vezes é limitada por barreiras de pré e pós-fertilização. As barreiras de pré-fertilização podem resultar na falta de germinação dos grãos de pólen e no retardamento ou inibição do crescimento do tubo polínico. Após a fertilização, as principais barreiras são a morte do embrião devido à degeneração do endosperma e à esterilidade total ou parcial das plantas híbridas (Prestes e Goulart, 1995). Na maioria dos cruzamentos interespecíficos são produzidas sementes inviáveis como resultados de falha na formação do endosperma (Jansky, 2006). Pickersgill (1991) afirma que após a fertilização, o aborto do embrião é um fenômeno comum em cruzamentos interespecíficos em *Capsicum*.

Segundo Yoon et al (2006), a hibridação interespecífica é uma ferramenta essencial para introgridir genes de resistência da espécie de *Capsicum baccatum*, as espécies relacionadas de pimenta cultivada (*Capsicum annuum* L), desde que recursos genéticos para resistência a antracnose tenham sido identificados no banco de germoplasma de *C. baccatum* L. Os autores observaram que o aborto de embrião foi o primeiro fator responsável para incompatibilidade interespecífica entre *C. annuum* L. e *C. baccatum* L, e que o

aborto foi observado para o estágio de embrião globular, ocorrendo 15 dias após a polinização.

Harlan e De Wet (1971) estabeleceram um sistema conhecido como complexo gênico que organiza os vários tipos de germoplasma sob a visão do melhorista. Os autores propuseram três categorias de complexo gênico com base na facilidade de cruzamento entre as espécies e na fertilidade do híbrido: 1- complexo gênico primário, no qual as espécies podem ser cruzadas facilmente resultando em híbridos com alta fertilidade, e conseqüentemente, assegurando a transferência do gene. Os limites do complexo gênico primário são considerados congruentes com os limites de uma espécie biológica; 2- complexo gênico secundário, onde o cruzamento e transferência gênica são mais difíceis de serem conseguidos, requerendo técnicas mais elaboradas. Os híbridos entre elementos do complexo gênico secundário e a espécie cultivada são de algum modo debilitados ou estéreis; 3- complexo gênico terciário, no qual há grandes dificuldades na realização dos cruzamentos e o híbrido resultante é estéril ou inviável.

De acordo com Choong (1998) existe a formação de três grandes grupos entre as espécies de *Capsicum*, onde *C. annuum* L, *C. chinense* Jacq, *C. frutescens* L formam o complexo *annuum*. *C. baccatum* L e *C. pratermissum* formam o Complexo *baccatum*, e as espécies *C. eximium*, *C. cardenasii* e *C. pubescens* formam o complexo *pubescens*. Esses complexos foram formados de acordo com a estrutura dos cromossomos, bandeamento, padrão isoenzimático e polimorfismo de DNA cloroplastídico.

Diversos trabalhos têm sido realizados com ênfase na hibridação entre espécies de *Capsicum*. Bapa Rao et al (1992) realizaram 135 cruzamentos, sendo que quatro combinações híbridas foram obtidas entre *C. baccatum* L e *C. frutescens* L. Os resultados revelaram que híbridos entre as espécies foram obtidos em apenas uma direção, quando a espécie *C. baccatum* L foi utilizada como genitor feminino.

Monteiro (2007) analisando a viabilidade polínica em híbridos F₁ obtidos entre espécies domesticadas de *Capsicum* observou que a viabilidade polínica dos acessos de um modo geral foi alta (91,16%), com exceção da viabilidade polínica do acesso representante da espécie *C. pubescens*, com média de 27%. Os híbridos obtidos entre as espécies *C. chinense* Jacq e *C. frutescens* L

apresentaram uma viabilidade polínica alta, em torno de 94%, confirmando que essas duas espécies pertencem ao mesmo complexo gênico, pois são intercompatíveis e produzem híbridos férteis, enquanto que combinações híbridas envolvendo *C. baccatum* L var *pendulum* (UENF 1500) x *C. annuum* L var *glabriusculum* (UENF 1576), *C. frutescens* L x *C. baccatum* L var *pendulum* e *C. frutescens* L x *C. annuum* L var *glabriusculum* apresentaram viabilidade polínica muito baixa, inferior a 50%. Ribeiro e Melo (2003), em seus estudos sobre a hibridação interespecífica entre *C. annuum* L e *C. chinense* Jacq, visando à resistência a *Phytophthora capsici*, obtiveram híbridos viáveis em ambas as direções do cruzamento.

Campos (2006) trabalhando com espécies domesticadas de *Capsicum* obteve híbridos interespecíficos, e observou que sementes híbridas viáveis são restritas a cruzamentos entre determinados acessos, e verificou que as combinações mais promissoras para produção de frutos com sementes viáveis foram obtidas entre os acessos de *C. chinense* Jacq x *C. annuum* L (UENF 1555 x UENF 1503), *C. baccatum* L x *C. annuum* L (UENF1489 x UENF1569; UENF1495 x UENF1575; UENF1584 x UENF1562; UENF1500 x UENF1576 e UENF1496 x UENF1562) e *C. chinense* Jacq x *C. frutescens* L (UENF1585 x UENF1557). Entretanto, os cruzamentos entre as espécies, *C. baccatum* L x *C. chinense* Jacq (UENF1500 x UENF1585; UENF1573 x UENF1555) e *C. frutescens* L x *C. baccatum* L (UENF1560 x UENF1500; UENF1561 x UENF1494) resultaram em plantas com frutos deformados e com menor número de sementes viáveis.

Lanteri e Pickersgill (1993) estudaram a meiose de híbridos F₁ entre *C. annuum* L e *C. chinense* Jacq e observaram que os acessos parentais diferiam em duas permutas cromossômicas. Os autores concluíram que permutas heterozigóticas, resultando freqüentemente em múltiplos de seis ou mais cromossomos são característica de híbridos interespecíficos em *Capsicum*. Observaram também que na meiose de híbridos F₁ entre *C. chinense* Jacq e *C. annuum* L houve uma associação hexavalente que estava presente em 18% das amostras coletadas na primavera e verão. Segundo Marutani et al. (1993), a irregularidade dos movimentos cromossômicos conduz à formação de tétrades com micronúcleos, devido ao retardamento de cromossomos na anáfase II.

Híbridos interespecíficos podem demonstrar várias anormalidades em seu desenvolvimento devido a incompatibilidades entre os genomas parentais (Komeda et al, 2007). Após a fertilização interespecífica, é comum a ocorrência de eliminação cromossômica, pois os diferentes genomas parentais são reorganizados dentro do núcleo. Essa nova constituição genômica pode resultar em conflitos intergenômicos, conduzindo a rearranjos genéticos (Riddle e Birchler, 2003). Diversos híbridos apresentam cariótipos instáveis. Cromossomos uniparental paterno, em quase todos os casos examinados, são eliminados completamente ou parcialmente no núcleo dos híbridos. Esse fenômeno é conhecido como eliminação cromossômica (Komeda et al, 2007). A eliminação cromossômica tem sido observada em vários híbridos interespecíficos (Sakai et al, 2007; Cheng et al, 2002; Bonato et al, 2006; Gernand et al, 2005).

Vários mecanismos de eliminação cromossômica têm sido descritos, incluindo fragmentação dos cromossomos, formação de micronúcleos, degradação da cromatina, não orientação dos cromossomos na metáfase e cromossomos atrasados na anáfase (Singh, 2002). Komeda et al. (2007), trabalhando com hibridação entre trigo e *Imperata cylindrica* observaram a eliminação de cromossomos de *Imperata cylindrica* no híbrido devido a falhas na divisão mitótica. Os cromossomos de *I. cylindrica* não se orientaram na placa equatorial na metáfase. Cromátides-irmãs foram separadas, mas não migraram para os pólos na anáfase. Os autores observaram os cromossomos de *I. cylindrica* no núcleo dos zigotos. É provável que os cromossomos sejam eliminados muito rapidamente do núcleo, em um ciclo de divisão. Estas observações sugerem que os cinetócoros de *I. cylindrica* não funcionam completamente. Eliminação cromossômica pode ocorrer devido à falta de atividade do cinetócoro, e conseqüentemente as fibras do fuso não se prendem aos cromossomos, não ocorrendo a migração dos mesmos.

2.5. Herança genética dos caracteres

2.5.1. Caracteres da flor

Uma das características que diferencia as espécies do gênero *Capsicum* spp é a cor da corola e a presença de manchas amareladas na base da corola. *Capsicum baccatum* L apresenta flores pentâmeras com corola branca e manchas amareladas na base da corola, e anteras amarelas. *C. annuum* L, *C. frutescens* L e *C. chinense* Jacq apresentam flores com corola branca sem a mancha e anteras azuladas; *C. annuum* L var *glabriusculum* apresenta flores púrpuras e brancas com bordas púrpuras. *C. pubescens* apresenta flores púrpuras e sementes de cor preta (Bosland, 1996).

Belletti et al (1998) correlacionaram a cor da flor com o conteúdo de DNA e observaram que o conteúdo 2C de DNA para espécies de flores brancas variou de 7,65 a 8,43 pg, com exceção de *C. praetermissum*, que apresentou um conteúdo 2C de 9,13 pg. Entretanto, as espécies *C. tovarii* (7,93 pg) e *C. eximium* (8,70 pg) que apresentam flores púrpuras, apresentaram um conteúdo de DNA muito similar ao das espécies de flores brancas. Não houve diferença significativa entre acessos da mesma espécie; contudo, as espécies pertencentes ao complexo *C. annuum* tiveram conteúdos de DNA bem similares, enquanto que, nos complexos *C. baccatum* e *C. pubescens*, foram obtidas diferenças significativas no conteúdo de DNA.

Antocianinas são compostos flavonóides responsáveis pela mudança na coloração em uma variedade de tecidos das plantas (frutos, flores, caule e folhas). Em pimentão (*Capsicum annuum* L), alguns genótipos têm a coloração roxa do fruto imaturo, flores e folhas, e a distribuição da antocianina nos tecidos varia entre genótipos, bem como no filete e anteras, havendo tanto variação qualitativa (presença/ausência) quanto quantitativa (intensidade da coloração roxa) entre os genótipos (Chaim et al, 2003). A síntese de antocianina é controlada incompletamente pelo gene A dominante (Daskalov e Poulos, 1994) citado por Chaim et al, (2003). Chaim et al, (2003) mapearam o gene A no cromossomo 10 em uma população F₂ entre *C. annuum* L e *Capsicum chinense* L.

Egawa e Tanaka (1986) ao cruzarem *C. annuum* var *minimum* (corola branca e anteras azul-arroxeadas versus *C. baccatum* var *baccatum* (corola branca com mancha amarelada e antera amarela), ambas consideradas silvestres, observaram que a geração F₁ apresentou flores brancas com a presença da mancha amarela na base da corola, característica típica de *C. baccatum* e anteras azuladas/arroxeadas característica típica de *C. annuum*.

Em cruzamentos envolvendo *C. baccatum* var *pendulum* (corola branca com mancha amarelada) versus *C. frutescens* (corola paleácea) a geração F₁ apresentou flores de corola branca e com mancha amarelada. Das 14 progênes F₂ que atingiram a fase de planta adulta, seis se assemelhavam a *C. baccatum* e quatro a *C. frutescens* para as características morfológicas. Quanto à presença da mancha na base da corola foi observado uma segregação de 10 plantas com a mancha e 4 sem a mancha e as duas plantas oriundas do RC₁ com *C. frutescens*, a segregação para a mancha na corola foi de 1: 1 (Bapa Rao et al 1992).

Ônus e Pickersgill (2000) com o objetivo de estudar as razões da distorção de segregação para incompatibilidade unilateral e algumas características morfológicas das flores e dos frutos obtiveram combinações híbridas entre *C. baccatum* (corola branca com manchas amarelo/esverdeadas) com *C. cardenasii* e com *C. eximium* ambas de flor com corola roxa e sem manchas na base da corola. A geração F₁ em ambas as combinações apresentaram flores com coloração roxa, porém em menor intensidade quando comparada com a intensidade das plantas genitoras (*C. cardenasii* e *C. eximium*) e com manchas na base da corola sugerindo que a presença da mancha na base da corola é determinada por um gene dominante. As plantas da primeira geração de retrocruzamento (*C. baccatum* x F₁) segregaram para flores roxas e brancas, porém com uma distorção da proporção esperada 1:1 e com uma segregação de 3 brancas: 1 púrpura. De acordo com os autores a distorção da segregação para esses marcadores pode ser devido à competição dos grãos de pólen no tubo polínico, e a seleção, favorecendo o genoma de *C. baccatum*, após a fertilização e durante o desenvolvimento do embrião.

Visando a introgressão de genes de resistência à antracnose de *C. baccatum* para *C. annuum* foi obtida progênie F₁, que apresentou esterilidade polínica elevada, e plantas obtidas na primeira geração de retrocruzamento de (*C. baccatum* x *C. annuum*) x *C. annuum*. As plantas da geração F₁ apresentaram flor com corola branca e com mancha amarelo-amarronzada na base da corola e das 253 plantas da geração RC₁, 186 apresentaram a mancha na base da corola e 67 não apresentaram. Esses resultados sugerem que a presença da mancha amarronzada, característica de *C. baccatum* é determinada por dois genes dominantes independentes. Os autores relataram que a intensidade da mancha na base da corola nas plantas híbridas foi decrescente e com diferentes

intensidades entre as plantas RC₁, sugerindo a existência de genes modificadores associados a esta característica (Yoon et al, 2006).

2.5.2. Caracteres do fruto

2.5.2.1. Cor do fruto

Popovsky e Paran (2000), a coloração vermelha dos frutos maduros em *Capsicum* é determinada pela presença dos pigmentos carotenóides, capsantina e capsorubina, sintetizadas pela enzima capsantina-capsorubina sintase. Estudos clássicos determinaram que a cor vermelha dos frutos maduros é dominante sobre a cor amarela e é controlada por um único gene, denominado *y*. A relação do locus *y* com o gene que codifica para capsantina-capsorubina sintase (*CCS*) foi estudada e verificou-se que existe correspondência entre os dois genes, sendo que há uma deleção em *CCS* em plantas com o alelo recessivo *y*. Em cruzamento entre plantas com frutos vermelhos e plantas com frutos brancos, progênies com frutos vermelhos possuíam o alelo sem deleção no locus *CCS*, enquanto progênies apresentando frutos com coloração laranja, amarela e branca possuíam o alelo com deleção. Segundo os autores, houve efeito do *background* genético na segregação para cor do fruto e existem evidências para a ocorrência de múltiplos genótipos para a cor laranja dos frutos em pimentão.

