

**REAÇÃO À MANCHA-BACTERIANA E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE LINHAS RECOMBINADAS DE *Capsicum*
annuum L.**

SARAH OLA MOREIRA

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO NORTE FLUMINENSE DARCY
RIBEIRO**

**CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ
FEVEREIRO - 2008**

**REAÇÃO À MANCHA-BACTERIANA E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE LINHAS RECOMBINADAS DE *Capsicum
annuum* L.**

SARAH OLA MOREIRA

“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 Produção Vegetal”.

Orientadora: Prof.^a Rosana Rodrigues

CAMPOS DOS GOYTACAZES – RJ

FEVEREIRO – 2008

**REAÇÃO À MANCHA-BACTERIANA E DESEMPENHO
AGRONÔMICO DE LINHAS RECOMBINADAS DE *Capsicum
annuum* L.**

SARAH OLA MOREIRA

“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 Produção Vegetal”.

Aprovada em 26 de fevereiro de 2008.

Comissão Examinadora:

Prof. Alexandre Pio Viana (D.Sc., Genética e Melhoramento) – UENF

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

Prof. Frederico de Pina Matta (D.Sc., Genética e Melhoramento) – CCA – UFES

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

A Deus.
AGRADEÇO

Ao meu pai Frederico (*in memoriam*).
DEDICO

A minha mãe, Maria, e a meus irmãos, Frederico Júnior e Leonardo.
OFEREÇO

“Eu plantei, Apolo regou, mas Deus quem dá o crescimento. Assim, nem o que planta é alguma coisa, nem o que rega, mas Deus, que dá o crescimento”.
(1Cor, 3, 6-7)

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me dado essa missão e, em todos os momentos me guiou e me fortaleceu, expressando, de forma simples e grandiosa, seu imenso amor;

À Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, pela oportunidade concedida para a realização do curso de Mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – CAPES, pela concessão da bolsa, imprescindível para a execução do curso;

À minha orientadora, Prof^a Rosana Rodrigues, por toda a atenção, apoio, amizade, compreensão e exigências, que me fizeram crescer e aprimorar meus ensinamentos e meus trabalhos;

Aos professores, Frederico, Alexandre e Messias, que participaram como membros da Banca Examinadora, pelas sugestões que enriqueceram o trabalho;

Aos demais professores do Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal - LMGV, pelos preciosos ensinamentos fornecidos durante toda a realização do curso;

Aos funcionários da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro – PESAGRO, da Estação Experimental de Seropédica - EES, especialmente, à pesquisadora Maria Luíza de Araújo, por me auxiliarem em parte do experimento;

Ao José Manoel, Enildo, Marcos, João e Jocimar (PEAGRO-RIO, Estação Experimental de Campos), pela competência e dedicação na condução de parte dos experimentos;

Aos colegas de laboratório, Cláudia, Cíntia, Leandro, Marilene, Monique, Rebeca, Gildeíde, Cláudio, Cícero, Kenea, Marlon, Elaine, Graziela, pela troca de idéias, pela excelente convivência, por dividirem o trabalho comigo, tornando-o mais leve e divertido;

Ao Prof. Sebastião Martins Filho e ao Centro de Ciência Agrárias da Universidade Federal do Espírito Santo - CCA-UFES, por me apresentarem à pesquisa científica;

A todos meus amigos, de Guaçuí, do CCA-UFES, da UENF, de república, por estarem presentes, por me aceitarem como amiga e dividirem comigo todas as alegrias e tristezas. Obrigada por tudo;

Ao meu pai, Frederico dos Santos Moreira que, mesmo não estando presente fisicamente, esteve em meus pensamentos em todos os momentos. Saudades eternas;

À minha família, avó, tios, primos e agregados, por toda a ajuda, incentivo, companheirismo e por me fazerem sentir saudade de casa;

À minha cunhada, Carolina Rodrigues Moreira, por ter aceitado fazer parte da minha família e por me incentivar;

Ao meu sobrinho, Arthur dos Santos Moreira, por ser a alegria da casa, fazendo-me lembrar os tempos de criança e esquecer os problemas. Ao Hugo, ainda na barriga da Carol, por trazer novas alegrias e esperanças;

Aos meus queridos irmãos, Frederico dos Santos Moreira Júnior e Leonardo Ola Moreira, por terem se sacrificado por mim durante tantos anos, por terem me ajudado durante toda a minha vida;

À minha amada mãe, Maria da Penha Ola Moreira que, mesmo desejando que eu ficasse sob suas asas, dedicou-se tanto para que eu concluísse o curso, me motivou e me amou;

A todos que colaboraram, direta ou indiretamente, durante todo o curso de Mestrado, tornando possível a concretização deste trabalho. Muito obrigada a todos;

À Sarah Ola Moreira, por não desanimar diante das dificuldades, por ir atrás dos sonhos, por não ter vergonha de pedir ajuda, por ter a certeza que iria conseguir... E conseguiu!

SUMÁRIO

RESUMO.....	vii
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1 Origem, domesticação e botânica de <i>Capsicum annuum</i> L.....	4
2.2 Importância econômica e usos.....	6
2.3 Formas de cultivo.....	7
2.4 Doenças: um fator limitante às culturas de pimentão e pimenta.....	9
2.4.1 Mancha-bacteriana.....	10
2.5 Interação genótipo X ambiente.....	14
3. TRABALHOS.....	17
CAPÍTULO 1	
Resistência à mancha-bacteriana e desempenho agronômico de linhas	
endogâmicas recombinadas de <i>Capsicum annuum</i> L.....	17
Resumo.....	18
Summary.....	18
Introdução.....	19
Material e Métodos.....	21
Resultados e Discussão.....	25
Agradecimentos.....	29
Literatura Citada.....	29

CAPÍTULO 2

Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimentas em sistema orgânico e cultivo protegido.....	39
RESUMO.....	39
ABSTRACT.....	40
MATERIAL E MÉTODOS.....	43
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	44
AGRADECIMENTOS.....	49
LITERATURA CITADA.....	49

CAPÍTULO 3

Interação Genótipo X Ambiente em Linhas Endogâmicas Recombinadas de <i>Capsicum annuum</i> L.....	59
RESUMO.....	59
ABSTRACT.....	60
MATERIAL E MÉTODOS.....	62
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	64
AGRADECIMENTOS.....	68
LITERATURA CITADA.....	69
4. RESUMOS E CONCLUSÕES.....	78
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	82
APÊNDICES.....	90
Apêndice A - Capítulo 1.....	91
Apêndice B - Capítulo 2.....	96
Apêndice C - Capítulo 3.....	98

RESUMO

Moreira, S.O.; M.S.; Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro; Fevereiro, 2008. Reação à mancha-bacteriana e desempenho agrônômico de linhas recombinadas de *Capsicum annuum* L. Professora orientadora: Rosana Rodrigues.

Muitos fatores interferem na produtividade da pimenta e do pimentão, como, por exemplo, as doenças, os manejos diferenciados e a adaptação da cultivar utilizada ao clima e às condições de cultivo. O presente trabalho objetivou estudar a reação à mancha-bacteriana; o desempenho agrônômico em condições de campo e em sistema orgânico e protegido; e os efeitos do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente de linhas endogâmicas recombinadas (LER) de *Capsicum annuum* L., provenientes do cruzamento entre os acessos UENF 1421 (pimentão suscetível à mancha-bacteriana) e UENF 1381 (pimenta resistente). Para a realização deste trabalho, três experimentos foram realizados. O primeiro experimento foi realizado em Campos dos Goytacazes – RJ, com o objetivo de avaliar o desempenho agrônômico nas condições de campo de 18 linhas recombinadas. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso, com três repetições e 12 plantas por parcela. No segundo experimento, avaliou-se o desempenho de 12 linhas recombinadas em cultivo protegido e manejo orgânico, na Estação Experimental de Seropédica – RJ, da PESAGRO–RIO, em blocos ao acaso com quatro repetições e seis plantas por parcela. Em ambos os experimentos, foram avaliados o número total de frutos (NTF), peso total de frutos

(PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) e a presença de capsaicina (CAPS). Além destes, no experimento em campo, também foram medidos a altura da planta (AP) e diâmetro da copa (DC). No terceiro experimento, testou-se a reação à mancha-bacteriana em casa de vegetação, utilizando-se o delineamento inteiramente casualizado com seis repetições, em Campos dos Goytacazes, RJ, pelo método de inoculação de suspensão bacteriana e avaliação por meio de escala de notas e pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Nos experimentos em campo e em cultivo protegido, foram realizadas análises de variância e as médias foram agrupadas pelo método Scott Knott. Foram estimados a variância genotípica, fenotípica e ambiental, o coeficiente de determinação genotípico e de variação genética e o índice de variação. Para o experimento em cultivo protegido, também foram estimadas as correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais. Estimaram-se os efeitos do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente (G x A) das 12 linhas comuns aos experimentos anteriores. Foi realizada uma análise de variância para cada ambiente, uma análise conjunta e a decomposição da interação G x A. Para a análise conjunta, estimou-se o componente quadrático genotípico e da G x A, o coeficiente de determinação genotípico, coeficiente de variação genética e o índice de variação. A partir dos dados obtidos no experimento de campo, constatou-se que a maioria das linhas recombinadas produziu frutos pungentes, pequenos e numerosos, e arquiteturas de plantas variadas. Cinco linhas foram resistentes à mancha-bacteriana. Destacaram-se, entre as pimentas, as linhas 8 e 13, por sua grande produção em termos de NTF e PMF, frutos de formato cônico e resistência à mancha-bacteriana; a linha 11, por produzir frutos eretos, pequenos, pungentes, de formato cônico, porte anão e resistência à mancha-bacteriana, é promissora para utilização como ornamental. Entre as linhas não-pungentes, destacou-se a linha 1 pelo formato cônico, PMF de 13 g e resistência à mancha-bacteriana. No experimento em sistema orgânico e cultivo protegido, houve diferença altamente significativa para todas as características, exceto para PTF. As linhas produziram elevado número de frutos, leves e de formatos variados. Somente duas linhas não apresentaram pungência e quatro segregaram-se para CAPS. Todas as características tiveram alta variância genotípica e altos coeficientes de determinação genotípicos, mostrando

que os resultados são de origem genética. Somente as correlações entre NTF x PMF e entre CF/DF x CF e DF foram significativas, e a maior contribuição dos fatores genéticos, em relação ao ambiente, pode ser confirmada pela superioridade dos valores das correlações genóticas frente às correlações fenotípicas. Os dados permitiram a indicação preliminar das linhas 5 e 8 para o cultivo orgânico em ambiente protegido. A interação do G x A foi significativa para NTF, PTF, PMF, CF/DF e DF. Com exceção do CF, o cultivo protegido propiciou melhores médias para todas as características estudadas. Os parâmetros estudados revelaram que a variação genética superou a ambiental, evidenciando que estas características podem ser melhoradas. Entre as linhas pungentes, para o cultivo em campo, a linha 2 pode ser indicada como promissora por sua alta capacidade produtiva; e, para o cultivo protegido, a linha 3 obteve o maior número de frutos, sendo, promissora para o cultivo comercial. Para ambos os ambientes, a linha 1 (não-pungente) proporcionou melhores resultados, sendo indicada para o cultivo.