A variação da cor do fruto em tomate e pimentão é controlada por mutações nas enzimas da linha metabólica biossintética dos carotenóides. Essas mutações geram fenótipos distintos que facilitam a identificação dos genes. A cor vermelha dos tomates e pimentões em frutos maduros resulta do acúmulo de pigmentos carotenóides; frutos verdes não maduros contêm pigmentos clorofílicos e carotenóides tais como luteína, betacaroteno e violachatina que estão presentes também nas folhas. No amadurecimento do fruto os cloroplastos são convertidos em cromoplastos dando a cor vermelha aos frutos maduros. A cor vermelha dos frutos de pimentão resulta do acúmulo de xantofilas, capsantinas e capsorubina (Paran e Knaap, 2007).

Lefebvre et al, (1998) relatam que a coloração amarela do fruto é um caráter recessivo ao vermelho, e é controlado pelo loco *Y*. Lightbourn et al, (2008)

trabalhando com dois genótipos de *C. annuum* L, (G05C69-12-fruto de coloração preta e G05C74-12-fruto de cor violeta) observaram que a coloração de frutos está associada à concentração de pigmentos carotenóides e antocianinas presentes nos tecidos, e observaram que a diferença entre a coloração violeta e preta do fruto imaturo de pimentão foi devida à concentração de clorofila e carotenóide.

2.5.2.2. Pungência

Os genótipos de *Capsicum* se dividem em dois grupos de acordo com a pungência: pungentes (pimentas) e não pungentes ou doces (pimentões). A pungência é um atributo muito importante na qualidade do fruto e é resultante da síntese de alcalóides, metabólitos secundários, presentes na placenta dos frutos. A biossíntese de capsaicinóides está restrita ao gênero *Capsicum*, sendo controlada pelo loco *Pun1*, conhecido anteriormente como loco *C* (Stewart et al, 2007). É um gene dominante requerido para produção de capsaicinóides em genótipos pungentes de *Capsicum* ssp.

Biossíntese de capsaicina envolve a condensação de vanilamina e ácido 8-metil nonenóico, produzida pela enzima capsaicina sintase (CS). A atividade de CS está correlacionada com níveis de capsaicina em genótipos-específicos. Estudos de imunolocalização confirmaram que CS está especificamente localizada no tecido da placenta de frutos de *Capsicum*. Análise de Western blot revelou o acúmulo concomitante de níveis de CS e capsaicina durante desenvolvimento dos frutos (Prasad et al, 2006).

Segundo Chaim et al. (2006), as cultivares de pimenta diferem entre si quanto ao nível de pungência, por causa da variação quantitativa e qualitativa do conteúdo de capsaicinóides. A segregação de três capsaicinóides: capsaicina, dihidrocapsaicina e nordihidrocapsaicina foram observadas em um cruzamento interespecífico entre *Capsicum annuum* L (ligeiramente pungente) e um acesso silvestre de *Capsicum frutescens* L (pungente). Famílias F₃ foram analisadas e um mapa molecular denso foi construído com loci definidos por marcadores microssatélites. Seis QTLs controlando o conteúdo de capsaicinóides foram detectados em três cromossomos. A principal contribuição para a variação

fenotípica do conteúdo de capsaicinóides (24–42% da variação total) foi atribuído a uma interação digênica entre o QTL, cap 7.1, e um marcador localizado no cromossomo 2. Um segundo QTL, cap 7.2, foi identificado como tendo influência no conteúdo de capsaicinóides.

Segundo Wagner (2003), utilizando análise quantitativa para determinação da pungência em dois genótipos contrastantes de *C. annuum* L., identificou vários níveis de pungência na geração F_1 e uma distribuição bimodal nas progênes F_2 e retrocruzamento (RC), sendo que um gene de efeito maior determinaria a pungência e um complexo poligênico regularia os níveis de expressão desta característica. A ocorrência de segregação transgressiva na geração F_4 é um indício da presença de mais de um gene controlando a expressão da pungência, e levando em conta a contribuição dos alelos do genitor masculino e feminino a autora relata que há um forte indício da existência de genes de pungência no genótipo doce.

Derera (2000) observou que a utilização de um método simples, qualitativo é suficiente para identificar a presença de capsaicina. Em sua pesquisa com *Capsicum*, utilizando tecidos da placenta dos frutos em solução de vanadato de amônio (1g de vanadato em 100mL de H_2O) e ácido clorídrico (15mL) o autor relatou que esse teste é eficiente na análise da presença ou ausência de capsaicina.

2.6. Parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos têm grande importância em programas de melhoramento genético, pois possibilitam a tomada de decisões relacionadas com a escolha do método apropriado, os caracteres que devem ser selecionados em etapas iniciais e avançadas em um programa de melhoramento e também ao peso que se deve atribuir a cada caráter, separadamente ou em conjunto (Silveira, 2007).

A herdabilidade refere-se à proporção da variação fenotípica que pode ser herdada, sendo importante o conhecimento de quanto da variação fenotípica é atribuída à variação genotípica que influenciará a próxima geração. Pode ser

estimada no sentido amplo e restrito, sendo que no sentido amplo, a herdabilidade é definida como a razão da variância genotípica pela variância fenotípica, enquanto que, no sentido restrito, a razão da variância genética aditiva pela variância fenotípica (Falconer e Mackay, 1996).

A possibilidade de prever ganhos é considerada uma das maiores contribuições da genética quantitativa para o melhoramento. Quando diferentes critérios de seleção são considerados, a predição de ganhos referentes a cada critério tem grande importância, pois orienta os melhoristas sobre como utilizar o material genético disponível da melhor maneira possível, visando à obtenção de ganhos máximos para as características de interesse (Paula et al, 2002).

A correlação é uma medida da intensidade de associação entre duas variáveis, ou uma medida do grau de variação conjunta de duas variáveis, podendo ser positiva ou negativa. A estimativa dos coeficientes de correlação permite ao melhorista conhecer as mudanças que ocorrem em um caráter quando se realiza a seleção em outro caráter a ele correlacionado (Ramalho et al, 1993). Ela pode ser fenotípica, genotípica e ambiental. A correlação fenotípica pode ser mensurada diretamente, a partir de dois caracteres, em certo número de indivíduos de uma população. Essa correlação tem causas genéticas e ambientais, porém, só a genética envolve uma associação de natureza herdável, podendo esta ser utilizada em programas de melhoramento. As correlações genéticas e ambientais para um mesmo caráter são freqüentemente muito diferentes em magnitude e eventualmente diferentes de sinal. Isto indica que as causas da variação genética e de ambiente afetam os caracteres por meio de mecanismos fisiológicos diferentes (Falconer e Mackay, 1996).

Sousa e Maluf (2003) avaliaram a heterose e seus componentes em híbridos F_1 oriundos do cruzamento dialélico de pimentas pungentes, da espécie *C. chinense*, e o modo de interação alélica entre os genitores envolvidos no cruzamento. Foram avaliadas as características: produção total, relação comprimento/diâmetro de fruto, matéria seca de frutos por planta, incidência de *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*, rendimento de capsaicina por planta e número de sementes por fruto. Verificou-se a predominância de efeitos gênicos não aditivos para todas as características avaliadas. Segundo os autores, houve efeito epistático para as características: matéria seca de frutos por planta, rendimento de capsaicina por planta e número de sementes por fruto. Para as

demais características, onde não se detectou ação gênica epistática, a heterose se explica pela ação gênica do tipo dominância (dominância incompleta à provável sobredominância). Houve evidência de dominância incompleta para a característica comprimento/diâmetro de fruto; dominância completa para incidência a *Xanthomonas campestris* pv *vesicatoria*; e sobredominância para produção total de frutos.

2.7. Validação da natureza híbrida via marcadores RAPD

Os marcadores RAPDs (*Random Amplified Polymorphic DNA*) consistem em um dos marcadores moleculares mais usados em estudos genéticos (Lacerda et al, 2002). O polimorfismo dos marcadores RAPD é revelado pela amplificação de locos cromossômicos usando-se iniciadores (*primers*) compostos de seqüências curtas de oligonucleotídeos. Em espécies que se reproduzem por autofecundação, é possível que algumas supostas sementes F_1 sejam, na verdade, resultado da autofecundação do genitor feminino. Deve-se observar a presença de genes marcadores nas plantas F_1 , e no caso de não haver genes marcadores, marcadores moleculares podem ser utilizados para certificar a natureza híbrida destas plantas (Guimarães et al, 2006).

A literatura relata diversos trabalhos na cultura de *Capsicum*, utilizando os marcadores RAPD. Parte significativa desses trabalhos é relativa à caracterização da divergência genética e monitoramento da introgressão de genes em programas de hibridação interespecífica. A validação da natureza em híbridos interespecíficos se destaca como uma das aplicações efetivas do uso de marcadores moleculares.

Yoon et al (2006), obtiveram híbridos F_1 em *Capsicum* e analisando a natureza híbrida via marcadores RAPD, observaram que todas as bandas de DNA amplificadas do P_1 (*C. annuum* L var Matikas) e P_2 (*C. baccatum* L var PBC81) foram claramente amplificadas nos híbridos interespecíficos. Esses resultados validam a natureza híbrida da combinação entre Matikas e PBC81 que foram obtidos pela técnica de resgate de embrião.

3. OBJETIVOS

O presente trabalho teve como objetivo geral estudar geneticamente a geração F_2 oriunda do cruzamento entre *Capsicum annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum*.

Os objetivos específicos foram:

- Estudar a herança de caracteres das flores (coloração da corola, coloração do estilete, dias para florescimento) e dos frutos (peso médio, comprimento e diâmetro, formato, posição, coloração inicial, pungência e dias para frutificação);
- Avaliar a fertilidade via viabilidade polínica, dos indivíduos que compõem a geração F_2 ;
- Estimar os parâmetros genéticos (herdabilidade, ganho genético por seleção e grau médio de dominância) para cinco caracteres morfoagronômicos (peso médio de frutos, comprimento e diâmetro dos frutos, dias para florescimento e frutificação);
- Indicar genótipos com atributos favoráveis para o avanço de gerações.

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Genótipos utilizados e delineamento experimental

Sementes da população segregante obtidas do cruzamento entre *C. annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum* (UENF 1916 x UENF 1489), *C. annuum* L var *annuum* e *C. baccatum* L var *pendulum* (UENF 1567 x UENF 1496; UENF 1567 x UENF 1573), além dos genitores foram colocadas para germinar em bandejas de isopor. Após apresentarem um par de folhas definitivas, as plântulas foram transplantadas para o campo na Estação Experimental da UENF localizada na área de convênio com a PESAGRO no período de Fevereiro a Outubro de 2008.

Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições e oito tratamentos (cinco genitores e três populações F_2). Os indivíduos F_2 foram representados por 10 plantas/bloco, perfazendo um total de 150 genótipos F_2 e cinco plantas por genitor, perfazendo um total de 125 plantas genitoras, perfazendo um total de 275 plantas. O espaçamento entre linhas foi 1,00 m e entre plantas 0,50 m. Os tratos culturais foram realizados segundo recomendação para a cultura (Filgueira, 2003). Considerando a natureza autógama das espécies envolvidas no estudo, foi realizada a validação da natureza híbrida das populações segregantes via RAPD.

4.2. Validação da natureza híbrida via marcadores RAPD

Foram utilizados cinquenta genótipos, incluindo genitores (UENF 1496; UENF 1567; UENF 1573; UENF 1916; UENF 1489) e populações segregantes (UENF 1567 x UENF 1496; UENF 1567 x UENF 1573; UENF 1916 x UENF 1489) para extração de DNA e preparo das amostras. Os genitores foram representados por cinco genótipos e os indivíduos F₂ por 45 genótipos.

4.2.1. Extração de DNA

O DNA genômico dos tratamentos foi extraído utilizando-se o método proposto por Doyle e Doyle (1987), com alterações. Cinco folhas jovens foram coletadas em *bulk* para cada genitor e cinco folhas para cada genótipo F₂, e conseqüentemente identificadas, acondicionadas em nitrogênio líquido e armazenadas em ultrafreezer a -70 °C. Posteriormente, as folhas foram maceradas e depois transferidas para microtubos (2,0 ml) devidamente identificados. Após a maceração, foram adicionados 800 µL de tampão de extração (CTAB em concentração final de 1% NaCl 1,4 M, EDTA 20 mM, Tris-HCl (pH=8) 100 mM, polivinilpirrolidona sólido (PVP) 1%, B-Mercaptoetanol 0,1%, proteinase K e água) e, posteriormente, incubados em banho-maria a 65 °C por 40 minutos; os microtubos foram agitados em intervalos de 10 minutos durante a incubação. Após o período no banho-maria a 65 °C e reduzida a temperatura, as amostras foram centrifugadas por cinco minutos a 13200 rotações por minuto (rpm) (microcentrífuga Eppendorf 1435D). Posterior à centrifugação, o sobrenadante foi transferido para novos microtubos (1,5 mL) devidamente identificados.

Para executar a desproteção, foram realizadas três extrações orgânicas com clorofórmio: álcool isoamilico (24:1). Nesse processo, acrescentaram-se 700 µL do solvente, em seguida centrifugou-se a 13200 rpm por 5 minutos e o sobrenadante foi transferido para novo tubo. Sobre o volume transferido, foram acrescentados 700 µL de álcool isopropílico gelado, causando a precipitação do DNA, em seguida as amostras foram armazenadas em freezer (-20°C) por 12 horas. Após esse período, as amostras foram novamente

centrifugadas, por 10 minutos, a 13200 rpm. Descartou-se o sobrenadante e lavou-se o *pellet* duas vezes com 200 μ L de álcool etílico a 70% e, em seguida, lavado com álcool etílico a 95%, deixando secar por um intervalo de 20 minutos, e então foi ressuscitado o *pellet* com 200 μ L de TE (10mM Tris-HCl, 1mM EDTA, pH=8), contendo RNase na concentração final de 40 μ g/mL. A solução, em seguida foi incubada a 37 °C em banho-maria por 40 minutos e, posteriormente, adicionou-se 20 μ L de NaCl (5M), e 150 μ L de álcool isopropílico, e as amostras foram mantidas a 4 °C durante 12 horas. Na seqüência, as amostras foram centrifugadas por 10 minutos a 13200 rpm, e novamente lavadas em álcool etílico a 70% e álcool etílico a 90%, e ressuspensas em um volume final de 100 μ L de água ultrapura.

4.2.2. Quantificação do DNA

A quantificação do DNA foi realizada em gel de agarose a 1%, onde 10 μ L de cada amostra composta de 2 μ L da amostra de DNA genômico, 8 μ L da solução de *blue juice* 6x + *gel red* em DMSO (solução 1: 2000 μ L) (Bioamérica), foram aplicados no gel, e no gel foi aplicado o quantificador da Invitrogen + *gel red*. As bandas dos genótipos foram comparadas com quantidades conhecidas de 10, 25, 50, 75 e 100 nanogramas (ng) do DNA de fago λ . Após essa comparação, as amostras foram padronizadas a 10 nanogramas por microlitro (ng/ μ L).

4.2.3. Condições de amplificação

Reações de RAPD consistiram na amplificação de uma solução de 15 μ L, que continha, em uma concentração final, 11 μ L de mix (5,25 μ L de água ultrapura, 2,0 μ L de solução tampão com sulfato de amônio-NH₄SO₄, 1,6 μ L de MgCl₂—2mM, 1,0 μ L de solução de desoxinucleotídeos, 0,15 μ L da enzima Taq DNA polimerase, 2,0 μ L de oligonucleotídeos iniciadores (*primer*) com 10 bases) e 10 ng de DNA genômico. As reações de amplificação foram realizadas no termociclador Gen Amp-PCR System 9700, e após permanecerem por quatro minutos a 94 °C, 45 ciclos foram efetuados da seguinte forma: um minuto a 94 °C, dois minutos a 35°C e um minuto a 72 °C. Os fragmentos amplificados foram submetidos à eletroforese horizontal conduzida a uma corrente de 100 v por 1

hora e 30 minutos em gel de agarose a 2%. Tampão de corrida foi preparado com solução TAE 0,5X (100 mL solução TAE 10X e 1900 mL de água ultrapura).

4.2.4. Seleção de iniciadores

Primers da Operon foram utilizados e selecionados de acordo com trabalhos anteriores (Costa et al, 2006; Campos, 2006; Souza, 2008) e alguns outros *primers* foram escolhidos após triagens. Os *primers* utilizados se encontram na Tabela 1.

Tabela 1. *Primers* decâmeros de RAPD utilizados para certificação da natureza híbrida.

No	Primer	Sequência (5' → 3')	Citação
1	OPA-01	CAGGCCCTTC	Souza, 2008
2	OPA-05	AGGGGTCTTG	Souza, 2008
3	OPA-10	GTGATCGCAG	Triagem
4	OPA-18	AGGTGACCGT	Souza, 2008
5	OPB-11	GTAGACCCGT	Triagem
6	OPB-17	AGGGAACGAG	Triagem
7	OPC-11	AAAGCTGCGG	Triagem
8	OPC-13	AAGCCTCGTC	Campos, 2006
9	OPC-19	GTTGCCAGCC	Triagem
10	OPG-03	GAGCCCTCCA	Triagem
11	OPG-17	ACGACCGACA	Triagem
12	OPS-07	TCCGATGCTG	Costa et al, 2006
13	OPV-06	ACGCCCAGGT	Triagem
14	OPV-12	ACCCCCACT	Triagem
15	OPAB-07	GTAAACCGCC	Campos, 2006
16	OPAB-17	TCGCATCCAG	Souza, 2008
17	OPAC-06	CCAGAACGGA	Triagem
18	OPAC-07	GTGGCCGATG	Triagem
19	OPAF-04	TTGCGGCTGA	Triagem
20	OPAW-07	AGCCCCAAG	Costa et al, 2006
21	OPAW-20	TGTCCTAGCC	Costa et al, 2006

4.2.5. Identificação de população segregante

Empregou-se a análise dos genótipos (parentais e indivíduos F₂) baseando-se na presença (1), ausência (0) ou perda de dados (2) de cada fragmento específico de DNA amplificado. As bandas informativas representam alelos presentes no genitor masculino e ausentes no feminino, cuja presença nas

plantas supostamente segregantes confirmam a fecundação cruzada. Populações que não tiveram a sua natureza híbrida confirmada foram retiradas do estudo.

4.3. Características avaliadas

Foram avaliadas as seguintes características seguindo os descritores propostos pelo IPGRI (1995).

4.3.1. Caracteres da Flor

(a) Cor da corola (CC) - Foi determinada de acordo com as seguintes categorias: Branca; Roxa; Branca com estrias roxas; paleácea.

(b) Cor do estilete (CE) - Foi determinada de acordo com as seguintes categorias: Branca; amarela; roxa.

(c) Dias para florescimento (DFL) - Período de germinação das sementes até o aparecimento das primeiras flores.

4.3.2. Caracteres do fruto

(d) Cor inicial do fruto (CIF) - O caráter foi determinado de acordo com as seguintes categorias: verde; vermelha; amarela; roxa; rosa.

(e) Formato do fruto (FF) - O caráter foi determinado de acordo com as seguintes categorias: alongado, ovulado, triangular, campanulado, quadrado e sino.

(f) Posição do fruto (PF) – De acordo com Luz, 2007, o caráter foi determinado observando-se as seguintes categorias: Pendente; ereto; intermediário.

(g) Presença/ausência de capsaicina. A análise foi realizada por meio da imersão do septo da placenta (aproximadamente 1 cm) retirada dos frutos verdes em uma

solução de 3 mL de vanadato de amônio por quatro horas. Na preparação da solução de vanadato de amônio, 1,0 g de vanadato de amônio foi dissolvido em 100 mL de água destilada e adicionaram-se 15 mL de ácido clorídrico. O septo da placenta que apresentar uma coloração marrom indica a presença de capsaicina, e quando não houver alteração de cor, a ausência de capsaicina fica caracterizada. O preparo da solução de vanadato de amônio foi feito de acordo com Derera (2000).

(h) Dias para frutificação (DFR) - Período de germinação das sementes até o aparecimento dos primeiros frutos maduros.

(i) Peso médio de fruto (g/fruto) - Foi obtido através da divisão do valor peso total de frutos pelo número total de frutos por planta. Foram coletados 45 frutos/planta para avaliação.

(j) Comprimento de fruto (mm/fruto) – Foram coletados 45 frutos/planta e conseqüentemente mensurados com a utilização de um paquímetro digital.

(l) Diâmetro de fruto (mm/fruto) - Este parâmetro foi obtido medindo-se a largura do fruto na sua posição mais próxima da cicatriz peduncular, com auxílio de um paquímetro digital. Foram coletados 45 frutos/planta para avaliação.

4.4. Viabilidade polínica

A avaliação da fertilidade dos híbridos F_2 foi realizada via análise da viabilidade dos grãos de pólen por coloração. Para tal, foram coletados dois botões florais/planta, na antese, em solução de etanol 70%. Posteriormente, duas anteras/ botão floral foram maceradas em solução tripla de Alexander (Alexander, 1969). As lâminas preparadas foram observadas sob microscópio óptico Olympus BX 60, campo claro, e foi contado o número de grãos de pólen viáveis (cor púrpura) e inviáveis (cor verde) por lâmina. Foram preparadas duas lâminas para cada genótipo, onde foram contados 200 grãos de pólen/lâmina, perfazendo um

total de 400 grãos de pólen/planta. Grãos de pólen viáveis/férteis apresentam coloração vermelho-púrpura, enquanto os inviáveis apresentam coloração verde e/ou apresentavam o citoplasma plamolizado.

4.5. Análises Genético-estatísticas

4.5.1. Herança genética

Os dados qualitativos foram submetidos ao teste do Qui-Quadrado (χ^2), onde χ^2 é calculado conforme a expressão:

$$\chi^2 = \sum \frac{(\text{freqüência observada} - \text{freqüência esperada})^2}{\text{Freqüência esperada}}$$

4.5.2. Análise de variância

Foram realizadas as análises de variâncias para as características dias para florescimento, dias para frutificação, peso médio de frutos, comprimento e diâmetro de frutos. Para tal foram utilizados os recursos computacionais do programa GENES, versão 2006 (Cruz, 2006), obedecendo ao modelo estatístico (Quadro 1):

$$Y_{ij} = \mu + G_i + B_j + \varepsilon_{ij}$$

Onde:

Y_{ij} = Valor observado referente ao i-ésimo genótipo da k-ésima repetição;
 μ = média geral;

G_i = efeito fixo do i -ésimo genótipo;
 B_j = efeito da k -ésima repetição;
 ε_{ij} = erro experimental dentro da parcela.

Quadro 1. Modelo para análise de variância para populações F_2 e genitores em DBC.

Fontes de variação	GL	QM	F
Blocos	(b-1)	QMB	-
Genótipos	(g-1)	QMG	QMG/QMR
Resíduo	(b-1) x (g-1)	QMR	-

4.5.3. Análise descritiva

Os dados de viabilidade polínica foram submetidos à análise descritiva com auxílio dos recursos computacionais do programa GENES, versão 2006 (Cruz, 2006).

4.5.4. Teste de médias

Foi utilizado o teste de comparação de médias Tukey a 5% de probabilidade para análise das características PMF, CF, DF, DFL e DFR.

4.6. Estimativas dos parâmetros genéticos

As estimativas dos parâmetros genéticos foram obtidas a partir da análise de variância, sendo calculadas para cada variável dependente, de acordo com Cruz e Regazzi (2001):

a) Coeficiente de determinação genotípico (H^2)

$$H^2 = (QMG - QMR) / QMG$$

b) Variabilidade genotípica (σ_g)

$$\sigma_g = (QMG - QMR) / r$$

c) Coeficiente de variação genotípico (CV_g)

$$CV_g = (100 \cdot \sqrt{\sigma_g^2}) / \mu$$

d) Coeficiente de variação experimental (CV_e)

$$CV_e = (100 \cdot \sqrt{\sigma_e^2}) / \mu$$

e) Variância residual (σ^2)

$$\sigma^2 = QMR$$

f) Índice de variação (IV)

$$IV = CV_g / CV_e$$

4.7. Análise Populacional

4.7.1. Ação gênica

O grau médio de dominância (GMD) foi obtido de acordo com:

GMD = $d \setminus a$, Onde:

$$d = 2 (F_2 - PM) \qquad PM = \frac{P_1 + P_2}{2}$$

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

A ação gênica foi verificada a partir da estimativa do grau médio de dominância, através da escala proposta por Stuber et al. (1987), onde pode variar de:

0 a 0,20: aditivo

0,21 a 0,80: dominância parcial

0,81 a 1,2: dominância completa

>1,2; sobredominância.

4.7.2. Ganhos por seleção

A estimativa do ganho (ΔG) por seleção foi obtida com base na seleção dentro de cada cruzamento, onde ΔG é:

$\Delta G = h_a^2 DS$, onde h_a^2 é a herdabilidade no sentido amplo e é obtida pela expressão:

$$h_a^2 = \frac{\bar{\sigma} G}{\bar{\sigma} P}$$

$$\bar{\sigma} P = \bar{\sigma} F_2$$

$\bar{\sigma} G$ = variância genotípica

$\bar{\sigma} P$ = variância fenotípica

A herdabilidade no sentido amplo foi obtida com base na média de plantas.

$$DS = \bar{X}_s - \bar{X}_o$$

DS: Diferencial de Seleção onde \bar{X}_s = média dos indivíduos selecionados e \bar{X}_o = média da população original.

O diferencial de seleção foi obtido através da seleção de plantas nas parcelas.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Validação da natureza híbrida via marcadores RAPD

Vinte e um iniciadores (*primers*) foram utilizados para obtenção de bandas polimórficas e informativas, entre as três combinações F₂ avaliadas, apenas a combinação UENF 1916 x UENF 1489 foi validada como híbrida pelos marcadores RAPD. Os iniciadores utilizados produziram em média de três a seis bandas nítidas, e foi possível verificar na Figura 1, a presença de banda que caracterizou o cruzamento entre as espécies *C. annuum* L var *glabriusculum* x *C. baccatum* L var *pendulum*, sendo o acesso UENF 1916 (*C. annuum* L var *glabriusculum*) o genitor feminino (P₁), e o acesso UENF 1489 (*C. baccatum* L var *pendulum*) o doador de pólen (P₂) e genótipos supostamente híbridos, contendo a banda do genitor masculino.

A validação da natureza híbrida a partir de bandas informativas é uma alternativa viável relatada por alguns autores (Guimarães et al, 2006; Yoon et al, 2006), pois o cruzamento entre genótipos autógamos pode ser produto de autofecundação e na ausência de um marcador morfológico de fácil visualização, as bandas informativas auxiliam bastante. É importante ressaltar que esses resultados são concordantes com o observado no campo, já que apenas esta combinação apresentava características de ambos os genitores.

Yoon et al (2006) realizaram cruzamentos interespecíficos entre *C. annuum* L e *C. baccatum* L e identificaram plantas híbridas a partir de caracteres morfológicos e moleculares, através da presença de bandas dos marcadores RAPD. Na análise com RAPD todas as bandas amplificadas do DNA de *C. annuum* L e *C. baccatum* L foram, do mesmo modo, claramente amplificadas no híbrido interespecífico obtido pelo resgate de embriões.