ABSTRACT

Sweet and chili pepper yield can be influenced by many factors as disease occurrence, different management types and the cultivar adaptation to the environment and cultivation conditions. The present work aimed to study the bacterial spot reaction, the agronomic performance, in field and in greenhouse conditions, of recombinant inbred lines (RILs) from crosses between a sweet pepper accession (susceptible to bacterial spot) and a chili pepper accession (resistant to bacterial spot). Estimation of genetic parameters and genotype, environmental and the interaction genotype x environment (G x E) were also determined. Three experiments were carried out: the first one was developed in Campos dos Goytacazes, RJ, aimed to evaluate the performance of 18 RILs in field conditions. This experiment was carried out in randomized blocks design with three replications and 12 plants/plot. The second experiment, which the objective was to study the development and performance of 12 RILs grown under greenhouse conditions and organic management, was planted in Seropédica, RJ, in a randomized block design with four replications and six plants/plot. In both experiments the characters considered were total fruit number (TFN); total fruit weight (TFW); mean fruit weight (MFW); fruit length (FL); fruit diameter (FD); length/diameter fruit ratio, capsaicin presence. In the field experiment the characters plant height (PH) and canopy diameter (CD) were also considered. In the third experiment, the reaction to bacterial spot was evaluated in greenhouse conditions, using a completely randomized design, with six replications, in Campos dos Goytacazes, RJ. An artificial inoculation was necessary and a bacterial

suspension was used. The disease evaluation was done using a rate scale and the area under curve disease progress (AUCDP). In the field and greenhouse conditions experiments, variance analysis and mean analysis using Scott Knott test were performed and genotypic, phenotypic and environmental variances as well as variation index were estimated. Under the greenhouse conditions genotypic, phenotypic and environmental correlations were determined. Considering the 12 RILs, common in both experiments, an estimation of genotype effects, environmental effects and genotype x environmental interaction were also estimated. A variance analysis for each environment, a joint variance analysis and a partitioning of genotype environment interaction were performed. The genotype and GE quadratic components, the genotypic determination coefficient, genetic variation coefficient and variation index were estimated. From field experiment, we concluded that the majority of RILs produced high number of pungent and small fruits. Five lines, namely 1, 6, 8, 11, and 13 were resistant to bacterial spot. Line 1, is a non-pungent type, with high yield and can be indicated for mini-vegetables market. Line 11 has a potential considering ornamental purposes, since it has a small size of the plant. Lines 8 and 13, had higher yield of pungent fruits in a triangle shape, and can be indicated for using as chili pepper. Considering data from cultivation under greenhouse conditions and using organic management, there was significant difference for all characters studied but TFW. The recombinant lines produced high number of fruit, with low weight and many different shapes. Absence of pungency was registered for only two lines and four other lines segregated for capsaicina presence. It was observed high values for genotypic variance and genotypic determination coefficient for all traits, indicating that the results were from genetic sources. Nevertheless, the major contribution of genetic effects in relation to environment can be confirmed by superiority of genotypic correlations compared with phenotypic correlations. The data pointed out for a preliminary indication of lines 5 and 8 for cultivation in organic system under greenhouse conditions. The GE interaction was significant for TFN, TFW, MFN, FL/FD and FD. Cultivation under greenhouse conditions was responsible for the highest mean performance for every traits studied but FL. Genetic variation was superior when compared to environmental variation. For field conditions, the line 2 (pungent) appear to be promising for their high yield ability. Considering the greenhouse conditions, the line 3 (pungent), that had higher yield in terms of fruit

number, also seems to be promising for commercial cultivation. The line 1 (non-pungent) also seems to be promising for commercial cultivation in the two environment.

1. INTRODUÇÃO

As hortaliças compõem uma parte importante da alimentação do brasileiro, sendo o segundo grupo de alimentos mais adquiridos para consumo. Em 2003, cerca de 29 kg/habitante/ano foram comercializados para a alimentação domiciliar (Embrapa, 2007a).

Em 2006, segundo Antonialli et al. (2006), o pimentão está entre as dez hortaliças mais consumidas em todo o Brasil. Entre os estados, os maiores consumidores foram Sergipe, Pernambuco e Bahia. O estado do Rio de Janeiro ocupou a décima posição com um consumo médio de 0,623 kg/habitante/ano (IBGE, 2007). No caso da pimenta, a Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo (Ceagesp) comercializou, em média, entre 1998 e 2005, 330 mil kg de pimenta *in natura* por ano (Rufino e Penteado, 2006).

A produção de hortaliças no estado do Rio de Janeiro, sobretudo nas regiões Norte e Noroeste, está sujeita a uma série de entraves. Tais entraves vão desde a falta de cultivares adaptadas às condições climáticas (alta temperatura e umidade, solos salinos, entre outros) até a ocorrência de diversas pragas e doenças, que resultam na aplicação indiscriminada de produtos químicos para o controle destas adversidades (Costa et al., 2002). A queda no rendimento do pimentão pode ser causada, principalmente, por problemas fitossanitários, e o potencial genético, a qualidade física, fisiológica e sanitária das sementes são fatores que determinam, em grande parte, o sucesso de seu cultivo (Peixoto et al., 1999).

Para a espécie *Capsicum annuum*, a doença considerada mais destrutiva para a cultura, responsável por perdas significantes, é a mancha-bacteriana, causada pela bactéria *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Kurozawa e Pavan, 1997). Uma nova classificação da bactéria foi proposta por Jones et al. (2004), que sugeriram o nome de *Xanthomonas euvesicatoria*. Entre os métodos de controle recomendados, a utilização de cultivares resistentes é um dos mais eficientes, devido à melhoria na qualidade final do produto para o consumidor, à redução na poluição ambiental e no uso de agrotóxicos (Silva, 2003). Uma cultivar resistente necessita ser tão boa quanto as outras que dominam o mercado na ausência de doença, ou ela não será adotada por melhor que seja o nível de resistência que apresente (Reifschneider e Lopes, 1998). Para tanto, as características agronômicas, como produtividade, formato, cor e tamanho de fruto dessas cultivares, devem também apresentar resultados satisfatórios.

Alguns programas de melhoramento, com o objetivo de se obter cultivares de *C. annuum* resistentes à mancha-bacteriana, têm sido conduzidos em diferentes instituições. A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária possui um banco de germoplasma com 650 acessos de *Capsicum* spp. (Embrapa, 2007b), dos quais, 172 já foram avaliados quanto à reação à mancha-bacteriana e sete genótipos de *C. annuum* foram identificados como fontes de resistência a essa doença (Bongiolo Neto et al., 1986). O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) desenvolve, desde 1976, um programa de melhoramento genético do pimentão visando incorporar resistência a esse patógeno (Noda et al., 2003). Já na Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF), a partir do cruzamento entre UENF 1421 (pimentão suscetível) e UENF 1381 (pimenta resistente), 18 linhas recombinadas promissoras para a resistência e produção de frutos foram obtidas, utilizando-se o SSD (*Single Seed Descent*), como método de melhoramento (Riva, 2006).

A avaliação de cultivares de pimentão destina-se à escolha de genótipos que sejam geneticamente resistentes a doenças e pragas, e com características agronômicas desejáveis, alta produtividade e adaptação às regiões de cultivo (Peixoto et al., 1999). Sabe-se que a expressão fenotípica de caracteres variáveis depende do genótipo da cultivar, bem como do ambiente onde é plantada. Assim, o

estudo da interação genótipos x ambientes torna-se necessário nos programas de melhoramento (Cruz et al., 2004).

Na escolha de um genótipo para ser plantado em determinado local, é sempre desejável que existam ensaios visando à seleção dos mais adaptados. Recomendam-se, inicialmente, plantios em escala experimental e, somente depois de obtidos resultados preliminares, deverão ser realizados plantios em maior escala, com menor número de genótipos (Oliveira et al., 2001). Este método é um requisito importante para a indicação de novas cultivares de qualquer hortaliça, pois o comportamento de cada genótipo depende do ambiente como um todo, principalmente do clima, solo e forma de cultivo.

Diante do exposto, este trabalho teve como objetivos: i) avaliar o desempenho agrônômico e a reação à mancha-bacteriana de 18 linhas endogâmicas recombinadas de pimentão e pimentas, originadas do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381, em cultivo convencional, no município de Campos de Goytacazes – RJ; ii) avaliar o desempenho agrônômico de 12 linhas endogâmicas originadas do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381, em condições de cultivo protegido e orgânico, em Seropédica - RJ; iii) estimar os efeitos do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente nas linhagens cultivadas em condições de campo e em ambiente protegido, nos dois locais.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Origem, domesticação e botânica de *Capsicum annuum* L.

Pertencente a famílias das solanáceas, o gênero *Capsicum* possui 31 espécies confirmadas e cinco em vias de serem classificadas (Pozzobon et al., 2006; Moscone et al., 2007). O seu centro de origem, segundo estudos de Nikolai Vavilov, é o sul do México e a América Central, incluindo as Antilhas (Lam-Sanchez, 1992). O Brasil é um importante centro secundário de diversidade dessas espécies domesticadas, exceto para *C. pubescens*, que não está representada no Brasil (Reifschneider, 2000). Depois do descobrimento das Américas, as pimentas foram introduzidas em diferentes áreas e, hoje, se encontram dispersas pelo mundo.

Para *Capsicum annuum*, o centro primário de diversidade inclui o México e a América Central; e centros secundários, na Europa, África, Ásia e em partes da América Latina (IBPGR, 1983).

Os registros mais antigos do consumo do gênero *Capsicum* datam de 9000 a.C., encontrados em explorações arqueológicas realizadas em Tehuacán, México (Rufino e Penteado, 2006). A existência de um morfotipo de amido fóssil, oriundo de frutos de *Capsicum* spp., comumente encontrado em artefatos, ferramentas, vasilhas de cerâmica, entre outros, foi relatado por Perry et al. (2007). Esses microfósseis, exclusivos do gênero *Capsicum*, foram encontrados em sete sítios arqueológicos

entre o Arquipélago das Bahamas e a América do Sul Andina, datando de 6000 anos atrás.

A intervenção humana, selecionando os tipos mais adequados, favoreceu a domesticação de genótipos que apresentavam frutos não-decíduos, com tamanhos e cores variadas (Reifschneider, 2000). As espécies do gênero *Capsicum* podem ser divididas com base no processo de domesticação em silvestres (18 espécies), semidomesticadas (dez espécies) e em domesticadas (cinco espécies), a saber: *Capsicum annuum*, *C. pubescens*, *C. frutescens*, *C. chinense* e *C. baccatum*. As espécies *C. annuum* e *C. baccatum* possuem variedades consideradas semidomesticadas e domesticadas (IBPGR, 1983; Reifschneider, 2000; Moreira et al., 2006). As espécies domesticadas são as mais cultivadas no Brasil (Moreira et al., 2006).

Dentre as espécies desse gênero, *C. annuum* é a de maior importância econômica, a mais cultivada e com diversas formas domesticadas. Nesta espécie, estão incluídos os pimentões, as pimentas doces para páprica, as pimentas 'Jalapeño', 'Cayenne', 'Serrano', 'Cereja', entre outras, além de algumas cultivares ornamentais (Reifschneider, 2000; Moreira et al., 2006).

A taxonomia do gênero *Capsicum* é complexa, devido à grande variabilidade de formas existentes e à diversidade de critérios utilizados para sua classificação. Contudo, a espécie *C. annuum* é pertencente à divisão Spermatophyta (nova classificação proposta: Magnoliophyta), classe Dicotyledonea (nova classificação proposta: Magnoliopsida), ordem Solanales, família Solanaceae, subfamília Solanoideae e tribo Solaneae (Viñals, 1996).