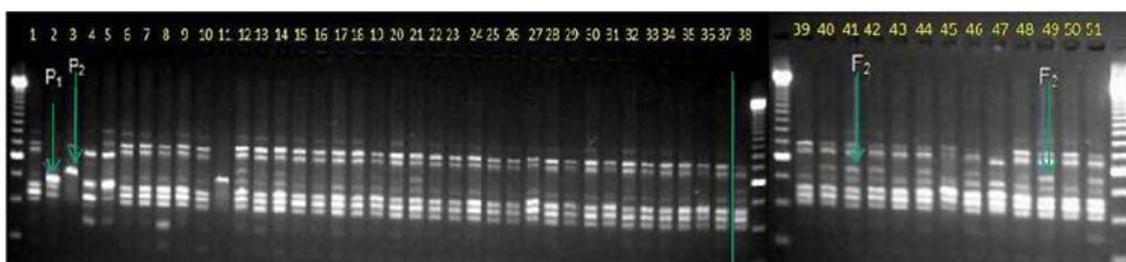


Figura 1. Imagem do gel onde se observa os produtos da amplificação entre genitores e supostos indivíduos F_2 gerados pelo *primer* OPA1. P_1 -Genitor materno, UENF1916; P_2 - Genitor paterno, UENF 1489; F_2 -híbrido (UENF1916 X UENF1489).

Ilbi (2003) avaliou a natureza híbrida de cinco variedades (Pace 105, Pace 106, Pace 205, Pace 206 e Pace 207) e seus respectivos genitores em pimentão (*Capsicum annuum* L), utilizando 12 iniciadores, analisou o polimorfismo entre as variedades híbridas e seus genitores. Os iniciadores que amplificaram bandas específicas para o genitor masculino de cada híbrido foram considerados para validação da natureza híbrida. Dez iniciadores produziram bandas nítidas, mas apenas seis iniciadores produziram 11 bandas para validação da natureza híbrida das sementes. Entretanto, foram obtidos quatro marcadores RAPD específicos, e apenas três variedades tiveram a natureza híbrida validada (Pace 105, Pace 205 e Pace 207).

Considerando que apenas a combinação híbrida UENF 1916 x UENF 1489 foi validada via marcadores RAPD todos os resultados que serão apresentados a partir deste ponto se referem a esta combinação.

5.2. Herança genética

5.2.1. Caracteres da flor

5.2.1.1. Cor da corola

Na avaliação da característica coloração da corola na população segregante oriunda do cruzamento entre *C. annuum* L var *glabriusculum* (UENF 1916-corola branca com estrias roxas) x *C. baccatum* L var *pendulum* (UENF 1489-corola branca com estria amarela) foi observada uma proporção de 29 flores de cor paleáceas: 16 brancas com estrias roxas: 5 roxas (Tabela 2). O valor do *qui-quadrado* para os dados observados foi ($\chi^2=1,555$; $P=45,94\%$) não significativo, portanto, a hipótese de que a característica nesta população é devida à epistasia do tipo genes duplos com efeitos cumulativos aceita, considerando que foi observado uma segregação na proporção de 9: 6: 1.

As interações gênicas ocorrem quando dois ou mais genes controlam um dado caráter. Estes genes podem, ou não, estar localizados em um mesmo cromossomo. As interações gênicas ocorrem quando há alteração da proporção mendeliana clássica de 9: 3: 3: 1 para dois genes independentes. Os tipos de interações são: interação gênica epistática (não aditiva) e interação gênica não-epistática. A epistasia envolve a supressão gênica inter-alélica, ou seja, o alelo de um locus gênico mascara a expressão de outro alelo pertencente a outro locus gênico (não-alelo). O alelo (ou gene) que mascara a expressão do outro é denominado de epistático e o alelo (ou gene) cuja ação é suprimida é denominado de hipostático (Holland, 2001).

O genitor feminino (*C. annuum* L var *glabriusculum*) apresenta flores de cor branca e estrias roxas, enquanto que o genitor masculino apresenta flores com cor branca e presença de manchas amarelas/ amarronzadas no tubo da corola conforme pode ser verificado na Figura 2; porém a literatura reporta que o genitor feminino apresenta flores completamente roxas, e flores brancas com estrias roxas.



Figura 2. Cor da corola em flores de genótipos segregantes. A) Cor da corola de *C. annuum* L var *glabriusculum* (genitor feminino); B) Cor da corola de *C. baccatum* L var *pendulum* (Genitor masculino); C a E) Cor da flor em indivíduos F_2 mostrando a segregação para o caráter.

Campos (2006) observou que as flores dos híbridos F_1 entre as duas espécies supracitadas possuíam corola geralmente de tamanho similar ao genitor feminino e de cor branca com estrias roxas na borda da corola e com mancha amarelada na corola característica do genitor *C. baccatum*.

Chaim et al (2003) mapearam o gene *A* no cromossomo 10 em uma população F_2 entre *C. annuum* L e *Capsicum chinense* Jacq, responsável pela síntese de antocianina. A síntese de antocianina é controlada parcialmente pelo gene *A*, dominância parcial, devido haver variação na distribuição do pigmento nos tecidos. Os autores observaram variação na distribuição da coloração roxa nas flores entre os genótipos, havendo tanto variação qualitativa quanto a presença e variação quantitativa na intensidade da coloração roxa entre os genótipos.

A espécie *C. baccatum* L var *pendulum* apresenta flores de cor branca com machas amareladas/ amarronzadas no tubo da corola; essa característica é considerada dominante. Campos (2006) trabalhando com híbridos F_1 interespecíficos entre *C. annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum* observou que as plantas possuíam flores de cor branca com estrias largas roxas e manchas amareladas quase imperceptíveis no tubo da corola, indicando a natureza híbrida da geração.

Yoon et al (2006) obtiveram híbridos F_1 interespecíficos entre *C. annuum* L e *C. baccatum* L que tiveram a sua natureza híbrida validada por marcadores RAPD, e observaram que as características morfológicas dos híbridos foram intermediárias entre as características dos genitores e altamente uniformes. As

plantas da geração F_1 possuíam flor com corola branca e com mancha amarela/amarronzada na base da corola e das 253 plantas da geração RC_1 , 186 possuíam a mancha na base da corola e 67 não possuíam. Esses resultados sugerem que a presença da mancha amarelada, característica de *C. baccatum* é determinada por dois genes complementares. Os autores relataram que houve variação quantitativa na intensidade da mancha na base da corola nas plantas híbridas F_1 e plantas RC_1 , sugerindo a existência de genes modificadores associados a esta característica.

Ônus e Pickersgill (2000) obtiveram dois híbridos interespecíficos e geração de retrocruzamento envolvendo dois acessos de *C. baccatum* L (SA219 e Hawkes 6489). Ambos possuíam flor com corola branca e as espécies *C. cardenasii* (Hawkes 3860) e *C. eximium* (SA268) ambas com corola de cor roxa. Ambos híbridos F_1 (SA219 x Hawkes 3860) e (Hawkes 6489 x SA268) tinham corola roxa, embora a coloração fosse ligeiramente mais clara do que os parentais *C. cardenasii* e *C. eximium*. Em ambas as famílias de retrocruzamento a proporção de segregação apresentou desvio significativo de 1:1, havendo um ajuste para a proporção de 3 branca:1 roxa, ou seja houve predominância da cor da flor do genitor materno. Os autores concluíram que alguns fatores são responsáveis pela distorção da proporção ou ausência de segregação nas famílias de retrocruzamentos, dentre eles: competição de grãos de pólen, gametas não funcionais, zigotos não funcionais e competição no tubo polínico. Competição no tubo polínico é a provável razão para distorção da proporção, e é comum no florescimento de plantas, tendo sido demonstrado em polinização interespecífica artificial. Os autores observaram variação na germinação do grão de pólen e crescimento do tubo polínico em indivíduos F_1 , e ainda concluíram que houve uma seleção favorecendo o genótipo de *C. baccatum*, ocorrendo em diferentes fases do ciclo de vida das plantas.

5.2.1.2. Cor do estilete

Outra característica avaliada neste estudo foi a cor do estilete, sendo que *C. annuum* L var *glabriusculum* apresenta flor com estilete roxo e *C. baccatum* L var *pendulum* apresenta estilete branco. Verificou-se uma segregação fenotípica de 26 estiletos roxos: 22 estiletos brancos (9: 7; $\chi^2= 0,0846$; $P=77,11\%$), obtendo

um χ^2 não-significativo para epistasia do tipo duplo dominante (Tabela 2). A pigmentação no estilete e na corola é um indicativo que tal pigmentação estará presente no tecido dos frutos nos estádios iniciais de amadurecimento e outros tecidos das plantas.

Ônus e Pickersgill (2000) observaram que o híbrido F_1 (Hawkes 6489 x SA268) apresentou flores com estiletos de coloração roxa, enquanto que o híbrido F_1 (SA219 x Hawkes 3860) apresentou flores com estilete branco. A família de retrocruzamento entre SA219 e F_1 (SA219 x Hawkes 3860), apresentou coloração branca para o estilete, enquanto que a família de retrocruzamento entre Hawkes 6489 e F_1 (Hawkes 6489 x SA268) a coloração do estilete variou do roxo ao branco. Os autores concluíram que gene (s) adicional (is) possa (m) modificar a intensidade de pigmentação no tecido, e que a característica possa ser controlada por dois genes complementares.

Tabela 2. Número de indivíduos observados nas diferentes gerações para cada classe fenotípica e valor do teste *qui-quadrado* para características da flor: cor da corola e cor do estilete.

COR DA COROLA					
Gerações	Paleácea	Branca com estrias roxas	Roxa	Branca com estrias amarelas	χ^2 (9:6:1)
P ₁ (Genitor materno)	00	24	00	00	-----
P ₂ (Genitor paterno)	00	00	00	25	-----
F ₂	29	16	05	00	1.555 (P=45,94%) NS
COR DO ESTILETE					
Gerações	ROXO	BRANCO	χ^2 (9:7)		
P ₁ (Genitor materno)	24	00	-----		
P ₂ (Genitor paterno)	00	25	-----		
F ₂	26	22	0.0846 (P=77,11%) NS		

NS= não significativo

5.2.2. Caracteres do Fruto

5.2.2.1. Formato do fruto

Em cruzamentos envolvendo as espécies *C. annuum* L var *glabriusculum* que possui frutos de formato triangular e *C. baccatum* L var *pendulum* com formato de fruto alongado (Figura 3), a segregação observada do caráter na população segregante ocorreu na proporção de 40 alongado: 10 triangular ($\chi^2=0,666$; $P=41,42\%$), indicando uma herança do tipo monogênica (Tabela 3).

Chaim et al (2003) obtiveram híbrido F_1 entre *C. annuum* L (5226) e *Capsicum chinense* Jacq (PI 159234), e avaliaram índice da forma do fruto. O índice da forma do fruto da F_1 foi intermediário aos genitores. A segregação bimodal da característica formato de fruto na F_2 (5226 x PI 159234) indicou que um gene simples controla a característica nessa população.

5.2.2.2. Posição do fruto

A população segregante oriunda entre as espécies *C. annuum* L var *glabriusculum* que possui frutos pendentes e *C. baccatum* L var *pendulum* com frutos eretos foi avaliada neste trabalho (figura 3), e verificou-se uma segregação fenotípica de 27 frutos eretos: 21 frutos pendentes (9:7, $\chi^2= 0$; $P= 100\%$) demonstrando qui-quadrado não-significativo para a característica, e indicou que o controle genético da característica é devido à epistasia do tipo recessiva dupla para os genótipos considerados eretos (Tabela 3).



Figura 3. Formato e posição de frutos em *C. annuum* L var *glabriusculum* (A), *C. baccatum* L var *pendulum* (B) e indivíduos F_2 (C, D, E).

5.2.2.3. Cor inicial do fruto

Na avaliação da coloração dos frutos houve diferenças entre os genótipos no estágio inicial de maturação, entretanto, nos demais estágios de maturação (intermediário e maduro) não houve diferenças entre os genótipos na população segregante. A herança da coloração inicial dos frutos na população segregante entre *C. annuum* L var *glabriusculum* que possui frutos roxos e *C. baccatum* L var *pendulum* com frutos verdes foi analisada, e verificou-se uma segregação de 26 frutos roxos: 22 frutos verdes (9:7, $\chi^2=0,0846$; $P=77,11\%$), obtendo um qui-quadrado calculado não-significativo (Tabela 3).

Chaim et al (2003) obtiveram híbrido F_1 entre *C. annuum* L (coloração roxa de fruto) e *Capsicum chinense* Jacq (coloração verde de fruto), que apresentou coloração roxa para fruto imaturo, similar ao fenótipo materno, embora a intensidade da coloração roxa do órgão seja menor, indicando dominância incompleta para pigmentação de antocianina nessa combinação. A segregação da pigmentação na progênie F_2 apresentou desvio significativo ($\chi^2=27,1$; $P<0,001$) da proporção esperada de 3:1 para um gene simples dominante.

Híbridos F_1 entre *C. baccatum* L (SA219 e Hawkes 6489) e *C. cardenasii* apresentaram frutos vermelhos. O retrocruzamento entre SA219 e F_1 (SA219 x Hawkes 3860) resultou em plantas com frutos de coloração vermelha. Já o retrocruzamento entre Hawkes 6489 e F_1 (Hawkes 6489 x SA268) segregou na proporção de 3 amarelas: 1 vermelha. A razão de segregação obtida foi similar ao mecanismo de controle por 2 genes, embora o controle da coloração do fruto seja realizada por um único gene (y), indicando uma distorção da segregação de 1 fruto vermelho : 1 fruto amarelo (Ônus e Pickersgill, 2000). Os acessos de *C. baccatum* L, SA219 e Hawkes 6489 têm frutos de coloração vermelha e amarela, respectivamente, enquanto *C. cardenasii* e *C. eximium* têm frutos vermelhos.

Plantas F_1 obtidas do cruzamento entre o acesso de pimenta (cv. msGTY-1) com frutos de coloração laranja e o acesso de pimenta (cv. 277long) com frutos vermelhos, apresentaram frutos vermelhos, indicando que a coloração vermelha é dominante sobre a laranja. Dentre as 65 plantas F_2 obtidas, 45 plantas tinham

frutos de cor vermelha e 20 tinham frutos de cor laranja. Essa segregação foi ajustada para a hipótese 3:1 com $\chi^2=1,1539$ ($P>0,25$) (Lang et al, 2004).

Tabela 3. Número de indivíduos observados nas diferentes gerações para cada classe fenotípica e valor do teste *qui-quadrado* para características do fruto.