A planta é arbustiva, com caule semilenhoso, que pode ultrapassar um metro de altura. As plantas são cultivadas como plantas herbáceas anuais, embora sejam de uma espécie perene. Possui flores isoladas, pequenas e hermafroditas, com cinco anteras e um único estigma; sua corola possui coloração branca leitosa. É uma planta de autofecundação, embora a taxa de cruzamento possa ser elevada, dependendo da ação de insetos polinizadores. Seus frutos são bagas ocas, pendentes, de tamanho e formato variados, geralmente cônico ou cúbico, de cores com diferentes gradações, passando por verde, vermelho, amarelo, creme, roxo, dentre outras, quando maduros (Viñals, 1996; Filgueira, 2000; Reifschneider, 2000).

A espécie *C. annuum* é diplóide, com $2n = 24$ cromossomos, porém os citótipos mais comuns em espécies silvestres são $2n = 26$ cromossomos (Moscone et al., 2007).

Nesta espécie, podem existir frutos pungentes ou não-pungentes. A pungência da pimenta deve-se a dois alcalóides, denominados capsaicina e dihidrocapsaicina. Estas substâncias estão presentes na placenta, nas sementes e, em menor quantidade, no pericarpo. A quantidade destes alcalóides nas pimentas pode variar de 0 (pimentas doces) a 300.000 SHU (*Scoville Heat Unit*) ou mais (pimentas picantes) (Reifschneider, 2000). A pungência nos frutos é condicionada pelo *gene C* (Lippert et al., 1965). Blum et al. (2002) localizaram o *locus C* no cromossomo 2, na geração F_2 do cruzamento entre *C. frutescens* e *C. annuum*. Entretanto, para a espécie *C. chinense*, Stewart Jr et al. (2007), relataram que a presença de capsaicinóides é controlada pelo locus *Pun 1* e, no homocigoto recessivo *pun1/pun1*, não houve síntese destes compostos.

2.2 Importância econômica e usos

O pimentão e as pimentas possuem grande importância econômica, e são utilizados em todo o mundo, *in natura* ou na forma processada. No Brasil, são cultivados em todo o território brasileiro (Echer, 2002). A região sudeste é responsável por 39 % da produção de pimentão do país (Mello, 1996).

O agronegócio envolvendo *C. annuum* exerce importância na agricultura familiar e na integração do pequeno agricultor com a agroindústria (Ribeiro, 2004). A produção de sementes envolve recursos de cerca de 1,5 milhões de dólares (Ribeiro e Cruz, 2002).

As pimentas e os pimentões foram, possivelmente, os primeiros aditivos alimentares utilizados pelas civilizações antigas do México e América do Sul, sendo utilizado para dar aroma, cor e sabor e preservar os alimentos (Reifschneider, 2000). Esses frutos estão presentes na culinária da maioria dos países, sendo amplamente utilizados como condimento, corante e hortaliças. Os tipos pungentes são usados frescos, verdes ou maduros, curtidos, secos ou industrializados. Os tipos não-pungentes são amplamente utilizados, verdes ou maduros como hortaliças, sendo

também consumidos frescos, curtidos, assados, cozidos, secos, em pó ou em conserva (Viñals, 1996; Filgueira, 2000; Reifschneider, 2000; Moreira et al., 2006).

O conteúdo nutricional dos frutos de *Capsicum* é relativamente alto. Eles contêm as vitaminas A, B₁, B₂, E e, principalmente, vitamina C. Possuem ainda proteínas, glicídios, lipídios, minerais, água e fibras. Quando consumidos na dieta, em quantidades adequadas, podem assegurar a manutenção das funções vitais do organismo, suprimindo as necessidades de energia, de elaboração e manutenção dos tecidos e de equilíbrio biológico. Os frutos possuem pigmentos, como os carotenóides, responsáveis pela sua coloração e pelo corante vermelho da páprica (IBPGR, 1983; Reifschneider, 2000). As pimentas, em comparação com o pimentão, apresentam maiores valores de vitaminas B₁ e B₂, além da capsaicina (Viñals, 1996).

Além de usos culinários, pimentas e pimentões estão sendo estudados por áreas relacionadas à medicina e à farmácia por sua ação conservante e antimicrobiana, além de fins terapêuticos e na prevenção de doenças. Por serem fontes de três antioxidantes naturais (vitamina C, os carotenóides e a vitamina E), os frutos de *Capsicum* são utilizados na prevenção de doenças degenerativas como o câncer, doenças cardiovasculares, cataratas, mal de Parkinson e mal de Alzheimer. Já em 1980, foi descrita a atividade anticoagulante *in vitro* da capsaicina (Reifschneider, 2000).

2.3 Formas de cultivo

Essa espécie é cultivada no Brasil por ser adaptada ao clima tropical, sensível à temperatura baixa e intolerante a geada. No sudeste, ela é normalmente cultivada de meados da primavera a meados do outono, podendo também ser cultivada no inverno em regiões de baixa altitude (Fontes et al., 2005a; Fontes et al., 2005b).

Diversas formas de cultivo são empregadas na produção de *C. annuum*, dentre elas, destacam-se o cultivo convencional, em ambiente protegido e o orgânico (Filgueira, 2000; Reifschneider, 2000; Fontes et al., 2005b; Pinto et al., 2006).

Em cultivos convencionais, a forma mais tradicional de cultivo de *C. annuum*, as plantas crescem diretamente no solo com aporte adequado de nutrientes e água. Para uma melhor produção, fertilizantes são freqüentemente utilizados (Favaro-

Trindade et al., 2007). A grande desvantagem dessa forma de cultivo é a impossibilidade de controlar alterações climáticas, como a elevação de temperatura e as precipitações intensas, que podem prejudicar a produtividade e a qualidade dos frutos (Silva et al., 2006), fatores parcialmente controlados pelo cultivo protegido (Eklund et al., 2005).

A partir do ano de 1980, houve uma grande expansão no cultivo comercial de hortaliças em ambiente protegido, principalmente no estado de São Paulo e próximo a grandes centros consumidores, o que permitiu o cultivo de hortaliças fora de época e em locais onde a condição climática é limitante (Scivittaro et al., 1999). *C. annuum* é uma das culturas mais indicadas para ambiente protegido, onde a sua produtividade pode alcançar o dobro do que é obtida em condições de campo, além de propiciar melhor qualidade dos frutos, devido à possibilidade de proteção contra fatores adversos (Lúcio et al., 2004).

A escassez de cultivares selecionadas ou melhoradas, especificamente para ambientes protegidos, tem dificultado a difusão dessa forma de cultivo entre os olericultores (Figueiredo et al., 2004). Com a criação de novas cultivares, torna-se necessário conhecer o crescimento e a produção da planta, utilizando-se as práticas culturais vigentes. Segundo Fontes et al. (2005b), são raros os trabalhos, nas condições brasileiras, que caracterizam, em cultivo protegido, o crescimento e o desenvolvimento de cultivares de pimentão.

Em termos de cultivo em sistema orgânico, havia no Brasil, em 2001, 5.498 produtores orgânicos de hortaliças, em pequenas propriedades, caracterizadas por gestão familiar, que cultivavam grande diversidade de produtos, pouca dependência de recursos externos e maior utilização de mão-de-obra. Em geral, os produtos orgânicos têm alcançado cotação superior no mercado quando comparada com a dos produtos tradicionais. Os preços atrativos dos produtos orgânicos, em geral, maiores do que os dos produtos convencionais, vêm compensando os dispêndios alocados na exploração, principalmente pelo uso mais intensivo de mão-de-obra, produtividade menor e os custos de certificação (Vilela et al., 2006). A produção orgânica adota práticas de rotação de cultura, aproveitamento de resíduos orgânicos e controle biológico, eliminando a utilização de fertilizantes químicos. Esta técnica de cultivo apresenta uma grande vantagem comparada à do sistema convencional, por

não provocar impacto ao meio ambiente (Favaro-Trindade et al., 2007). O Japão é um dos maiores países consumidores de produtos orgânicos e, entre os principais produtos consumidos, está a pimenta (FAO, 2008). O cultivo orgânico pode ser utilizado tanto em campo aberto quanto em ambiente protegido.

2.4 Doenças: um fator limitante às culturas de pimentão e pimenta

Há várias doenças relatadas na cultura do pimentão e da pimenta (Filgueira 2000; Reifschneider, 2000; Carmo et al., 2006). Entre as de etiologia fúngica, destacam-se a antracnose, a murcha-de-fitóftora e o oídio (Carmo et al., 2006). A antracnose [*Colletotrichum gloeosporioides* (Penz) Sacc] é relatada como uma das doenças mais comuns aos frutos de *C. annuum* e a várias outras espécies de importância agrônômica, como tomate, jiló e berinjela. É provocada por um fungo de solo que ataca plantas da sementeira até a fase adulta. Sua importância é reconhecida pelas lesões que provoca nos frutos, no campo ou em pós-colheita (Reifschneider, 2000; Carmo et al., 2006). A murcha-de-fitóftora (*Phytophthora capsici* Leonian), também conhecida como requeima, está distribuída em quase todos os continentes, em regiões de clima temperado ou tropical. Os sintomas típicos da doença são a murcha repentina, necrose de coloração marrom-escura no colo e a morte da planta. Diversos métodos de controle têm sido adotados a fim de impedir que a doença se estabeleça, porém todos os métodos sugeridos apresentam limitações (Santos e Goto, 2004). O oídio [*Leveillula taurica* (Lév.) G. Arnaud] tem sido considerado a doença mais problemática sob cultivo protegido no Brasil e em outros países, causando desfolha de até 75 % e perdas de até 40 % da produção. Seu controle por meio de fungicidas sistêmicos tem se mostrado ineficaz, sendo a resistência genética a melhor alternativa (Blat et al., 2005).

Entre as viroses, há relatos de infecção natural por mais de 20 espécies de vírus, sendo os mais importantes no Brasil, o *PVY* (*Potato virus Y*), o *PepYMV* (*Pepper Yellow Mosaic Virus*), o *TMV* (*Tobacco Mosaic Virus*) e os tospovírus (Carmo et al., 2006). O *PVY* é considerado uma das mais importantes viroses, que impede o plantio de pimentões suscetíveis no Centro-Sul do país (Kurozawa e Pavan, 1997). A série 'Agrônômico', desenvolvida por um programa de

melhoramento de pimentão visando à incorporação de genes de resistência ao mosaico causado pelo *PVY*, foi bastante eficiente, pois impediu a disseminação das estirpes do vírus, então presentes no Brasil (Carmo et al., 2006). O *PepYMV* foi relatado ocorrendo em híbridos suscetíveis na região serrana do estado do Espírito Santo, uma importante área produtora de hortaliças no Brasil, causando sérios danos econômicos às culturas do pimentão, pimenta e do tomate (Ávila et al., 2004). Em pimenta, não há cultivares com os genes de resistência ao *PVY* e é possível que ambos os vírus ocorram com a mesma intensidade (Carmo et al., 2006). O Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal da Universidade Estadual do Norte Fluminense – Darcy Ribeiro (LMGV - UENF) desenvolve um programa de melhoramento visando à obtenção de cultivares de *C. annuum* resistentes ao *PepYMV*. Fontes de resistência já foram identificadas em *C. baccatum* e *C. chinense* (Bento, 2008).

Entre as doenças de etiologia bacteriana, destacam-se a murcha-bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) e a mancha-bacteriana (*Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* - *Xcv*, nova classificação proposta - *Xanthomonas euvesicatoria*). A murcha-bacteriana ocorre em maior frequência em regiões quentes e úmidas. A bactéria sobrevive no solo por vários anos e tem uma ampla gama de hospedeiros. Seu sintoma é a murcha rápida das plantas, a princípio nas horas mais quentes do dia, até a murcha permanente e a morte da planta; e seus sintomas são confundidos com a murcha-de-fitóftora (Filgueira 2000; Reifschneider, 2000; Carmo et al., 2006).

2.4.1 Mancha-bacteriana

A mancha-bacteriana, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, é considerada a principal doença bacteriana da cultura do pimentão e da pimenta. Pode causar danos foliares enormes sob certas condições ambientais, tanto em ambiente protegido quanto no campo, acarretando perda da produção e qualidade dos frutos (Kimura 1984; Mello et al., 1996; Sahin e Miller, 1998; Costa, 2000).

O primeiro relato da mancha-bacteriana ocorreu no sul da África, em 1914, na cultura do tomateiro e, em 1920, foi descrita por Ethel Doidge (Jones et al., 1998). No Brasil, na cultura do pimentão, foi observada, pela primeira vez em 1947, na região

do nordeste brasileiro. Desde então, é uma das doenças bacterianas mais difundidas no Brasil, sendo encontrada em todas as regiões produtoras (Kimura, 1984).

Xanthomonas campestris pv. *vesicatoria* (Xcv) é uma bactéria gram-negativa, baciliforme, móvel por meio de um flagelo polar, formadora de colônia amarela lisa em meio de nutriente-ágar (Kurozawa e Pavan, 1997).

A infecção ocorre por meio de ferimentos e aberturas naturais (estômatos e hidatódios) e a colonização dos espaços intercelulares é localizada, induzindo sintomas visíveis, como lesões encharcadas que, posteriormente, se tornam necroses, resultando em desfolha e frutos severamente manchados, que conduzem a perdas economicamente importantes para a cultura (Kurozawa e Pavan, 1997). A doença se manifesta em qualquer fase de desenvolvimento da planta e a severidade da doença e os danos causados são dependentes da umidade relativa e temperatura do ar, cujo processo infeccioso é favorecido por umidade relativa entre 95 e 100 % e temperaturas entre 22 e 32°C (Kimura, 1984; Carmo et al., 2001; Silva et al., 2006).

A doença é disseminada pelo vento, pela água da chuva, por insetos, pelo uso de sementes e ferramentas contaminadas. As sementes contaminadas constituem a principal forma de disseminação a longas distâncias (Kimura, 1984). Carmo et al. (2006) relatam que sementes de pimentão com 0,01 % de contaminação podem resultar, sob condições favoráveis, em 100 % de mudas contaminadas ao final de 30 dias.

A prevenção da doença deve incluir o uso de sementes e mudas sadias, obtidas a partir de lavouras livres da doença, e a rotação de culturas, evitando solanáceas. Esses cuidados são essenciais para a redução da doença (Juhász, 2002). No campo, a mancha-bacteriana é de difícil controle, devido, principalmente, à baixa eficiência dos antibióticos e à predominância de estirpes resistentes ao sulfato de estreptomicina e aos produtos à base de cobre. Apesar de serem recomendados no início de ocorrência da doença, os antibióticos contribuem para a seleção de populações resistentes ao cobre e a estreptomicina, para o aumento do risco de contaminação ambiental e do consumidor e para onerosidade do custo de produção (Kimura, 1984; Carmo et al., 2001; Carmo et al., 2004; Silva et al., 2006).

Vários autores citam o uso de cultivares resistentes como o processo mais eficaz no controle de doenças em plantas (Mello et al., 1996; Sahin e Miller, 1996;

Sahin e Miller, 1998; Romero et al., 2001; Quezado-Duval e Camargo, 2004; Silva-Lobo et al., 2005a, b). A resistência genética é desejada, uma vez que reduz a contaminação do ambiente e dos alimentos pelo uso de agrotóxicos (Lopes e Ávila, 2002). Quando a busca pela melhor qualidade de vida torna-se mais evidente, supõe-se que cultivares resistentes e produtivas, atendendo ao produtor e às exigências do consumidor, serão satisfatórias para o mercado (Riva, 2002).

Para o desenvolvimento de cultivares resistentes, faz-se necessário, além de conhecer a cultura em questão, conhecer a variabilidade do agente etiológico (Mello et al., 1996; Silva-Lobo et al., 2005b; Riva, 2006). A taxonomia e a evolução entre os membros do gênero *Xanthomonas*, associados ao tomate e ao pimentão, têm sido objeto de discussão desde 1921 (Silva-Lobo et al., 2005b).

A interação dos genes de avirulência do patógeno com os genes de resistência do hospedeiro resulta em considerável variação nos membros do gênero *Xanthomonas* patogênicos ao tomate e ao pimentão. Baseado nessa interação, três grupos de Xcv foram identificados: o grupo do tomate (XcvT), patogênico somente ao tomate; o grupo do pimentão (XcvP), somente patogênico ao pimentão, e o grupo tomate-pimentão (XcvTP), patogênico tanto para o tomate quanto para o pimentão. (Sahin e Miller, 1996, Jones et al., 1998). Dentro de cada um desses grupos, existem raças fisiológicas. No grupo XcvP, nove raças fisiológicas foram identificadas e denominadas como P0, P1, P2, P3, P4, P5, P6, P7 e P8 (Jones et al., 1998). No grupo do XcvT, existem três raças fisiológicas, denominadas T1, T2 e T3 (Sahin e Miller, 1996; Jones et al., 1998; Silva-Lobo et al., 2005b).

Em estudos realizados por Jones et al. (2000), incluindo testes de patogenicidade, atividade enzimática, marcadores genéticos, hibridização DNA-DNA e comparação de seqüências de RNA, concluiu-se que, dentro do grupo XcvTP, existem quatro tipos fenotípicos distintos, os quais apresentam três espécies diferentes, a saber: *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* (grupos A e C), *X. vesicatoria* (grupo B) e *X. gardneri* (grupo D). Entretanto, Jones et al. (2004) após estudos de hibridização DNA-DNA, propuseram a reclassificação da espécie *X. axonopodis* pv. *vesicatoria* dos grupos A e C para *Xanthomonas euvesicatoria*, uma vez que apresentam menos de 70 % de similaridade, em nível de DNA, com a *X. axonopodis*.

Três genes dominantes de resistência à mancha-bacteriana (*Bs1*, *Bs2* e *Bs3*) foram identificados nos acessos PI 163192 (*C. annuum*), PI 260435 (*C. chacoense*) e PI 271322 (*C. annuum*), respectivamente (Jones et al., 1998; Sahin e Miller, 1998; Costa, 2002). Esses genes foram introduzidos em três linhas quase-isogênicas de pimentão, derivadas da cultivar *Early California Wonder*, denominadas ECW-10R, ECW-20R e ECW-30R (cada uma com um gene de resistência acima citado) (Reifschneider e Lopes, 1998). Essas linhas quase-isogênicas são utilizadas como genótipos diferenciadores de sete raças do grupo XcvP; as demais raças do grupo são diferenciadas com o auxílio da PI 235047 (um acesso de *C. pubescens*) (Jones et al., 1998).

Várias pesquisas objetivando a identificação de fontes de resistência à mancha-bacteriana e obtenção de cultivares resistentes, tanto em tomate quanto em *Capsicum*, já foram realizadas por diferentes autores. No Brasil, considerando a cultura do tomateiro, alguns trabalhos vêm sendo conduzidos para estudar a herança da resistência da mancha-bacteriana (Mello et al., 1996; Silva-Lobo et al., 2005a, b; Souza, 2007). Em *Capsicum*, Bongioiolo Neto et al. (1986) avaliaram a resistência à mancha-bacteriana em 172 genótipos de quatro espécies diferentes do banco de germoplasma da Embrapa e identificaram seis genótipos resistentes. Avaliando 170 genótipos de *Capsicum* de oito espécies diferentes, Sahin e Miller (1998) identificaram somente um genótipo de *C. pubescens* resistente a Xcv raça 6. Noda et al. (2003), realizando seleção em pimentão, sob condições naturais de infecção de Xcv, observaram que a seleção de genótipos mais resistentes ao patógeno conduzia a seleção de genótipos mais produtivos.

Na UENF, diversos trabalhos já foram realizados objetivando o desenvolvimento de *C. annuum* resistentes à mancha-bacteriana. Entre eles, estão: a identificação dos acessos UENF 1381, UENF 1496, UENF 1498, UENF 1558, UENF 1573, UENF 1578 e UENF 1585, como fontes de resistência à mancha-bacteriana (Sudré, 2003); a indicação da combinação UENF 1421 x UENF 1381, como superior para obtenção de variedades resistentes à mancha-bacteriana com características agronômicas desejáveis (Costa et al., 2002); a identificação de três genes recessivos, controlando a resistência no cruzamento UENF 1421 x UENF 1381 (Riva et al., 2004); a comprovação de que, utilizando-se o método genealógico,

a seleção combinada foi 6,5 % mais eficiente do que a seleção entre e dentro de famílias oriundas do cruzamento UENF 1421 x UENF 1381 (Riva-Souza et al., 2007); o avanço de gerações do cruzamento UENF 1421 x UENF 1381, pelo método SSD (*Single Seed Descent*), e a identificação de 18 linhas endogâmicas recombinadas promissoras para resistência à mancha -bacteriana (Riva, 2006).

2.5 Interação genótipo X ambiente

O fenótipo de uma planta reflete as influências de origem genética e não genética às quais está sujeita ao longo de seu ciclo. Os efeitos do genótipo e do ambiente não são independentes, e a resposta fenotípica provocada por uma alteração ambiental não é similar para todos os genótipos (Gusmão, 2001). Cruz et al. (2004) relataram que, quando se considera uma série de ambientes, detecta-se, além dos efeitos genéticos e ambientais, um efeito adicional, proporcionado pela interação entre eles. Uma diferença específica de ambiente pode ter maior efeito sobre alguns genótipos do que sobre outros ou pode haver uma alteração na ordem de mérito de uma série de genótipos, quando medidos sob diferentes ambientes. A interação genótipo x ambiente (G x A) é considerada a variação entre genótipos em resposta a diferentes condições ambientais (Mori et al., 1986).

A expressão fenotípica de certo caráter ou de certo genótipo, representada por F , pode ser determinada pelo somatório da média geral da população (μ), do efeito genotípico (g), do efeito ambiental (a) e do efeito de interação (ga). O último termo será nulo se todos os genótipos apresentarem comportamento consistente em todos os ambientes ou se forem testados em apenas um ambiente (Gusmão, 2001).

A falta de interação G x A é constatada onde o ambiente não interfere, ou interfere de forma semelhante em todos os genótipos. Uma interação simples é proporcionada pela diferença de variabilidade entre genótipos nos ambientes, e uma interação denominada complexa é dada pela falta de correlação entre genótipos, quando a superioridade dos genótipos não se mantém quando avaliados em dois ou mais ambientes (Cruz et al., 2004).

A interação simples indica a presença de genótipos adaptados a uma ampla faixa de ambientes. Assim, a recomendação de cultivares pode ser feita de forma

generalizada. A interação complexa indica a presença de genótipo adaptado a ambientes particulares, tornando a recomendação restrita a ambientes específicos (Rocha e Vello, 1999).