FORMATO DE FRUTOS			
Gerações	ELONGADO	TRIANGULAR	χ^2 (3:1)
P ₁ (Genitor materno)	00	24	-----
P ₂ (Genitor paterno)	25	00	-----
F ₂	40	10	0,666 (P=41,42%) NS
POSIÇÃO DOS FRUTOS			
Gerações	ERETO	PENDENTE	χ^2 (9:7)
P ₁ (Genitor materno)	00	24	-----
P ₂ (Genitor paterno)	25	00	-----
F ₂	27	21	0 (P=100%) NS
COR INICIAL DOS FRUTOS			
Gerações	ROXO	VERDE	χ^2 (9:7)
P ₁ (Genitor materno)	24	00	-----
P ₂ (Genitor paterno)	00	25	-----
F ₂	26	22	0,0846 (P=77,11%) NS

NS= não significativo

5.2.2.4. Presença/ausência de capsaicina

Na avaliação da pungência, detectou-se uma coloração marrom da placenta, indicando a presença de capsaicina para ambos os genitores, feminino UENF 1916 e masculino UENF 1489 (Figura 4), de acordo com o método de Derera (2000). Nos indivíduos F₂ observou-se uma razão de 28 plantas pungentes para 19 não pungentes (doces), ajustando-se a proporção de 9:7 ($\chi^2=0,211$; $P=64,59\%$) (Tabela 4). Esses dados são concordantes com os obtidos por Wagner (2003) que concluiu que o controle da pungência é determinado por dois genes epistáticos.

Tabela 4. Número de indivíduos observados nas diferentes gerações para cada classe fenotípica e valor do teste qui-quadrado para pungência.

Gerações	PUNGÊNCIA			
	PUNGENTE	NÃO PUNGENTES	χ^2 (3:1)	χ^2 (9:7)
P ₁ (Genitor materno)	20	00	-----	-----
P ₂ (Genitor paterno)	20	00	-----	-----
F ₂	28	19	5,9645 * (P=1,46%)	0,211 (P=64,59%) NS

*/Significativo a 5% de probabilidade, NS= não significativo

De acordo com Wagner (2003), que trabalhou com cruzamento intraespecífico de *Capsicum annuum* L, envolvendo duas linhagens homozigóticas contrastantes para pungência, observou uma segregação de 9 genótipos pungentes: 7 não pungentes na progênie F₂, obtendo um χ^2 não significativo, e indicativo de interação epistática para o controle da pungência. Na geração F₄ obtida pelo método Single Seed Descend (SSD) era esperada que todas as progênies provenientes de ancestrais F₂ doces fossem também fenotipicamente doces. Os descendentes de plantas F₂ pungentes (A_B_), no entanto, não foram necessariamente pungentes devido à amostragem inerente ao método SSD. De acordo com os resultados obtidos pela autora, houve indicativo de herança poligênica, sendo que um gene de efeito maior determinaria a pungência e um complexo poligênico regularia os níveis de expressão desta característica.

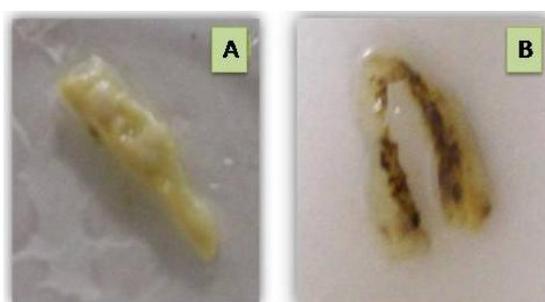


Figura 4. Tecido da placenta com ausência de produção de capsaicina (A) e alteração da coloração (B), indicando a presença de capsaicina.

Zewdie e Bosland (2000) obtiveram híbridos F_1 interespecíficos entre *C. annuum* L e *C. chinense* Jacq, e família de RC_1 . Os autores estudaram a herança de capsaicinóides (nordihidrocapsaicina, capsaicina, dihidrocapsaicina, isômero de dihidrocapsaicina, e homodihidrocapsaicina) e concluíram que um gene determinaria a pungência e diferentes genes regulariam síntese de cada capsaicinóides.

Silva (2007) avaliou a presença/ausência de capsaicina em frutos de *Capsicum annuum* L em geração segregante em dois experimentos. No primeiro experimento foram avaliados 84 genótipos F_2 , juntamente com híbridos F_1 e genitores. Foi detectada a pungência em frutos de UENF 1381 (P_1), pimenta, mas não em frutos de ECW (P_2), pimentão. Os frutos do híbrido F_1 apresentaram pungência, indicando que a dominância está envolvida no controle da presença de capsaicina. Na análise das 84 plantas F_2 , foram observadas 62 plantas pungentes e 22 doces e o teste do qui-quadrado aplicado aos dados (χ^2) mostrou que essa segregação se ajusta à hipótese de que um gene dominante controla a presença de capsaicina. Segundo o autor os dados do segundo experimento corroboram com os dados anteriores, ratificando a herança dominante do caráter em estudo, quando na análise de 40 plantas F_2 foram observadas 32 plantas pungentes e 8 plantas doces.

5.3. Viabilidade polínica

Na análise da viabilidade do grão de pólen, além de grãos de pólen púrpuros ou vermelhos e verdes foram consideradas como inviáveis células plasmolisadas (Figura 5). De acordo com análise descritiva, a média geral da viabilidade polínica da população segregante foi de 64,91%. O coeficiente de variação e a variância foram de 46,83 e 923,97, respectivamente (Tabela 5). A alta magnitude da variância justifica-se porque a progênie é uma F_2 e é oriunda de cruzamento interespecífico.

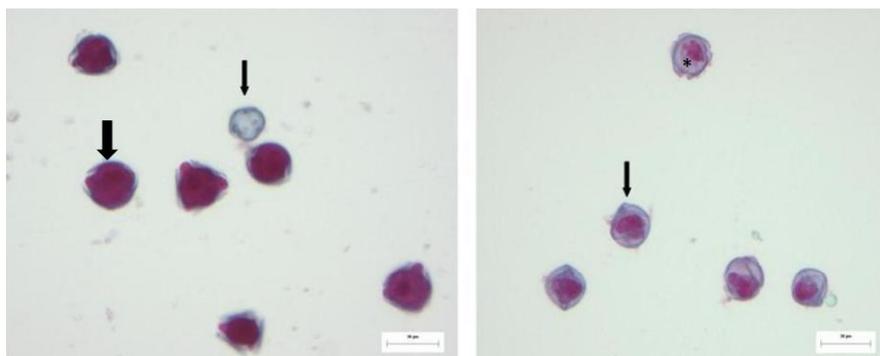


Figura 5. Grãos de pólen corados com solução tripla onde se observa grãos de pólen viáveis (seta larga) e grãos de pólen inviáveis (seta estreita). * Célula plasmolisada.

Tabela 5. Análise descritiva da viabilidade dos grãos de pólen da progênie F₂.

MÉDIA GERAL	64, 91
MÍNIMO	3,25
MÁXIMO	100
CV	46, 83
VARIÂNCIA	923, 97
DP	30, 40

Os genitores UENF 1916 (*C. annuum* L var *glabriusculum*) e UENF 1489 (*C. baccatum* L var *pendulum*) possuíam um alto percentual de viabilidade polínica, 99% e 95%, respectivamente (Tabela 6). Monteiro (2007) avaliando a fertilidade do híbrido F₁ interespecífico entre *C. annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum*, verificou uma viabilidade polínica de 96%, considerada alta. Entretanto, de acordo com os dados obtidos na progênie F₂ verificaram-se diferenças significativas entre os genótipos, indo de 3,25% a 100%, onde as maiores percentagens médias foram observadas para os genótipos 12, 22 e 39 com média de 100%, 98,25% e 98%, respectivamente. Enquanto os genótipos 1, 9 e 13 apresentaram viabilidade polínica de 4,25%, 3,25% e 9%, respectivamente, considerados percentuais muito baixos. Dos indivíduos avaliados 33% apresentaram viabilidade polínica inferior a 50% sendo assim considerados estéreis a parcialmente férteis (Tabela 6). Esses resultados confirmam que a esterilidade masculina é uma barreira de incongruidade que se manifesta após a fertilização, podendo ser devido a alguns fatores, que contribuem para a segregação da fertilidade, dentre eles: desbalanço cromossômico; pareamento imperfeito; e possíveis aberrações; sendo essas anormalidades observadas em

híbridos oriundos de cruzamentos interespecíficos (Egawa e Tanaka, 1986; Bapa Rao et al, 1992).

Tabela 6. Viabilidade polínica (%) estimada para os indivíduos da geração F₂ e genitores.

Genótipos F ₂	Viabilidade polínica (%)	Genótipos F ₂	Viabilidade polínica (%)
1	04,25	26	21,00
2	93,50	27	88,25
3	59,25	28	34,00
4	92,25	29	95,00
5	70,50	30	76,25
6	20,25	31	78,25
7	97,00	32	89,75
8	88,00	33	89,75
9	03,25	34	25,75
10	37,75	35	42,00
11	95,75	36	84,75
12	100,00	37	76,75
13	09,00	38	42,75
14	96,75	39	98,00
15	84,50	40	92,75
16	22,75	41	77,75
17	80,50	42	33,25
18	69,50	43	73,50
19	54,25	44	31,25
20	82,50	45	33,00
21	24,25	46	97,00
22	98,25	47	51,75
23	79,50	48	93,50
24	78,00	49	90,00
25	23,00	50	NA
UENF 1916	99,00		
UENF 1489	95,00		

NA= Não avaliado

Egawa e Tanaka (1986), estudaram o comportamento citogenético dos híbridos interespecíficos entre *Capsicum annuum* L var *minimum* e *Capsicum baccatum* L var *baccatum*. Os autores verificaram que o comportamento dos híbridos F₁ na metáfase meiótica foi irregular com formação de associações multivalentes. A frequência média das associações, univalentes, bivalentes, trivalentes, quadrivalentes, quinquevalentes e hexavalentes, foram: 0,02; 8,93; 0,08; 0,72; 0,02 e 0,49, respectivamente. De acordo com os resultados, os autores concluíram que *C. annuum* L e *C. baccatum* L diferem entre si pela

presença de pelo menos três translocações recíprocas. O percentual de poléns viáveis do híbrido interespecífico foi de 6,5%, demonstrando um alto grau de esterilidade.

Bapa Rao et al. (1992), analisando híbridos F_1 e F_2 derivados de cruzamentos interespecíficos entre *C. baccatum* L e *C. frutescens* L, verificaram que estes exibiram meiose irregular, o que explicaria assim a esterilidade observada nos híbridos. De acordo com os autores, a estrutura dos cromossomos, meiose irregular, genes para esterilidade de pólen, desequilíbrios segregacionais e recombinações intergenômicas são os principais fatores que podem causar a esterilidade nos híbridos. Ônus e Pickersgill (2000) obtiveram híbridos interespecíficos F_1 entre *C. baccatum* SA 219 x *C. eximium* Hawkes 3860 e *C. baccatum* Hawkes 6489 x *C. cardenasii* SA 268, porém a viabilidade polínica dos híbridos foi baixa, 12.88% e 14.78%, respectivamente.

5.4. Análise de variância e parâmetros genéticos

Com base nos dados apresentados na Tabela 7, observou-se que houve diferença significativa para todas as características avaliadas pelo teste F a 1% de probabilidade. Foram utilizadas médias das plantas nas parcelas para análise de variância e teste de médias. O coeficiente de variação para as características avaliadas variou de 1,72 (dias para frutificação) a 27,24% (peso médio de frutos), indicando boa precisão experimental. Costa (2000) obteve em cruzamentos de pimentão valores mais elevados para coeficiente de variação para produção por planta (37,12%) e número de frutos (36,84%), e valores mais baixos para comprimento (7,21%) e diâmetro de frutos (5,39%).

O coeficiente de determinação genotípico (H^2) é um dos parâmetros genéticos que mais contribui para os programas de melhoramento, pois informa a proporção da variabilidade genética presente na variância fenotípica total (Rêgo, 2001). Verificou-se que em todos os caracteres, o coeficiente de determinação genotípica foi alto, variando de 95 a 99% (Tabela 7). A alta magnitude dos valores de H^2 para todas as características pode ser explicada devido à população segregante ser oriunda de cruzamento interespecífico. As magnitudes do índice de variação ficaram acima da unidade. Segundo Lannes (2005), índice de

variação acima da unidade indica alta variabilidade genética para uma dada característica, e permite que possam ser empregadas em programas de melhoramento genético.

Tabela 7. Análise de variância e parâmetros genéticos das características: peso médio de frutos (PMF), diâmetro de frutos (DF), comprimento de frutos (CF), dias para florescimento (DFL) e dias para frutificação (DFR) de genótipos F₂ obtidos do cruzamento entre *C. annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum*.

Q.M						
F.V	G.L	PMF	CF	DF	DFL	DFR
BLOCOS	4	18,4818	67,1512	3,7077	14,3780	4,7208
TRATAMENTOS	5	2289,428**	11584,623**	454,229**	312,098**	101,910**
RESÍDUO	20	11,5657	49,8852	1,6384	12,2913	4,7316
MÉDIA		12,481	54,503	19,571	74,193	126,752
$H^2_{(%)}$		99,495	99,569	99,639	96,062	95,357
σ_g		55,572	2306,948	90,518	59,961	19,436
$Cv_{g(%)}$		71,009	88,125	48,613	10,437	3,478
$Cv_{e(%)}$		27,248	12,959	6,540	4,725	1,7161
IV		6,276	6,800	7,433	2,209	2,027

** Significativo a 1% de probabilidade; $H^2_{(%)}$ =Coeficiente de determinação genotípico; σ_g =Variabilidade genotípica; $Cv_{g(%)}$ =Coeficiente de variação genotípico; $Cv_{e(%)}$ = Coeficiente de variação experimental; IV= Índice de variação

Conforme análises de correlações genotípicas realizadas, a característica que mais contribuiu para o aumento do peso médio de fruto foi o comprimento de frutos (0,9745), sendo a correlação positiva e alta magnitude, enquanto a correlação das características peso médio de frutos e dias para florescimento foi negativa e apresentou baixa magnitude (Tabela 8). Realizar seleção de genótipos visando à redução nos dias para florescimento não significará o aumento do peso médio do fruto (PMF), visto que a correlação genotípica entre as características apresentou baixa magnitude e valor negativo.