Vários fatores ambientais podem afetar o desenvolvimento fenológico e, conseqüentemente, causar interação G x A. Esses fatores podem ser divididos em fatores previsíveis (fotoperíodo, tipo de solo, época de semeadura, práticas agrícolas, tipo de cultivo) e fatores imprevisíveis (chuva, umidade relativa, temperatura, ataque de patógenos) (Conti et al., 2002; Ferreira et al., 2003; Figueiredo et al., 2004; Borém e Miranda, 2005; Oliveira et al., 2005).

A interação G x A é um importante e desafiante fenômeno para melhoristas que atuam nos testes comparativos e na recomendação de variedades. Quanto maior a diversidade genética entre os genótipos e os ambientes, de maior importância será a interação G x A. Podem-se obter estimativas da magnitude da interação G x A, principalmente se a região de cultivo das variedades for muito extensa e se os genótipos testados apresentarem ampla variabilidade genética. Esta estimativa pode ser utilizada para definir a região de recomendação de variedades, na otimização da alocação de recursos, além da possibilidade de introdução no germoplasma com características que possam reduzir essa interação (Borém e Miranda, 2005).

Fehr (1993) ressaltou que a importância da interação G x A na indicação de cultivares para ambientes específicos é decorrente do entendimento da interação dos genótipos com variáveis ambientais. Quando o objetivo é o desenvolvimento de variedades produtivas em um amplo espectro de ambientes, devem-se preferir situações de pequena interação G x A. Para o desenvolvimento de uma variedade altamente adaptada a ambientes específicos, a preferência deve ser por grande interação genótipo x ambiente (Gualberto et al., 2002; Figueiredo et al., 2004).

Um genótipo ideal deveria apresentar produção elevada e desempenho estável, sob ambientes menos favoráveis, simultaneamente, a capacidade de responder a ambientes mais favoráveis. Porém, tal genótipo não é detectado facilmente por métodos tradicionais de melhoramento (Gusmão, 2001).

Os efeitos da interação podem ser reduzidos com a identificação de cultivares específicas para cada ambiente, com maior estabilidade e com a realização de zoneamentos ecológicos (Ramalho, 1993).

Diversos trabalhos com hortaliças já foram realizados visando obter a interação G x A. Trabalhando com alface americana em Santo Antônio do Amparo - MG, Yuri et al. (2005) evidenciaram efeitos significativos para cultivares, épocas de plantio e a interação entre esses fatores. Com isso, para cada época estudada, cultivares diferentes foram recomendadas para obtenção de melhores rendimentos. Já Caliman et al. (2005) compararam o comportamento de genótipos de tomate cultivados em ambiente protegido e em campo, e observaram que, sob ambiente protegido, houve diferenças significativas entre os genótipos, o mesmo não aconteceu em condições de campo. Em um trabalho desenvolvido por Peixoto et al. (1999), com pimentão no período de inverno em Araguari – MG, dos 17 genótipos estudados, somente seis apresentaram boas características agronômicas e foram recomendados para a região nesta época de cultivo.

Além da identificação de melhores ambientes e melhores genótipos para cada ambiente, com a interação G x A, podem-se estimar alguns parâmetros genéticos, como variância genotípicas entre genótipos para cada ambiente, variância da interação G x A, coeficiente de variação genético, coeficiente de variação ambiental, correlações fenotípica, genotípica e ambiental, além do coeficiente de determinação genotípica (Morais et al., 2001; Della Corte et al., 2002; Cruz e Carneiro, 2003; Cruz et al., 2004; Ramalho et al., 2005).

3. TRABALHOS

Resistência à mancha-bacteriana e desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de *Capsicum annuum* L.^A

Sarah Ola Moreira^{1,*}, Rosana Rodrigues^{1,*}, Cláudia Pombo Sudré¹, Elaine Manelli Riva-Souza²

¹Universidade Estadual do Norte Fluminense - UENF, Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - CCTA, Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal - LMGV, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, CEP 28013-602, Campos dos Goytacazes - RJ - Brasil. ² Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural – Incaper, BR 262, Km 94, CEP 29375-000, Venda Nova do Imigrante - ES - Brasil; (*autores para correspondência, e-mail: rosana@uenf.br, sarah.ola@gmail.com). ^A Parte da dissertação apresentada à UENF, pela primeira autora, para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal

Palavras-chave: pimenta, pimentão, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, características agrônômicas, parâmetros genéticos.

Resumo

Entre as principais causas da baixa produtividade das cultivares de pimenta e pimentão estão a ausência de resistência às principais doenças, incluindo a mancha-bacteriana. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho agrônomico e a RMB de 18 LER, provenientes do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381. O experimento foi conduzido em blocos ao acaso com três repetições. Avaliaram-se o número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF), altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC) e a presença de capsaicina (CAPS). Foram estimados a variância genotípica, fenotípica e ambiental, o coeficiente de determinação genotípico e de variação genética e o índice de variação. Para RMB, seis plantas de cada linha foram conduzidas em casa de vegetação e inoculadas com suspensão bacteriana na concentração de 10^5 ufc/mL. A avaliação foi realizada por meio de escala de notas e pela AACPD. Os dados foram submetidos à análise de variância e agruparam-se as médias pelo teste Scott Knott. Cinco linhas foram resistentes à mancha-bacteriana. Destacaram-se, entre as pungentes, as linhas 8 e 13, por sua grande produção em termos de NTF e PMF, frutos de formato cônico e resistência à mancha-bacteriana; a linha 11, pelo formato do fruto, porte anão e resistência à mancha-bacteriana foi indicada para utilização como ornamental. Entre as linhas não-pungentes, destacou-se a linha 1, pelo formato cônico, PMF de 13 g e resistência à mancha-bacteriana.

Abreviaturas: RMB – reação à mancha-bacteriana; AACPD – área abaixo da curva de progresso da doença; LER – linhas endogâmicas recombinadas

Summary

Bacterial spot resistance and agronomic performance in *Capsicum annuum* recombinant inbred lines

One of the major causes of low yield problems in chili and sweet pepper are the lack of resistant cultivars, including bacterial spot (BS) resistance. The aim of this work was to evaluate the BS resistance and the agronomic performance of 18 recombinant inbred lines

(RILs) from crosses between a susceptible sweet pepper and a resistant chili pepper. The experiment was carried out in randomized block design with three replications. The variables studied were: total fruit number (TFN); total fruit weight (TFW); mean fruit weight (MFW); fruit length (FL); fruit diameter (FD); length/diameter fruit ratio (LDFR); plant height (PH); canopy diameter (CD) and capsaicine presence (CAPS). Genotypic, phenotypic and environmental variances as well as variation index were estimated. For bs resistance, six plants of each line were grown under greenhouse conditions and inoculated with a bacterial suspension in a 10^5 cfu/mL concentration. The evaluation were done using two methods: a rate scale, from 1 (resistant) to 5 (susceptible) and calculating area under progress disease curve (AUPDC). The data were submitted to analysis of variance and Scott Knott test of mean clustering. Five lines were resistant to BS. Line 1, is a non-pungent type, with high yield and can be indicated for mini-vegetables market. Line 11 has a potential considering ornamental purposes, since it has a small size of the plant. Lines 8 and 13, had higher yield of pungent fruits in a triangle shape, and are indicated for using as chili pepper.

Key words: chili pepper, sweet pepper, *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, agronomic characteristic, genetic parameters.

Introdução

Os frutos de pimenta e pimentão (*Capsicum annuum* L.) constituem-se em importante segmento do setor de hortaliças, tanto para a agricultura quanto para a indústria alimentícia, pois, além de serem consumidos *in natura*, são também utilizados para a produção de condimentos e alimentos industrializados, devido a características como cor dos frutos e princípios ativos que lhe conferem aroma e sabor (Moreira et al. 2006). O consumo *in natura* dessas hortaliças foi o segmento de alimentos que mais cresceu nos últimos anos. O consumidor passou a exigir produtos com alta qualidade e o produtor começou a perceber a necessidade de atender às exigências do mercado, além de incrementar a produtividade por área, aumentando a competitividade (Rocha et al. 2006; Scivittaro et al. 1999).

O pimentão está entre as dez hortaliças mais consumidas no mercado brasileiro. No Brasil, em 2000, a área cultivada com pimentões atingiu 13,1 mil hectares. Somente no estado de São Paulo, nos últimos dez anos, a área cultivada com esta cultura aumentou 68 %,

enquanto o aumento na produção foi de 116 % (Antoniali et al. 2006). As exportações brasileiras de pimenta e pimentão, no período de janeiro a outubro de 2006, atingiram a marca de 3.541 toneladas para produtos secos ou em pó, e 215 toneladas de frutos *in natura* (Linguanotto Neto 2006). Dados individualizados sobre a comercialização de pimentas e pimentões são raros, pois, geralmente, os dados de *Capsicum* os englobam forma conjunta.

Segundo Sudré et al. (2006), para frutos de *C. annuum*, caracteres qualitativos como cor e formato do fruto e presença ou ausência de capsaicina são importantes para o mercado consumidor. Entre os pimentões, as formas mais comercializadas são as do tipo quadrado e cônico e, em se tratando de pimentas, as mais consumidas na Região Nordeste são as maduras, com frutos pequenos e redondos, enquanto na Região Sudeste a preferência é por frutos de formato fino e alongado (Moreira et al. 2006; Scivittaro et al. 1999). Além disso, as pimenteiras também vêm sendo utilizadas como plantas ornamentais, em razão da folhagem variegada, do porte anão e dos frutos com diferentes cores no processo de maturação (Moreira et al. 2006).

Um dos principais problemas das culturas da pimenta e do pimentão é a mancha-bacteriana, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (nova classificação proposta por Jones et al. (2004): *Xanthomonas euvesicatoria*). Essa doença é considerada a mais destrutiva para a cultura, e sua infecção e desenvolvimento são favorecidos pelos longos períodos de chuvas, baixa resistência das cultivares nacionais e ineficiência de antibióticos usados no controle (Costa et al. 2002; Jones et al. 1998; Riva et al. 2004; Sahin e Miller 1996; Silva et al. 2006). O uso de cultivares resistentes é a maneira mais efetiva e econômica de controlar a doença (Noda et al. 2003), uma vez que o controle está contido na semente adquirida e reduz a contaminação do ambiente e dos alimentos pelo uso de agrotóxicos (Lopes e Ávila 2002). Ressalta-se que a cultivar resistente deve também apresentar boas características agrônômicas e adaptação à região de cultivo (Echer et al. 2002; Reifschneider e Lopes 1998).

Diversos programas de melhoramento visam à obtenção de cultivares resistentes à mancha-bacteriana (Costa et al. 2002; Jones et al. 1998; Jones et al. 2004; Noda et al. 2003; Riva et al. 2004; Riva 2006; Riva-Souza et al. 2007; Sahin e Miller 1998; Silva-Lobo et al. 2005a; Silva-Lobo et al. 2005b; Souza 2007). Três genes de resistência dominantes (*Bs1*, *Bs2* e *Bs3*) e pelo menos dois recessivos já foram identificados (*bs5* e *bs6*) (Costa et al. 2002; Jones et al. 1998; Reifschneider e Lopes 1998; Sahin e Miller 1998). Há também relatos de

três genes recessivos controlando a resistência à mancha-bacteriana em um cruzamento entre um pimentão suscetível (UENF 1421) e uma pimenta resistente (UENF 1381) (Riva et al. 2004). A partir desse cruzamento, pelo método do SSD, 18 linhas recombinadas foram identificadas, na geração F₆, como promissoras quanto à resistência e caracteres de produção (Riva 2006).