A característica dias para frutificação contribuiu para o aumento do comprimento de fruto (0,8093), enquanto que a correlação entre as características comprimento de frutos e dias para florescimento foi negativa e apresentou baixa magnitude. Houve correlação negativa entre a característica comprimento de frutos e dias para florescimento, e baixa magnitude (-0,2591), tal correlação não indica necessariamente que o aumento do comprimento de fruto está correlacionado com a redução de dias para florescimento. A correlação genotípica entre as características diâmetro de frutos e dias para frutificação foi positiva e

apresentou alta magnitude (0,9895), sendo assim a seleção indireta pode ser realizada para essas características.

As correlações entre as características diâmetro de frutos e dias para florescimento, dias para florescimento e dias para frutificação foram positivas e de baixa magnitude. Miranda et al (1988) trabalhando com cultivares de pimentão e híbridos F_1 obtiveram correlação genotípica entre produção total/planta e peso/produção precoce (0,950), peso médio de frutos (0,663), comprimento de frutos (0,749), índice comprimento/diâmetro (0,520). O número de frutos/planta foi negativamente correlacionado com peso médio de fruto (-0,520), diâmetro de fruto (-0,873), e número de lóculos/fruto (-0,915).

Tabela 8. Coeficientes de correlação genotípica entre peso médio de frutos, comprimento de frutos, diâmetro de frutos, dias para florescimento e dias para frutificação em indivíduos F_2 e genitores.

	PMF	CF	DF	DFL	DFR
PMF	1	0,9745	0,9174	- 0,127	0,9227
CF		1	0,8079	- 0,2591	0,8093
DF			1	0,0935	0,9895
DFL				1	0,2306
DFR					1

5.5. Teste de médias

As médias das características avaliadas encontram-se na Tabela 9, comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. O peso médio dos frutos variou de 2,23 a 56,09 g. De acordo com o teste de comparação de médias, apenas o tratamento UENF 1567 (pimentão) se diferenciou dos demais tratamentos para característica peso médio de fruto. Na característica comprimento de frutos, os tratamentos diferiram entre si, contudo, os indivíduos F_2 não diferiram de seus genitores (UENF 1916 e UENF 1489), enquanto que para a característica diâmetro de frutos os indivíduos F_2 não diferiram dos genitores, mas seus genitores diferiram entre si e demais tratamentos. Para a característica dias para florescimento, os indivíduos F_2 diferiram do genitor UENF 1489, tendendo a

média dos indivíduos F_2 para o genitor UENF 1916. Os indivíduos F_2 não diferiram dos genitores para a característica dias para frutificação.

As médias para as características PMF, CF, DF, DFL e DFR variaram entre os genitores UENF 1916 e UENF 1489 e a população F_2 . Em geral, todas as características da população F_2 possuíam médias intermediárias aos genitores, com exceção da característica CF (Tabela 9).

Tabela 9. Médias dos tratamentos para as características peso médio de fruto, comprimento do fruto, diâmetro do fruto, dias para florescimento e dias para frutificação.

Híbrido e Linhagens	Características									
	PMF (g)		CF (mm)		DF (mm)		DFL (dias)		DFR (dias)	
Indivíduos F_2	3,20	b	36,33	bc	13,02	de	66,37	c	123,29	c
UENF 1567	56,09	a	150,53	a	37,07	a	72,52	bc	135,00	a
UENF 1916	4,99	b	46,54	b	14,96	d	65,92	c	124,32	bc
UENF 1489	2,23	b	46,21	b	11,15	e	76,17	b	123,00	c
UENF 1496	3,02	b	22,20	d	18,30	c	87,14	a	128,14	b
UENF 1573	5,37	b	25,22	cd	22,93	b	77,04	b	126,76	bc

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey em nível de 5% de probabilidade

Jarrett (2008) avaliou 330 acessos de *Capsicum chinense* Jacq da coleção de germoplasma da USDA/ARS para as características comprimento, diâmetro e peso dos frutos. O comprimento médio dos frutos foi de 47 mm, variando de 7,9 mm a 113,7mm, enquanto o diâmetro dos frutos foi 21,17 mm, variando de 6,18 mm a 40,0 mm. O peso médio dos frutos foi 6,31 g, variando de 0,18g a 22,7g.

5.6. Ganho por seleção

A variância dos indivíduos F_2 foi de 82,80 mm, 78,25 dias, e 9,51 dias para as características comprimento de frutos, dias para florescimento e dias para frutificação, respectivamente (Tabela 10).

Tabela 10. Variâncias dos genitores, indivíduos F₂, ambiental e genotípica para as características médio de fruto, comprimento do fruto, diâmetro do fruto, dias para florescimento e dias para frutificação.

Variâncias	PMF	CF	DF	DFL	DFR
Genitor materno	0,5814	49,0865	0,6710	26,9000	4,7619
Genitor paterno	0,1815	17,1226	0,5135	14,6640	6,2253
Indivíduos F ₂	1,0594	82,7999	2,1813	78,2553	9,5088
Ambiental	0,3814	33,1045	0,5922	20,7820	5,4936
Genotípica	0,6779	49,6953	1,5890	57,4733	4,0152

As herdabilidades (sentido amplo) das características avaliadas foram: DFL (73%), DF (73%), PMF (64%), CF (60%), e DFR (42%), (Tabela 11). Segundo Stansfield (1974), apud Silveira (2007), valores de herdabilidade maiores que 0,5 são considerados altos, valores compreendidos entre 0,2 e 0,5 (médios) e menores que 0,2 são considerados baixos. Portanto, as estimativas de herdabilidade obtidas neste estudo podem ser consideradas de moderada a alta.

Doshi (2003) trabalhando com genótipos pungentes e não pungentes de pimentas (*Capsicum annuum* L), e híbridos F₁ em esquema dialélico (10 x 10), obteve diferentes magnitudes para as herdabilidades no sentido restrito para as características: dias para florescimento (46,20%), número de frutos por plantas (76,60%), comprimento dos frutos (72,30%), diâmetro dos frutos (44,30%) e peso dos frutos (82,20%), portanto, as estimativas de herdabilidades de moderada a alta foram observadas para todas as características, indicando maior proporção de genes aditivos, contribuindo para a herança das características avaliadas, e menor influência ambiental.

O ganho genético esperado ($k=1,76$) para a característica peso médio de fruto foi de 1,32 g, sendo assim possível indicar as plantas (genótipos) 1, 32, 38, 43 e 44 que poderão proporcionar esse ganho para a característica em questão. Já para a característica comprimento de fruto foram selecionados os genótipos 8, 32, 36, 38 e 42, que proporcionaram ganhos genéticos ($k=1,76$) de 12,88 mm. (Tabela 11).

Tabela 11. Herdabilidade no sentido amplo, diferencial de seleção e ganho por seleção para as características peso médio de fruto, comprimento de fruto, diâmetro, dias para florescimento e dias para frutificação.

Médias	PMF	CF	DF	DFL	DFR
h_a^2	0,640	0,600	0,729	0,734	0,422
X_o	3,080	35,793	12,904	66,313	123,208
X_s	4,797	49,744	14,962	79,000	126,900
DS (x=20%)	1,718	13,951	2,058	12,687	3,692
GS	1,099	8,373	1,499	9,318	1,559
X_o	3,080	35,793	12,904	66,313	123,208
X_s	5,136	57,256	15,500	86,400	128,800
DS (x=10%)	2,056	21,463	2,596	20,087	5,592
GS	1,316	12,882	1,891	14,753	2,361

GS= Ganho por seleção; DS (x=20%)= diferencial de seleção com pressão de seleção de 20%; DS (x=10%)= diferencial de seleção com pressão de seleção de 10%

Considerando-se a característica diâmetro de frutos, podem-se indicar os genótipos 1, 19, 23, 26 e 46 que proporcionaram ganhos genéticos de 1,89mm; para a característica dias para florescimento são indicados os genótipos 3, 11, 14, 19 e 43 (precoces), enquanto, para a característica dias para frutificação (precocidade), foram indicados os genótipos 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 17, 18 e 19. Entretanto, considerando-se que os genótipos 1, 3 e 26 apresentaram esterilidade masculina os mesmos não produziram sementes suficientes para avançar gerações devido à esterilidade masculina. O ganho genético com pressão de seleção de 20% ($k=1,40$) para os genótipos que compõem a geração F_2 foi de 1,099g, 8,373mm, 1,499mm para as características peso médio de frutos, comprimento de frutos e diâmetro de frutos, respectivamente (Tabela 11).

5.7. Ação Gênica

As ações gênicas determinadas com base na estimativa dos graus médios de dominância (d) foram obtidas para as características peso médio de frutos, comprimento de frutos, diâmetro de frutos, dias para florescimento e dias para frutificação. Houve alta variabilidade para as características analisadas, e

diferentes tipos de ações gênicas foram observados na população segregante. O grau médio de dominância para peso médio de frutos, considerando a média dos indivíduos F_2 , foi de -0,54 (Tabela 12), onde se observou o predomínio de dominância parcial, e para o sentido da ação gênica, observou-se que existe uma tendência de domínio do genitor de menor média, visto o sinal negativo do d , neste caso, o genitor UENF 1489 (*C. baccatum* L). Contudo, os genótipos 1, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 12, 14, 15, 17, 18, 20, 21, 22, 24, 25, 28, 29, 31, 32, 33, 43, 44 e 45, destacam-se por possuir ação gênica do tipo sobredominância. A ação gênica para característica comprimento de fruto considerando a média (-20,47) dos indivíduos F_2 é do tipo sobredominância, havendo uma tendência de domínio do genitor de menor média, enquanto a ação gênica para característica diâmetro de frutos é do tipo aditiva.

Na ação gênica para característica dias para florescimento com base na média dos indivíduos F_2 (-1,81) observou-se o efeito da sobredominância e sentido negativo para ação gênica. Assim sendo, observa-se que tal característica não se constitui em uma característica simples de se trabalhar no melhoramento genético que visa à redução de seus valores médios. Portanto, se faz altamente necessário uma avaliação criteriosa dos genitores a serem utilizados nos programas de melhoramento, devendo estes, apresentar valores reduzidos. A ação gênica para característica dias para frutificação foi do tipo dominância parcial cuja média dos indivíduos F_2 foi de -0,34, havendo uma tendência de domínio do genitor de menor média (Tabela 12).

Doshi e Shukla (2000) avaliaram os caracteres: número de frutos por plantas, comprimento do fruto e peso de frutos. Os componentes aditivo e dominante foram significativos para todos os caracteres, sendo que as estimativas do efeito aditivo foram maiores do que a dominância no comprimento do fruto, indicando uma preponderância da ação gênica aditiva nesses caracteres. A ocorrência de sobredominância foi verificada para o número de frutos por planta, comprimento e largura do fruto, e dominância parcial para o caráter peso de fruto.

Tabela 12. Estimativa do grau médio de dominância para características peso médio de fruto, comprimento de fruto, diâmetro de fruto, dias para florescimento e dias para frutificação.

Características		P_1	P_2	F_2	PM	a	d	GMD
PMF	Média	4,43	2,30	3,08	3,365	1,065	-0,57	-0,54
CF	Média	44,82	46,78	35,79	45,80	0,98	-20,02	-20,47
DF	Média	14,47	11,20	12,90	12,83	1,64	0,14	0,09
DFL	Média	66,00	76,37	66,49	71,18	5,19	-9,38	-1,81
DFR	Média	124,19	122,63	123,28	123,41	0,779	-0,267	-0,34

Silva (2002), trabalhando com parâmetros genéticos em cruzamentos dialélicos em pimentão observou que houve maior importância dos efeitos gênicos aditivos no controle dos caracteres altura de planta na maturidade, número de dias para florescimento, produção e número de frutos por planta, espessura de pericarpo de fruto e número de lóculos por fruto. Entretanto, as heranças dos caracteres: número de dias para a maturidade, peso médio, comprimento e diâmetro de fruto, envolveram principalmente efeitos de dominância gênica.

Doshi (2003) trabalhando com híbridos F_1 entre genótipos de pimentas pungentes e não pungentes em esquema dialélico (10 x 10), observou grau de dominância maior que uma unidade para as características dias para florescimento (1,32); frutos por planta (1,43) e diâmetro dos frutos (1,48), demonstrando que a ação é do tipo sobredominância. Entretanto, o autor observou para as características comprimento dos frutos (1,07) e peso dos frutos (0,63), ação gênica do tipo dominância completa e dominância parcial, respectivamente.