Para a escolha de um novo genótipo, Oliveira et al. (2001) citaram que, antes da escolha de um novo genótipo a ser plantado em determinado local, é sempre desejável que existam ensaios visando à seleção dos mais adaptados, pois a diversidade de clima existente nas diferentes épocas e localidades de cultivo, e a avaliação de genótipos na região onde ele é plantado são de suma importância, uma vez que as cultivares recomendadas pelas empresas produtoras de semente nem sempre se adaptam a uma ampla faixa de ambientes (Conti et al. 2002; Figueiredo et al. 2004).

A busca pelo potencial adaptativo de genótipos de pimentão tem sido realizada para algumas situações, por exemplo, condições climáticas específicas (Peixoto et al. 1999), solos com baixa fertilidade (Moura et al. 2001), cultivo protegido (Scivittaro et al. 1999) e resistência a pragas (Echer et al. 2002), porém, não há na literatura, estudos realizados para *C. annuum*, principalmente com pimenta, na região norte e noroeste do estado do Rio de Janeiro. Peixoto et al. (2001) relataram que pouca ênfase tem sido dada aos estudos de avaliação agrônoma de genótipos, nas mesmas condições edafoclimáticas da região onde ele é cultivado, embora a avaliação de características agrônomicas possam oferecer importantes contribuições no que diz respeito a adaptações de genótipos nas diversas regiões produtoras do país. As melhores cultivares são aquelas obtidas na própria região de produção, porque cada uma requer condições especiais de fotoperíodo e temperatura para a obtenção das características desejáveis e alta produtividade (Duarte et al. 2003).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a resistência à mancha-bacteriana e o desempenho agrônomo de 18 LERs no município de Campos dos Goytacazes, RJ.

Material e Métodos

Foram utilizadas 18 LERs que correspondem à geração F₇ do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381. O acesso UENF 1421 é suscetível à mancha-bacteriana e apresenta características de produção e qualidade do fruto que atendem ao mercado de pimentão. O

acesso UENF 1381 é uma pimenta que vem sendo utilizado como fonte de resistência à mancha-bacteriana no programa de melhoramento desenvolvido pela UENF. As linhas foram obtidas pelo método do SSD (*Single Seed Descent*) e selecionadas para a resistência à mancha-bacteriana e outros atributos agronômicos por Riva (2006). Também foram avaliados o genitor UENF 1381, a cultivar *Early California Wonder* - ECW, utilizada como testemunha para suscetibilidade à mancha-bacteriana (Jones et al. 1998; Sahin e Miller 1998) e uma cultivar atualmente comercializada junto aos produtores ('Itapuã 501').

O experimento de campo foi conduzido na área de convênio da Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO – RIO) com a Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro - UENF, localizada em Campos dos Goytacazes, RJ, na latitude 21°19'23 "S e longitude de 41°19'40" W, a 13 m de altitude no período de maio a dezembro de 2007.

As mudas dos 21 genótipos foram produzidas em bandeja de isopor com 128 células em substrato comercial (Plantmax[®]) e mantidas em casa de vegetação. Foram semeadas três sementes por célula e, após a germinação, foi realizado o desbaste, deixando apenas uma plântula por célula. Trinta dias após a semeadura, quando as mudas estavam com quatro a cinco folhas definitivas, foi realizado o transplântio para a área experimental.

A área experimental foi previamente preparada e adubada. A adubação química foi realizada de acordo com a análise de solo e com o Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (De Polli et al. 1998). A análise de solo mostrou os seguintes resultados: pH = 5,4; matéria orgânica = 17,1 g/dm³; fósforo = 10 mg/dm³; potássio = 41 mg/dm³; cálcio = 1,9 cmol/dm³; magnésio = 0,6 cmol/dm³; e hidrogênio + alumínio (H + Al) = 5,2 cmol/dm³. Foram aplicados 13 g/metro de sulfato de amônio, 52 g/metro de superfosfato simples e 13 g/metro de cloreto de potássio. Foi realizada uma adubação orgânica com 1 kg de esterco por metro.

A adubação de cobertura foi realizada em duas etapas: aos 30 dias após o transplântio e, antes do início da produção de frutos, foram aplicados 13 g/metro de sulfato de amônio (De Polli et al. 1998); aos 60 e 90 dias, durante a produção de frutos, foram aplicados 13 g/metro de sulfato de amônio e 5 g/metro de cloreto de potássio (Pinto et al. 2006). Para a correção de deficiências nutricionais, foram realizadas duas aplicações de cloreto de cálcio (6 %) e uma aplicação de sulfato de magnésio (20 %) (Pinto et al. 2006).

Os demais tratamentos culturais, como capinas, tutoramento e controle de pragas, foram realizados segundo a recomendação para a cultura (Filgueira 2000; Pinto et al. 2006). Para irrigação, utilizou-se o sistema de aspersão.

Os dados diários de temperatura (mínima, máxima e média) em °C, evapotranspiração de referência (mm), precipitação (mm), umidade relativa (máxima, mínima e média) (em %), foram obtidos pela estação evapotranspirométrica automática instalada a 20 m do experimento.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela constituída por 12 plantas, todas úteis, totalizando 756 plantas. O espaçamento foi de 1,0 x 0,5 m, sendo 1,0 m entre fileiras e 0,5 m entre plantas, totalizando 6,0 m² por parcela. Foi plantada uma bordadura, constituída por duas fileiras de plantas da cultivar Ikeda, suscetível à mancha-bacteriana.

Foram realizadas cinco colheitas, de acordo com Miranda et al. (1988), entre os dias 04 de setembro e 04 de dezembro de 2007, nas quais foram avaliadas as seguintes características: número total de frutos (NTF); peso total de frutos (PTF), em gramas; peso médio dos frutos (PMF), em g/fruto, obtido pela divisão do PTF pelo NTF; comprimento dos frutos (CF), em mm; diâmetro dos frutos (DF), em mm, ambos medidos em uma amostra aleatória de um fruto por planta; relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF); altura da planta (AP), em cm, obtida medindo-se do colo ao ponto mais alto da planta; diâmetro da copa (DC), em cm, obtido medindo-se o maior diâmetro da copa da planta. A AP e o DC foram medidos em três plantas por parcela, aos 150 dias após o transplante; presença ou ausência de capsaicina (CAPS), avaliada mediante a imersão de uma porção da placenta de aproximadamente 1,0 cm retirada de frutos em uma solução de 3 mL de vanadato de amônio, de acordo com as modificações feitas no método de Derera (2000), por Riva (2006). Foi avaliado um fruto por planta.

Considerando as esperanças dos quadrados médios, foram estimados os seguintes parâmetros, segundo Cruz (2001): variância genotípica média (\hat{S}_g^2); variância fenotípica média (\hat{S}_f^2); variância ambiental média (\hat{S}^2); coeficiente de determinação genotípico (H^2); coeficiente de variação genética (CV_g) e índice de variação (CV_g / CV_e).

Para a RMB, as mudas de cada um dos 21 genótipos avaliados no experimento em campo foram produzidas pelo mesmo método anterior e transplantadas para copos plásticos de

500 mL, aos 30 dias após a semeadura. Essas plantas foram mantidas em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa (UAP) da UENF, em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições.

A inoculação foi realizada 20 dias após o transplântio, por infiltração de suspensão bacteriana (inóculo) na superfície abaxial da folha, previamente identificada (Costa et al. 2002; Quezado-duval e Camargo 2004; Riva et al. 2004). Foi inoculada 1 cm² de área foliar (Riva 2006). Para o preparo do inóculo, foi utilizado o isolado ENA 4135, caracterizado como raça T1P3, em testes realizados anteriormente por Riva et al. (2004b), com base em genótipos diferenciadores, propostos por Jones et al. (1998), e resistente ao cobre (Aguiar et al. 2000). O isolado preservado em água foi recuperado, transferindo, com auxílio de alça de platina, a suspensão bacteriana para placas de Petri, contendo meio DYGS (Rodrigues Neto et al. 1986). Após a permanência em estufa por 48 h a 28 °C, as colônias bacterianas foram suspensas em água destilada e autoclavada, e sua concentração ajustada para 10⁸ ufc/mL com auxílio de espectrofotômetro, utilizando-se o comprimento de onda de 600 nm e a absorvância de 0,300 (A₆₀₀ = 0,3) (Quezado-Duval e Camargo 2004). Em seguida, foi realizada uma diluição em série até a concentração de 10⁵ ufc/mL, segundo Riva (2006).

A avaliação da reação à mancha-bacteriana foi realizada a partir do quinto dia após a inoculação, por meio de sete observações, com intervalo de um dia, conferindo notas de 1 a 5 para os sintomas no local da inoculação. A nota 1 foi conferida, quando não havia nenhum sintoma visível; a nota 2, quando o local de inoculação apresentava cor amarelada; a nota 3 foi aplicada, quando as folhas estavam amareladas e com alguns pontos de necrose; para a nota 4, quando apresentaram manchas necrosadas; e a nota 5, quando a área inoculada estava totalmente necrosada. Ao final das avaliações, as plantas que receberam média das notas inferiores a 2 foram consideradas resistentes e as que receberam notas superiores a esta, suscetíveis (Riva 2006).

Posteriormente, os valores das notas foram utilizados para calcular a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD), por meio do programa AVACPD (Torres e Ventura 1991).

Os dados originais foram submetidos à análise de variância, agrupando-se as médias pelo Teste Scott Knott (Scott e Knott 1974). As análises estatísticas foram realizadas com auxílio do Programa Computacional Genes (Cruz 2001).

Resultados e Discussão

Apenas nos meses finais da condução do experimento em campo, houve a ocorrência de chuvas no local (137,9 mm em outubro e 123,9 mm em novembro), coincidindo com o início da estação chuvosa. A evapotranspiração não variou muito nesse período (entre 2,37 e 2,90 mm), possivelmente porque a escassez de chuva foi compensada pela irrigação. A temperatura média ficou em torno de 21,7 °C e a máxima em torno de 27,6 °C. Segundo Reifschneider (2000), esta temperatura é favorável para o cultivo, especialmente para as pimenteiras que exigem temperatura um pouco mais alta que os pimentões para produzir. A umidade relativa média foi de 82,7 %. As condições ambientais foram ideais para o desenvolvimento da mancha-bacteriana (Carmo et al. 2001), contribuindo para a avaliação da resistência. Entretanto, não foi observada a presença da doença no experimento instalado no campo.

Houve diferença altamente significativa pelo Teste F para as variáveis NTF, PMF, CF, DF, CF/DF, AP e DC, evidenciando a variabilidade entre as linhas estudadas. Somente o PTF foi significativa em nível de 5 % de probabilidade, possivelmente porque as linhas que produziram frutos leves e menores compensaram essa característica com grande número de frutos, diminuindo a variação entre as linhas. Para a RMB, as linhas apresentaram diferenças significativas ($P < 0,01$) para a AACPD e para NOTA.

As médias obtidas nesse experimento permitiram inferir que, de modo geral, as linhas caracterizaram-se por plantas de porte baixo (63 cm) com frutos leves (15 g/fruto) e em grande número (67 frutos/planta), características mais encontradas em pimenteiras.

Os coeficientes de variação (CV) das características avaliadas nos frutos variaram entre 6,68 e 28,19 % (DF e PMF, respectivamente), possivelmente, porque, tanto no pimentão quanto na pimenta, a taxa de florescimento é parcialmente retardada pelo desenvolvimento do fruto, alternando o crescimento vegetativo e do fruto, resultando em diferente intensidade de frutificação e de crescimento do fruto durante o ciclo (Fontes et al. 2005). Os CV da AP e do DC foram de 11,71 e 9,58 %, considerados baixos (Gomes e Garcia, 2002), o que leva a supor uma pequena influência do ambiente nessas características. Para as características aqui avaliadas, os valores de CV não têm grande discrepância de outros encontrados na literatura. Sousa e Maluf (2003) obtiveram, para *C. chinense*, CV para produção de frutos de 45,54 % e, para relação comprimento e diâmetro, 11,31 %. Santos e Goto (2004) verificaram CV para AP

em pimentão entre 5,94 e 11,00 %. No experimento de RMB, os CVs verificados, para AACPD e NOTA (32,88 e 30,84 %, respectivamente), foram considerados altos pelos padrões propostos por Gomes e Garcia (2002). A abscisão foliar, provocada pelo rápido avanço da doença, observada em algumas plantas suscetíveis, impossibilitando as avaliações subsequentes, e a segregação, observada em algumas linhas, podem ser responsáveis por esse valor. O CV de AACPD estão de acordo com os valores apresentados por Silva et al. (2006), que observaram CV entre 12,23 e 36,63 %, e com os dados de Carmo et al. (2001), que encontraram CV entre 32,71 e 38,80 %, ambos para avaliação da mancha-bacteriana em pimentão.

Verificou-se que o NTF foi significativamente superior para as linhas 2, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 13, 14, 16, 17 e UENF 1381, com médias variando de 64 a 101 frutos (Tabela 1). Os menores valores de NTF foram obtidos por 'ECW' e 'Itapuã 501', ainda que superiores aos obtidos por Rocha et al. (2006) para cultivares comerciais de pimentão. Riva (2006), trabalhando com as mesmas linhas aqui estudadas, obteve menor NTF, devido ao menor número de colheita realizado.

O maior PTF foi obtido pela cultivar de pimentão Itapuã 501, e o menor PTF, pelo genitor UENF 1381, um genótipo de pimenta, evidenciando a discrepância entre os pesos dos frutos deste trabalho.

O PMF foi maior para a cultivar ECW, com valor superando os encontrados por Queiroga et al. (2002) para a cultivar Yolo Wonder. Rocha et al. (2006) encontraram valores semelhantes para o híbrido Magda; e Scivittaro et al. (1999) verificaram valores superiores em híbridos de pimentão em ambiente protegido.

Pode-se observar que as características NTF e PMF mostraram variação entre as linhas, formando dois grupos, um deles formado por linhas que apresentavam frutos pequenos e numerosos, características peculiares às pimenteiras; e o segundo grupo, formado por linhas com poucos frutos de maior tamanho, representado pelas cultivares tradicionais de pimentão.

O CF variou entre 39,07 e 112,02 mm e o DF entre 13,70 e 69,16 mm, aproximadamente. Para as duas características, a linha 4 teve valores baixos, sendo ideal para ser utilizada como ornamental, não diferindo significativamente do acesso UENF 1381, genótipo utilizado como um dos genitores que deram origem às linhas estudadas. O maior CF foi obtido pela cultivar Itapuã 501, um pimentão de formato cônico; e o maior DF, pela

cultivar ECW. Esses valores de CF e DF estão em conformidade com os apresentados por Moreira et al. (2006) para cultivares comerciais de pimenta do tipo jalapeño.

A relação CF/DF dá uma boa noção do formato do fruto. Frutos com CF/DF próximos da unidade são considerados quadrados ou cilíndricos curtos; valores intermediários indicam o formato retangular ou cônico; e valores próximos ou superiores a 3,5, formatos alongado ou piramidal (Moreira et al. 2006; Peixoto et al. 1999; Scivittaro et al. 1999). Considerando-se essa classificação, notou-se que o formato retangular ou cônico prevaleceu entre as linhas avaliadas. Diferindo destas, somente as linhas 16 e 2, que tiveram formatos alongados, típicos de pimenta-cayenne; e a cultivar ECW, que teve o formato quadrado.

Para as características relacionadas com a arquitetura da planta, percebeu-se que as linhas com maior AP também apresentaram maior DC. Esse fato ocorreu em nove linhas. Notou-se também o inverso, menor valor de AP e DC para cinco linhas, permitindo supor que estas características estão correlacionadas. Esses dados são de difícil comparação, uma vez que os trabalhos enfatizam as características intrínsecas aos frutos, não dando a adequada importância às características de arquitetura da planta. No entanto, Silva et al. (2006) citam AP entre 78 e 90 cm para híbridos de pimentão, valores superiores aos registrados neste experimento. Lúcio et al. (2006) relataram que, com a redução no número de colheitas, diminuiu-se o ciclo da planta, fazendo com que as plantas tenham porte reduzido, essa pode ser a causa pela qual as plantas desse experimento apresentaram baixa AP, e conseqüentemente baixo DC, uma vez que foram realizadas apenas cinco colheitas.

Das 18 linhas estudadas, apenas três (16,67 %) não apresentaram capsaicina, duas segregaram para a característica e 13 linhas (72,22 %) foram pungentes. A capsaicina, um dos alcalóides que conferem o ardor dos frutos de *C. annuum*, é produzida na placenta dos frutos e liberada quando o fruto sofre qualquer dano físico (Moreira et al. 2006). As variedades de pimenta empregadas na culinária diferem na presença e na quantidade de capsaicina (Reifschneider 2000). Segundo Lee et al. (2005), esta é uma das principais características a ser avaliada pelos melhoristas de *C. annuum*. Nesta espécie, a pungência nos frutos é condicionada pelo *gene C*, localizado no cromossomo 2 (Blum et al. 2002; Lippert et al. 1965). Entretanto, para a espécie *C. chinense*, Stewart Jr et al. (2007) relataram que a presença de capsaicinóides é controlada pelo locus *Pun 1* e, no homocigoto recessivo *pun1/pun1*, não há síntese destes compostos. Apesar de a presença ou ausência de capsaicina ser determinada por um gene, a quantidade de capsaicina é uma característica quantitativa, influenciada por

condições ambientais, manejo da cultura e idade do fruto (Wagner 2003). Além disso, nas linhas em que houve segregação, pode ter sido utilizada uma parte da placenta onde ainda não houve produção deste composto, influenciando de forma errônea o resultado.

Dois métodos foram utilizados para avaliar a RMB, e o agrupamento das médias diferiu entre estes. Para AACPD, 52,38 % (11 linhas) apresentaram as menores médias (agrupadas com a letra C), indicando linhas mais resistentes. A formação de três grupos na AACPD evidencia maior abrangência deste método, uma vez que os dados de todas as avaliações realizadas são utilizados na análise e, para NOTA, considera-se apenas a última avaliação (Riva 2006).

Considerando o ponto de corte igual a 2,00 para NOTA, as linhas 1, 6, 8, 11 e 13 (27,78 %) foram consideradas resistentes. Destas, apenas a linha 1 não possui pungência, e a linha 6 apresentou segregação para esta característica. O ponto de corte igual a 2,00, sugerido por Riva (2006), foi baseado nas notas dos genitores das linhas que estavam sendo avaliadas, nas quais o maior número de indivíduos do genitor suscetível obtiveram notas superiores a 2,00, e o genitor resistente apresentou somente plantas com notas inferiores a 2,00. Neste experimento, o genitor UENF 1381 confirmou sua resistência (média de 1,40) e as cultivares ECW e Itapuã 501 confirmaram a suscetibilidade, com médias de 4,50 e 5,00, respectivamente (Costa et al. 2002; Jones et al. 1998; Sahin e Miller 1998).

Observou-se que o AP, DF e PTF foram as características mais influenciadas pelo ambiente, já que tiveram alta variância ambiental (Tabela 2). Esse resultado era esperado, pois sabe-se que caracteres quantitativos são controlados por vários genes e muito influenciados pelo ambiente (Falconer 1981). Esse dado revelou ser imprescindível a seleção dos genótipos mais adaptados à região, já que a produção de frutos e o porte da planta são altamente influenciados pelas condições ambientais.

As características DF, PMF, CF/DF, AACPD e NOTA tiveram os maiores valores para o coeficiente de determinação genotípico, sendo, portanto, os caracteres que melhor demonstraram os efeitos dos genes que os controlam. O maior valor do coeficiente de variação genética foi obtido para PMF, indicando que esta característica apresentou grande variação genética entre as linhas estudadas. Com exceção da AP e do DC, os índices de variação das demais características foram superiores à unidade, indicando uma situação favorável à seleção (Cruz et al. 2004).

Para a RMB, as linhas estudadas tiveram variação no nível de resistência ou de suscetibilidade, sendo que as linhas 1, 6, 8, 10 e 13 foram consideradas resistentes pelos dois métodos utilizados, considerando-se como ponto de corte igual a 2,00. Os parâmetros genéticos estudados permitiram inferir que esta característica foi pouco influenciada pelo ambiente, possuindo alto coeficiente de determinação genotípico e possibilitando a seleção entre as linhas estudadas.

Os dados obtidos permitiram concluir que as LERs testadas tiveram ampla variabilidade quanto à produção, ao formato de frutos e à arquitetura da planta, o que permite, no processo seletivo, associar alta produção, resistência à mancha-bacteriana, tipo de mercado (pimentão ou pimentas, em função da pungência) e adaptação à região de cultivo.

Para a região Norte Fluminense, em condição de campo, destacaram-se, entre as pimentas, as linhas 8 e 13, por apresentarem, respectivamente, médias de 82 e 87 frutos, e PMF de 7,89 e 7,81 g, frutos de formato cônico e resistência à mancha-bacteriana, características desejadas para o consumo *in natura* ou para conservas. A linha 11, por ter frutos eretos, pequenos, pungentes, de formato cônico e resistência à mancha-bacteriana, foi indicada para utilização como ornamental. Entre as linhas não-pungentes, destacou-se a linha 1, pelo formato cônico, PMF de 13 g e resistência à mancha-bacteriana, sendo indicada para o comércio das mini-hortaliças, um novo mercado que vem ganhando espaço, sobretudo na alta gastronomia.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de mestrado à primeira autora; ao José Manoel de Miranda (PESAGRO-RIO) e a sua equipe e aos colegas do LMGV, pelo auxílio na execução do experimento.