6. RESUMO E CONCLUSÕES

A importância econômica de pimentas e pimentões vem crescendo no Brasil e em diversos países, com o aumento do consumo *in natura* e do processamento de molhos, temperos e conservas caseiras de pimentas. A hibridação interespecífica é uma ferramenta muito utilizada para transferência de genes de um genótipo resistente para um suscetível, e permite explorar a variabilidade genética entre as espécies. O objetivo geral do trabalho foi analisar geneticamente a população segregante oriunda do cruzamento entre *Capsicum annuum* L var *glabriusculum* e *Capsicum baccatum* L var *pendulum* (UENF 1916 x UENF 1489); essa população teve a sua natureza híbrida validada por marcadores RAPD. Foi utilizado o delineamento em blocos ao acaso com cinco repetições e oito tratamentos na Estação Experimental da Universidade Estadual do Norte Fluminense (UENF) localizada na área de convênio com a Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO- Estação Experimental de Campos). Os resultados das avaliações para as características qualitativas indicaram que o controle genético para a maioria das características é epistático do tipo duplo dominante, exceto para as características cor da corola que foi epistasia do tipo genes duplos com efeito cumulativo e para o formato de frutos cuja herança foi do tipo monogênica. A avaliação da fertilidade dos indivíduos da geração F₂ mostrou uma variação indo de genótipos completamente estéreis (viabilidade polínica de 3,25%) a genótipos férteis (viabilidade polínica de 100%). O coeficiente de variação para as características avaliadas variou de 1,72% (dias para frutificação)

a 27,24% (peso médio de frutos), indicando boa precisão experimental. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram expressivas, superior a 50% para as características peso médio de frutos; comprimento de frutos; diâmetro de frutos e dias para florescimento, sugerindo boas perspectivas para seleção. As estimativas de herdabilidade no sentido amplo foram superiores a 50% para as características peso médio de frutos; comprimento de frutos; diâmetro de frutos e dias para florescimento, sugerindo boas perspectivas para seleção. O ganho genético esperado ($k=1,76$) para a característica peso médio de fruto foi de 1,32 g, sendo assim possível indicar as plantas (genótipos) 1, 32, 38, 43 e 44 que poderão proporcionar esse ganho para a característica em questão. Considerando-se a característica comprimento de fruto foram selecionados os genótipos 8, 32, 36, 38 e 42, que proporcionaram ganhos genéticos ($k=1,76$) de 12,88 mm, enquanto que para a característica diâmetro de frutos, podem-se indicar os genótipos 1, 19, 23, 26 e 46 que proporcionaram ganhos genéticos de 1,89mm. Para a característica dias para florescimento é indicada os genótipos 3, 11, 14, 19 e 43 (precoces), enquanto, para a característica dias para frutificação (precocidade), foram indicados os genótipos 2, 3, 4, 5, 7, 8, 11, 12, 14, 15, 17, 18 e 19; entretanto, considerando-se que os genótipos 1, 3 e 26 apresentaram esterilidade masculina os mesmos não produziram sementes suficientes para avançar gerações devido à esterilidade masculina. Analisou-se o grau médio de dominância das características, e considerando a média dos indivíduos da geração F_2 houve o predomínio da dominância parcial, sobredominância, aditiva, sobredominância e dominância parcial, para as características peso médio de frutos, comprimento de frutos, diâmetro de frutos, dias para florescimento e frutificação, respectivamente. A obtenção de híbridos entre *C. annuum* L var *glabriusculum* e *C. baccatum* L var *pendulum* é possível, porém houve uma maior penetrância do genoma de *C. annuum* L var *glabriusculum* na constituição genômica da progênie F_2 . Pode-se concluir que a hibridação interespecífica é uma ferramenta importante na condução de um programa de melhoramento, pois permite explorar a variabilidade genética e maximizar os ganhos por seleção, entretanto cuidados devem ser tomados no uso dessa metodologia, já que barreiras de incongruidade podem se manifestar na pré ou pós-fertilização.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alexander, M. P. (1969) Differential Staining of Aborted non Aborted Pollen. *Stain Technology* 44: 117-122.

Ávila, A. C., Inoue-Nagata, A. K., Costa, H., Boiteux, L. S., Neves, L. O. Q., Pretes, R. S., Bertini, L. A. (2004) Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. *Horticultura Brasileira* 22 (3): 655-658.

Azevedo, C. P., Café Filho, A. C., Henz, G. P., Reis, A. (2005) Pimentão: antracnose arrasadora. *Cultivar HF*, 18-20.

Bapa Rao, N., Sri Valli, T., Lakshmi, N. (1992) Cytogenetic studies on the interspecific hybrid *Capsicum baccatum* L, *C. frutescens* L. and its progeny, *Euphytica*, 59, (2 – 3), 135-140.

Belletti, P., Marzachi, C., Lanteri, S. (1998) Flow cytometric measurement of nuclear DNA content in *Capsicum* (Solanaceae). *Pl. Syst. Evol.* 209: 85-91.

Bento, C. S., Sudré, C. P., Rodrigues, R., Riva, E. M., Pereira, M. G. (2007) Descritores qualitativos e multicategóricos na estimativa da variabilidade fenotípica entre acessos de pimentas. *Scientia Agraria*, 8, (2) 149-156.

Bianchetti, L. B. (1996) Aspectos morfológicos, ecológicos e biogeográficos de dez táxons de *Capsicum* (Solanaceae) ocorrentes o Brasil. Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília - UNB, Brasília.

Blat, S. F., Braz, L. T., Arruda, A. S. (2007) Avaliação de híbridos duplos de pimentão. *Horticultura Brasileira* 25: 350-354.

Blat, S. F., Costa, C. P., Vencovsky, R., Sala, F. C. (2006) Hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). Inheritance of reaction to owdery mildew. *Sci. Agric*, 63 (5), 471-474.

Bonato, A. B. M., Pascotto, C. R., Pagliarini, M. S., Valle, C. B. (2006) Cytogenetic evidence for genome elimination during microsporogenesis in interspecific hybrid between *Brachiaria ruziziensis* and *B. brizantha* (Poaceae). *Genetics and Molecular Biology*, 29 (4), 711-714.

Bosland, P. W. (1993) Breeding for quality *Capsicum*. *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 12: 25-31.

Bosland, P. W. (1996) *Capsicum*: Innovative uses of an Ancient Crop. Arlington, VA: ASHS Press, 479-487.

Caixeta, F. (2009) Alterações fisiológicas e bioquímicas durante o desenvolvimento, a germinação e o armazenamento em sementes de pimenta malagueta (*Capsicum frutescens* L.) e Habanero yellow (*Capsicum chinense*). Dissertação de Mestrado em Agronomia. Universidade Federal de Lavras. Lavras-MG, 111p.

Campos, K. P. (2006) Obtenção, caracterização morfológica e reprodutiva de híbridos interespecíficos entre espécies domesticadas de *Capsicum*. Dissertação de Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas, Campos dos Goytacazes, UENF, 158p.

Carvalho, S. I. C., Bianchetti, L. B., Henz, G. P. (2003) Germoplasm collection of *Capsicum* spp. maintained by Embrapa Hortaliças (CNPq). *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 22: 17-20.

Casali, V. W. D., Couto, F. A. A. (1984) Origem e Botânica de *Capsicum*. In: Informe Agropecuário, 10 (113), 08–10.

Chaim, A. B., Borovsky, Y., Falise, M., Mazourek, M., Kang, B. C., Paran, I., Jahn, M. (2006) QTL analysis for capsaicinoid content in *Capsicum*. *Theor Appl Genet*, 113:1481-1490.

Chaim, A. B., Borovsky, Y., Jong, W., Paran, I. (2003) Linkage of the A locus for the presence of anthocyanin and fs10.1, a major fruit-shape QTL in pepper. *Theor Appl Genet*, 106: 889-894.

Cheng, B.F., Swartz, G. S., Somers, D. J. (2002) Cytogenetic and molecular characterization of intergeneric hybrids between *Brassica napus* and *Orychophragmus violaceus*. *Genome* 45: 110–115.

Choong, C. Y. (1998) DNA polymorphisms in the study of relationships and evolution in *Capsicum*. PhD Thesis, University of Reading.

Corrêa, L. B., Barbieri, R. L., Silva, J. B. (2007) Caracterização da viabilidade polínica em acessos de *Capsicum* (Solanaceae). *Revista Brasileira de Biociências*, Porto Alegre, 5 (1): 660-662.

Costa, F. R., Pereira, T. N. S., Sudré, C. P., Rodrigues, R. (2008) Marcadores RAPD e caracteres morfoagronômicos na determinação da diversidade genética entre acessos de pimentas e pimentões. *Ciência Rural*, Santa Maria, online.

Costa, F. R., Pereira, T. N. S., Vitória, A. P., Campos, K. P., Rodrigues, R., Silva, D. H., Pereira M. G. (2006) Genetic diversity among *Capsicum* accessions using RAPD markers. *Crop Breeding and Applied Biotechnology* 6:18-23.

Costa, R. A., Rodrigues, R., Sudré, C. P. (2002) Resistência genética à mancha-bacteriana em genótipos de pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20 (1): 86-89.

Costa, A. R. (2000) Análise genética de produção, características de frutos e reação à mancha-bacteriana em genótipos de pimentão (*Capsicum. annuum L.*) Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, UENF, 67p.

Cruz, C. D. (2006) Programa Genes (versão Windows); aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV, 175p.

Cruz, C. D., Regazzi, A. J. (2001) Modelos Biométricos Aplicados ao Melhoramento Genético. Viçosa, MG: UFV.

Derera, N. F. (2000) Condiment Paprika Breeding, Harvesting and Commercialization. RIRDC publication, No 00/155, 44.

Dias, P. R. P. (2004) Caracterização de Isolados e Reação de *Capsicum* spp. ao *Cucumber Mosaic Virus* (CMV). Dissertação de Doutorado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agronômicas da UNESP, Botucatu-SP, 95p.

Doshi, K. M. (2003) Genetic architecture of chilli (*Capsicum annuum L.*). *Capsicum and Eggplant Newsletter* 22: 33-36.

Doshi, K. M., Shukla, P. T. (2000) Genetics of yield and its components in chilli (*Capsicum annuum L.*) *Capsicum and Eggplant Newsletter*, 19: 78-81.

Doyle, J. J., Doyle, J. L. (1987) Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*, 12: 13-15.

Egawa, Y., Tanaka, M. (1986) Cytogenetical study of the interspecific hybrid between *Capsicum annuum* and *C. baccatum L.* *Japan. J. Breed.* 36: 16-21.

Embrapa. (2007) Brasil, comércio internacional de hortaliças: http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicas_em_numeros/comercio_internacional_hortalicas_2000_2007.pdf

Eshbaugh, W. H. (1993) Peppers: history and exploitation of a serendipitous new crop discovery, p. 132–139. In: J. Janick and J.E. Simon (eds.), *New Crops*. Wiley, New York, USA.

Falconer, D. S., Mackay, T. F. C. (1996) *Introduction to quantitative genetics*. 4th ed. New York: Longman, 464p.

Filgueira, F. A. R. (2003) *Novo Manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças-Viçosa*: UFV, 402p.

Floss, E. L. (2003) Estratégias de pós-melhoramento. II Congresso Brasileiro De Melhoramento De Plantas. Porto seguro-BA, Anais.

Gernand, D., Rutten, T., Varshney, A., Rubtsova, M., Prodanovic, S., Bru, C., Kumlehn, J., Matzk, F., Houben, A. (2005) Uniparental Chromosome Elimination at Mitosis and Interphase in Wheat and Pearl Millet Crosses Involves Micronucleus Formation, Progressive Heterochromatinization, and DNA Fragmentation. *The Plant Cell*, 17: 2431–2438.

Gomide, M. L., Maluf, W. R., Gomes, L. A. A. (2003) Heterose e capacidade combinatória de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, 27, (5): 1007 – 1015.

Guimarães, C. T., Schuster, I., Magalhães, J. V., Souza Júnior, C. L. (2006) Marcadores moleculares no melhoramento de plantas. In: BORÉM, A., CAIXETA, E. T (Eds.) *Marcadores moleculares*. Viçosa, MG, p.107-144.

Gulyas, G., Pakozdi, K., Lee, J. S., Hirata, Y. (2006) Analysis of fertility restoration by using cytoplasmic male-sterile red pepper (*Capsicum annuum* L.) lines. *Breeding Science*, 56: 331-334.

Hajjar, R., Hodgkin, T. (2007) The use of wild relatives in crop improvement: A survey of developments over the last 20 years. *Euphytica*: 156: 1-13.

Harlan, J. R., De Wet, J. M. J. (1971) Toward a rational classification of cultivated plants. *Taxon*, 20: 509-517.

Holland, J. B. (2001) Epistasis and plant breeding. *Plant breeding review*, 21.

IBPGR (1983) Genetic resources of *Capsicum*. Rome: IBPGR, 49p.

Ilbi, H. (2003) RAPD markers assisted varietal identification and genetic purity test in pepper, *Capsicum annuum*. *Scientia Horticulturae*, 97: 211-218.

IPGRI (1995) Descriptores para *Capsicum* (*Capsicum ssp*). Roma: IPGRI, 32-33.

Jansky, S. (2006) Overcoming hybridization barriers in potato. Review. *Plant Breeding* 125: 1-12.

Jarrett, R. L. (2008) Variation for Fruit Morphological Characteristics in a *Capsicum chinense* Jacq. Germplasm Collection. *Hort Science*, 43 (6): 1694-1697.

Jones, J. B., Bouzar, H., Stall, R. E., Almira, E. C., Roberts, P. D., Bowen, B. W., Sudberry, J., Strickler, P. M., Chun, J. (2000) Systematic analysis of *xanthomonas* (*Xanthomonas* spp.) Associated with pepper and tomato lesions. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50: 1211-1219.

Komeda, N., Chaudhary, H. K., Suzuki, G., Mukai, Y. (2007) Cytological evidence for chromosome elimination in wheat x *Imperata cylindrica* hybrids. *Genes Genet. Syst*, 82: 241-248.

Lacerda, D. R., Acedo, M. D. P., Lemos, J. P. F., Lovato, M. B. (2002) A técnica de RAPD: uma ferramenta molecular em estudos de conservação de plantas. *Lundiana*, 3 (2): 87-92.

Lang, Y. Q., Yanagawa, S., Sasanuma, T., Sasakuma, T. (2004) Orange fruit color in *Capsicum* due to deletion of Capsanthin-capsorubin synthesis gene. *Breeding science*, 54: 33-39.

Lannes, S. D. (2005) Diversidade em *Capsicum chinense*: análise química, morfológica e molecular. Dissertação de doutorado em Genética e melhoramento de plantas. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG, 93p.

Lanteri, S., Pickersgill, B. (1993) Chromosomal structural changes in *Capsicum annuum* L. and *C. chinense* Jacq. *Euphytica*, 67: 155 - 160.

Lefebvre, V., Kuntz, M., Camara, B., Palloix, A. (1998) The capsanthin-capsorubin synthase gene: a candidate gene for the *y* locus controlling the red fruit colour in pepper. *Plant Molecular Biology*, 36: 785-789.

Leonardo, M. (2003) Estresse salino induzido em plantas de pimentão (*Capsicum annuum* L) fertirrigadas e seus efeitos sobre a produtividade e parâmetros bioquímicos. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu-SP, 118p.

Lightbourn, G. J., Griesbach, R. J., Novotny, J. A., Clevidence, B. A., Rao, D. D., Stommel, J. R. (2008) Effects of Anthocyanin and Carotenoid Combinations on Foliage and Immature Fruit Color of *Capsicum annuum* L. *Journal of Heredity*: 1-7.

Lima, M. L. P., Melo Filho, P. A; Café Filho, A. C. (2001) Susceptibilidade de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) a infestação de ácaros fitófagos em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 19, suplemento CD-ROM.

Lins, T. C. L., Lourenço, R. T., Tavares, H. M. F., Reifschneider, F. J. B., Ferreira, M. E., Cortopassi Buso, G. S. (2001) Caracterização molecular e análise da

diversidade genética de acessos de *Capsicum* utilizando, marcadores moleculares. www.sbmp.org.br/cbmp2001/area4/04.Resumo.158.htm.

Luz, F. J. F. (2007) Caracterizações morfológica e molecular de acessos de pimenta (*Capsicum chinense* Jacq). Dissertação de Doutorado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias do Campus de Jaboticabal-UNESP. Jaboticabal-SP.

Martins, K. C. (2007) Análise meiótica em acessos representantes de espécies de *Capsicum* L. (Solanaceae). Dissertação de Monografia em Licenciatura em Biologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense-Darcy Ribeiro, 51p.

Marutani, N., Sheffer, R. O., Kamemoto, H. (1993) Cytological analysis of *Anthurium andraeanum* (Araceae) its related taxa and their hybrids. *American Journal of Botany*, 80: 93-103.

Mcleod, M. J., Guttman, S. I., Eshbaugh, W. H. (1982) Early evolution of chili peppers (*Capsicum*). *Economic Botany*, 36 (4): 361-368.

Miranda, J. E. C., Costa, C. P., Cruz C. D. (1988) Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L). *Rev Brazil Genet* 11 (2): 457-468.

Monteiro, C. E. S. (2007) Viabilidade Polínica de Híbridos Interespecíficos e acessos do gênero *Capsicum* L. (SOLANACEAE). Dissertação de monografia em Biociências e Biotecnologia. Universidade Estadual do Norte Fluminense- Darcy Ribeiro, 45p.

Moreira, S. O., Rodrigues, R., Araújo, M. L., Sudré, C. P., Souza, E. M. R. (2009) Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimenta em dois sistemas de cultivo. *Desempenho Ciência Rural*, Santa Maria, Online.

Moscone, E. A., Scaldaferrro, M. A., Grabielle, M., Cecchini, N. M., García, Y. S., Jarret, R., Daviña, J. R., Ducasse, D. A., Barboza, G. E., Ehrendorfer, F. (2007)

The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a Cytogenetic Perspective. VIth International Solanaceae Conference. Acta Hort, 745: 138-139.

Nascimento Filho, H. R., Barbosa, R. I., Luz, F. J. F. (2007) Pimentas do gênero *Capsicum* cultivadas em Roraima, Amazônia brasileira. II. Hábitos e formas de uso, 37 (4): 561-568.

Nascimento, I. R., Maluf, W. R., Valle, L. A. C., Meneses, C. B., Gandolfi Benites, F. R. (2004) Capacidade combinatória e ação gênica na expressão de caracteres de importância econômica em pimentão. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, 28 (2): 253-262.

Nozaki, D. N. (2007) Estudos biológicos e moleculares de Begomovírus infectando pimentão (*Capsicum annuum*) no estado de São Paulo. Dissertação de Doutorado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu-SP, 110p.

Ônus, A. N., Pickersgill, B. (2000) Monogenic segregations in backcross progenies of *Capsicum baccatum* x two interspecific F₁ hybrids and some possible explanations for distorted segregation ratios in *Capsicum*. *Turkish Journal of Botany* (in press), 24: 319-328.

Paran, I., Van der Knaap, E. (2007) Genetic and molecular regulation of fruit and plant domestication traits in tomato and pepper. *Journal of Experimental Botany*, 58 (14): 3841–3852.

Paula, R. C., Pires, I. E., Borges, R. C. G., Cruz, C. D. (2002) Predição de ganhos genéticos em melhoramento florestal. *Pesq. agropec. bras*, 37 (2): 159-165.

Peixoto, N., Braz, L. T., Banzatto, D. A., Moraes, E. A., Moreira, F. M. (2002) Características agronômicas, produtividade, qualidade de vagens e divergência genética em feijão-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20 (3): 447-451.

Peixoto, J. R., Maluf, W. R., Campos, V. P. (1999) Avaliação de linhagens, híbridos F1 e cultivares de pimentão quanto à resistência a *Meloidogyne* spp. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 34 (12): 2259-22659.

Peixoto, J. R., Maluf, W. R., Campos, V. P., Santos, J. B. (1996) Seleção de linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.) resistentes a *Meloidogyne* incognita Raça 2. Fitopatologia Brasileira, 21 (1): 55–58.

Pereira, G. M., Finger, F. L., Casali, V. W. D., Brommonschenkel, S. H. (2008) Influência do tratamento com etileno sobre o teor de sólidos solúveis e a cor de pimentas. Bragantia, Campinas, 67 (4): 1031-1036.

Pereira, M. J. Z. (2005) Reação de acessos de *Capsicum* spp a *Colletotrichum* sp, agente causal da Antracnose das Solanáceas. Dissertação de Mestrado em Agronomia. ESALQ-USP. Piracicaba-SP, 88p.

Pickersgill, B. (1997) Genetic resources and breeding of *Capsicum* spp. *Euphytica*, 96 (1): 129-133.

Pickersgill, B. (1991) Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In T. Tsuchiya and P.K. Gupta, Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution, part B. Elsevier, Amsterdam, 139-160.

Pickersgill, B. (1971) Relationship between weedy and cultivated forms in some species of chilli peppers, (genus *Capsicum*). *Evolution*, 25: 683-691.

Pinto, C. M. F., Puiatti, M., Caliman, F. R. B., Moreira, G. M. R., Mattos, R. N. (2006) Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 27 (235): 40-49.

Popovsky, S., Paran, I. (2000) Molecular genetics of the *y* locus in pepper: its relation to capsanthin-capsorubin synthase and to fruit color. *Theor Appl Genet*, 101: 86-89.

Pozzobon, M. T., Schifino-Wittmann, M. T., Bianchetti, L. B. (2006) Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L (Solanaceae) species: do $x = 12$ and $x = 13$ represent two evolutionary lines? *Bot. J. Linn. Soc.* 151: 259–269.

Pozzobon, M. T., Wittmann, M. T. (2006) A meiotic study of the wild and semi-domesticated Brazilian species of genus *Capsicum* L. (Solanaceae). *Cytologia* 71 (3): 275–287.

Prasad, B. C. N., Kumar, V., Gururaj, H. B., Parimalan, R., Giridhar, P., Ravishankar, H. B. (2006) Characterization of capsaicin synthase and identification of its gene (*csy1*) for pungency factor capsaicin in pepper (*Capsicum* sp). *PNAS*, 103 (36): 13315–13320.

Prestes, A. M., Goulart, L. R. (1995) Transferência de resistência a doenças de espécies silvestres para espécies cultivadas. *RAPP* 3: 315-363.

Ramalho, M. A. P., Santos, J. B., Zimmermann, M. J. O. (1993) Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro. Editora UFG, Goiânia, 271p.

Rêgo, E. R., Rêgo, M. M., CRUZ, C. D., Cecon, P. R., Amaral, D. S. S., Finger, F. L. (2003) Genetic diversity analysis of peppers: a comparison of discarding variable methods. *Crop Breeding And Applied Biotechnology*. Londrina, 3 (1): 19-25.

Rêgo, E. R. (2001) Diversidade, herança e capacidade combinatória em pimenta (*Capsicum baccatum*). UFV, Viçosa. Dissertação de Doutorado em Genética e Melhoramento de Planta. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

Ribeiro, C. S. C., Melo, R. A. C. (2003) Hibridação Interespecifica entre *Capsicum annuum* e *Capsicum chinense* visando resistência a *Phytophthora capsici*. IN: 2º Congresso Brasileiro de Melhoramento de Plantas, Porto Seguro- Bahia.

Ribeiro, C. S. C., Lobo Júnior, M., Carvalho, S. I. C., Reifschneider, F. (2002) Caracterização da coleção de germoplasma de *Capsicum* spp para resistência à murcha-de-fitóftora. *Horticultura Brasileira*, 20 (2): 344p.

Riddle, N. C., Birchler, J. (2003) A. Effects of reunited diverged regulatory hierarchies in allopolyploids and species hybrids. *Trends in Genetics*, London, 19 (11): 597-600.

Riva, E. M., Rodrigues, R., Sudré, C. P., Pereira, M. G., Viana, A. P., Amaral Júnior, A. T. (2007) Obtaining pepper F2:3 lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, 25: 567-571.

Riva, E. M. (2006) Uso dos métodos genealógico e Single Seed Descent (SSD) para obtenção de linhas de pimentão resistentes à mancha bacteriana. Dissertação de Doutorado em Produção Vegetal, Universidade Estadual do Norte Fluminense. 121p.

Rufino, J. L. S., Penteadó, D. C. S. (2006) Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para pimenta. *Informe agropecuário*, 27 (235): 7-15.

Sakai, C., Konno, F., Nakano, O., Iwai, T., Yokota, T., Lee, J., Umehara, C. N., Kuroiwa, A., Matsuda, Y., Yamashita, M. (2007) Chromosome elimination in the interspecific hybrid medaka between *Oryzias latipes* and *Oryzias hubbsi*. *Chromosome Research* 15: 697–709.

Segatto, F. B. (2007) Avaliação da qualidade “Pos-produção” de pimenta ornamental (*Capsicum annuum* L) cultivada em vaso. Dissertação de Doutorado em Fisiologia Vegetal. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 100p.

Silva, M. P. (2007) Aspectos clássicos e moleculares no melhoramento de pimentão visando à resistência à mancha bacteriana. Dissertação de Doutorado em Produção Vegetal. UENF, Campos dos Goytacazes-RJ, 90p.

Silva, L. L. (2002) Heterose e capacidade de combinação em cruzamentos dialélicos parciais de pimentão. Dissertação de mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas, Escola Superior de Agricultura “Luz de Queiroz”. Piracicaba, 100p.

Silveira, G. D. (2007) Estimativas de parâmetros genéticos visando Seleção de genótipos segregantes de soja. Dissertação de doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas, UNESP. Jaboticabal, 56p.

Singh, R. J. (2002) Plant cytogenetics. 2^a ed. Boca Raton: CRC press, 463 p.

Sousa, J. A., Maluf, W. R. (2003) Diallel analysis and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agricola*, Piracicaba, 60 (1): 105-113.

Souza, S. A. M. (2008) Caracterização citogenética, química e molecular em *Capsicum chinense* Jacq. Dissertação de Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas. Campos dos Goytacazes: UENF, 67p.

Sousa, J. A., Maluf, W. R. (2000) Estimação da heterose em pimenta (*Capsicum chinense* Jacq.). *Ciência e Agrotecnologia*. Lavras, 24 (3): 623-631.

Souza-Sobrinho, F., Maluf, W. R., Gomes, L. A. A., Campos, V. P. (2002) Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita* race 2 in the hot pepper cultivar Carolina Cayenne (*Capsicum annuum* L). *Genetics and Molecular Research*. Ribeirão Preto, 1 (3): 271-279.

Stewart, J. C., Mazourek, M., Stellari, G. M., O'connell, M., Jahn, M. (2007) Genetic control of pungency in *C. chinense* Jacq via the Pun1 locus. *Journal of Experimental Botany*, 1-13.

Stuber, C. W., Edwards, M. D., Wendel, J. F. (1987) Molecular marker-facilitated investigations of quantitative trait loci in maize. Factors influencing yield and its component traits. *Crop Science*, Madison, 27: 639-648.

Sudré, C. P., Cruz, C. D., Rodrigues, R., Riva, E. M., Amaral Júnior, A. T., Silva, D. J. H; Pereira, T. N. S. (2006) Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 24 (1): 88-93.

Sudré, C. P. (2003) Divergência genética e avaliação da resistência à Mancha bacteriana em *Capsicum* spp. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Campos dos Goytacazes, UENF, 126p.

Thorup, T. A., Tanyolac, B., Livingstone, K. D., Popovsky, S., Paran, I., Molly Jahn. (2000) Candidate gene analysis of organ pigmentation loci. *PNAS*, 97 (21): 11192–11197.

Tonin, F. B. (2005) Atividade de enzimas antioxidativas e absorção de silício em plantas de pimentão submetidas a estresse salino. Dissertação de Mestrado em Agronomia. Faculdade de Ciências Agrônômicas da UNESP, Botucatu-SP, 104p.

Valle, L. A. C., Maluf, W. R., Nascimento, I. N., Faria, M. V., Figueira, A. R., Gomes, L. A. A., Licursi, V., Moretto, P. (2002) Avaliação da resistência de híbridos experimentais de pimentão ao mosaico amarelo causado por Pepper yellow mosaic vírus (PepYMV). *Horticultura Brasileira*, 20 (2): 346.

Vidigal, D. S. (2008) Alterações fisiológicas e bioquímicas em sementes de pimenta em função do estágio de maturação dos frutos. Dissertação de Mestrado em Fitotecnia. Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG, 87p.

Vilela, N. J., Ribeiro, C. S. C., Madail, J. C. M. (2008) Eficiência técnico-econômico de quatro sistemas de produção de pimentas *Capsicum*. Comunicado técnico. Brasília-DF.

Viñals, F. N., Ortega, R. G., Garcia, J. C. (1996) El cultivo de pimientos, chiles y ajies. Madrid: Ed Mundi-Prensa, 607p.

Wagner, C. M. (2003) Variabilidade e base genética da pungência e de caracteres do fruto; Implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum annuum* L. Piracicaba. Tese (Doutorado). 184p.

Yoon, J. B., Yang, D. C., Wahng, J. D., Park, H. G. (2006) Overcoming two post-fertilization genetic barriers in interspecific hybridization between *C. annuum* L and *C. baccatum* L for introgression of Anthracnose resistance. *Breeding Science* 56: 31-38.

Zewdie, Y., Bosland, P. W. (2000) Capsaicinoid inheritance in an interspecific hybridization of *Capsicum annuum* x *C. chinense*. *J-Am-Soc-Hortic-Sci*, 125 (4): 448-453.