Literatura Citada

Aguiar LA, Kimura O, Castilho AMC et al (2000) Resistência ao cobre em isolados nacionais de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* de pimentão e tomateiro. *Agronomia*, 34:78-

- Antoniali S, Leal PAM, Magalhães, AM et al (2006) Respiração de pimentão amarelo sob influência do estágio de maturação e da temperatura de armazenamento. *Horticultura Brasileira*, 24:71-74
- Blum E, Liu K, Mazourek M et al (2002) Molecular mapping of the *C locus* for presence of pungency in *Capsicum*. *Genome* 45:702-705
- Carmo MGF, Macagnan D, Carvalho AO (2001) Progresso da mancha-bacteriana do pimentão a partir de diferentes níveis iniciais de inóculo e do emprego ou não de oxiclureto de cobre. *Horticultura Brasileira*, 19(3):342-347
- Conti JH, Minami K, Tavares FCA (2002) Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. *Horticultura Brasileira*, 20(1):10-17
- Costa RA, Rodrigues R, Sudré CP (2002) Resistência genética à mancha-bacteriana em genótipos de pimentão. *Horticultura Brasileira*, 20(1):86-89
- Cruz CD (2001) Programa Genes Versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística. Viçosa: UFV
- Cruz CD, Regazzi AJ, Carneiro PCS (2004) Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas. 3 ed., Viçosa: UFV
- De Polli H (1998) Manual de Adubação para o Rio de Janeiro. Seropédica: Ed. Universidade Rural
- Derera F (2000) *Condiment Paprika: Breeding, Harvesting & Commercialisation*. 33p.
- Duarte RLR, Veloso MEC, Melo FB et al (2003) Produtividade de cultivares de cebola no semi-árido piauiense. *Horticultura Brasileira*, 21(1):34-36

- Echer MM, Fernandes MCA, Ribeiro RLD et al (2002) Avaliação de genótipos de *Capsicum* para a resistência ao ácaro branco. *Horticultura Brasileira*, 20(2):217-221
- Falconer DS (1981) Introdução à genética quantitativa. Trad. de MA Silva e JC Silva. Viçosa: UFV, Impr Univ.
- Figueiredo EB, Malheiros EB, Braz LT (2004) Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. *Horticultura Brasileira*, 22:66-71
- Filgueira FAR (2000) Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Cultura e comercialização de hortaliças Viçosa: Ed UFV
- Fontes PCR, Dias EN, Silva DJH (2005) Dinâmica de crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 23:94-99
- Gomes FP, Garcia CH (2002) Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos. FEALQ, 309p.
- Jones JB, Lacy GH, Bouzar H et al (2004) Reclassification of the Xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and Applied Microbiology*, 27:755-762
- Jones JB, Stall RE, Bouzar H (1998) Diversity among xanthomonads pathogenic on pepper and tomato. *Annual Review Phytopathologic*, 36:41-58
- Lee CJ, Yoo EY, Shin JH et al (2005) Non-pungent *Capsicum* contains a deletion in the capsaicinoid synthetase gene, which allow early detection of pungency with SCAR markers. *Molecules and Cells*, 19(2):262-267
- Linguanotto Neto N (2006) [Mercado mundial para pimentas e derivados](#). CD-ROM: Anais do 2º Encontro Nacional do Agronegócio de Pimentas e Produtos Derivados, Brasília, Brasil.

- Lippert LF, Bergh BO, Smith PG (1965) Gene list for the pepper. *Journal of Heredity*, 56:30-34
- Lopes CA, Ávila AC (2002) Informações inadequadas sobre a resistência a doenças em catálogos de cultivares de hortaliças: um exemplo para tomate e pimentão. *Horticultura Brasileira*, 20(2):130-132
- Lúcio AD, Lorentz LH, Boligon AA et al (2006) Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição e características morfológicas das plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 24(1):31-35
- Miranda JEC, Costa CP, Cruz CD (1988) Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, 11(2):457-467
- Moreira GR, Caliman FRB, Silva DJH et al (2006) Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*, 27(235):16-29
- Moura WM, Lima PC, Casali VWD et al (2001) Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. *Horticultura Brasileira*, 19(3):306-312
- Noda H, Machado FM, Martins ALU (2003) Seleção de genótipos de pimentão resistentes à *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye sob diferentes condições naturais de infecção. *Acta Amazônica*, 33(3):371-380
- Oliveira AP, Andrade AC, Tavares Sobrinho J et al (2001) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem, de crescimento indeterminado, no município de Areia-PB. *Horticultura Brasileira*, 19(2):159-162
- Peixoto JR, Ramos RS, Farias Júnior B et al (1999) Avaliação de genótipos de pimentão no período de inverno em Araguari, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 34(10):1865-1869

- Peixoto JR, Mathias Filho L, Oliveira CM et al (2001) Produção de genótipo de tomateiro tipo ‘Salada’ no período de inverno em Araguari. *Horticultura Brasileira*, 19(2):148-150
- Pinto CMF, Puiatti M, Caliman FRB et al (2006) Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. *Informe Agropecuário*, 27(235):40-49
- Queiroga RCF, Nogueira ICC, Bezerra Neto FM et al (2002) Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. *Horticultura Brasileira*, 20(3):416-418
- Quezado-Duval AM, Camargo LEA (2004) Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. *Horticultura Brasileira*, 22(1):80-86
- Reifschneider FJB, Lopes CA (1998) Melhoramento genético para a resistência a doenças de plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 6:329-366
- Reifschneider, FJB (2000) *Capsicum*: pimentas e pimentões no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação Transferência e Tecnologia.
- Riva EM, Rodrigues R, Pereira MG et al (2004) Inheritance of bacterial spot disease in *Capsicum annuum* L. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4(4):490-494
- Riva EM, Rodrigues R, Sudré CP, et al (2004b) Three recessive genes controlling bacterial spot resistance in pepper. *Anais do 17th International Pepper Conference*, Naples, p.21, USA.
- Riva, EM (2006) Uso dos métodos genealógico e “single seed descent” (SSD) para obtenção de linha de pimentão resistentes à mancha bacteriana. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 101p.

- Riva-Souza EM, Rodrigues R, Sudré CP et al (2007) Obtaining pepper F_{2:3} lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, 25:561-565
- Rocha MC, Carmo MGF, Polidoro JC et al (2006) Características de frutos de pimentão pulverizados com produtos de ação bactericida. *Horticultura Brasileira*, 24(1):185-189
- Rodrigues Neto J, Malavolta Júnior VA, Victor O (1986) Meio simples para o isolamento e cultivo de *Xanthomonas campestris* pv. *citri* tipo B. *Summa Phytopathologica*, 12(1-2):16
- Sahin F, Miller SA (1996) Characterization of the Ohio strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causal agent of bacterial spot of pepper. *Plant Disease*, 80:773-778
- Sahin F, Miller SA (1998) Resistance in *Capsicum pubescens* to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Pepper Race 6. *Plant Disease*, 82:794-799
- Santos HS, Goto R (2004) Enxertia em plantas de pimentão no controle de murcha de fitófтора em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, 22(1):45-49
- Scivittaro WB, Melo AMT, Azevedo Filho JA et al (1999) Caracterização de híbridos de pimentão em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, 17(2):147-150
- Scott AJ, Knott M (1974) A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics*, 30(3):313-315
- Silva DAG, Rocha MC, Carvalho AO et al (2006) Efeito de produtos químicos e biológicos sobre a mancha bacteriana, flora microbiana no filoplano e produtividade de pimentão. *Horticultura Brasileira*, 24(2):134-140
- Silva-Lobo VL, Lopes CA, Giordano LB (2005a) Componentes da resistência à mancha bacteriana em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 30(4):343-349

- Silva-Lobo VL, Lopes CA, Giordano LB (2005b) Herança da resistência à mancha-bacteriana e crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, raça T2, em genótipos de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 30(1):17-20
- Sousa JA, Maluf WR (2003) Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq.). *Scientia Agricola*, 60:105-113
- Souza, MFM. (2007) Capacidade combinatória de genótipos de tomateiro para resistência a mancha-bacteriana. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 80p.
- Stewart Jr C, Mazourek M, Stellari GM et al (2007) Genetic control of pungency in *C. Chinense* via the *pun1* locus. *Journal of Experimental Botany*, 58(5):979-991
- Sudré CP, Cruz CD, Rodrigues R et al (2006) Variáveis multicategóricas na determinação da divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão. *Horticultura Brasileira*, 24(1):88-93
- Torres JC, Ventura JA (1991) AVACPD: um programa para calcular a área e o volume abaixo da curva de progresso da doença. *Fitopatologia Brasileira*, 16(2):207
- Wagner, CM (2003) Variabilidade e base genética da pungência e de caracteres do fruto: implicações no melhoramento numa população de *Capsicum annuum* L. Tese (Doutorado em Agronomia) – Piracicaba – SP – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, 104p.

Tabela 1 – Médias de nove características agrônômicas e duas características de avaliação de reação à Mancha-bacteriana de 18 linhas endogâmicas recombinadas, do acesso UENF 1381 e de cultivares de pimentão. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

Genótipos	MÉDIAS ^a											
	NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC	CAPS ^b	AACPD	NOTA	RMB ^c
1	51,78B	658,29C	13,06C	83,93B	27,25D	3,08B	73,67A	87,11A	A	16,17C	1,37A	R
2	101,00A	773,91B	7,68C	79,03B	21,48E	3,69A	58,78B	70,33A	A	27,50C	3,33B	S
3	56,56B	618,89C	10,92C	86,64B	26,09D	3,32B	69,11A	73,89A	P	43,83B	4,20A	S
4	71,99A	355,23D	5,09C	39,07C	17,58F	2,14C	51,67B	59,33B	P	40,33B	4,00A	S
5	51,05B	582,00C	11,75C	76,56B	24,95D	3,08B	64,11A	62,11B	P	40,83B	4,50A	S
6	79,47A	649,50C	8,20C	52,84C	24,37D	2,17C	63,89A	64,89B	S	16,67C	1,60B	R
7	73,28A	551,95C	7,58C	56,54C	20,55E	2,75B	71,33A	72,22A	P	32,67B	3,50A	S
8	81,82A	635,48C	7,89C	62,84C	21,92E	2,87B	66,00A	67,11B	P	12,00C	1,00B	R
9	91,57A	656,54C	7,20C	54,47C	23,26E	2,34C	60,89B	65,89B	P	24,00C	3,33A	S
10	69,16A	636,89C	9,15C	60,45C	27,37D	2,21C	55,33B	63,33B	P	20,50C	2,50B	S
11	64,25A	698,89C	10,68C	65,17C	31,88C	2,05C	62,44A	60,67B	P	12,33C	1,50B	R

Tabela 1 – Cont.

12	54,68B	542,88C	9,97C	71,63B	21,84E	3,28B	68,00A	69,67A	S	39,50B	3,80A	S
13	87,23A	690,06C	7,81C	65,92C	21,46E	3,07B	52,78B	73,44A	P	21,50C	1,80B	R
14	80,99A	616,97C	7,69C	51,56C	26,16D	1,98C	68,33A	75,22A	A	21,00C	2,25B	S
15	47,09B	462,98C	9,81C	72,23B	21,99E	3,29B	77,89A	80,67A	P	25,00C	2,66B	S
16	84,75A	643,06C	7,52C	83,99B	19,96E	4,21A	64,56A	73,44A	P	37,00B	4,00A	S
17	86,95A	637,20C	7,41C	59,27C	21,15E	2,80A	58,78B	66,22B	P	44,00B	1,40B	S
18	53,86B	552,92C	10,26C	60,51C	27,07D	2,24C	70,33A	73,89A	P	45,83B	4,60A	S
UENF 1381	96,24A	321,14D	3,33C	41,78C	13,70F	3,05B	50,11B	70,22A	P	15,50C	1,40B	R
ECW	10,22C	842,89B	82,29A	74,33B	69,16A	1,07D	47,56B	57,67B	A	54,33A	4,50A	S
Itapuã 501	17,33C	1115,11A	64,44B	112,02A	61,23B	1,83C	74,67A	81,00A	A	56,00A	5,00A	S

Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si pelo teste de agrupamento de médias de Scott Knott (1974).

^a NTF: número total de frutos; PTF: peso total de frutos, em gramas; PMF: peso médio dos frutos, em gramas/fruto; CF: comprimento dos frutos, em mm; DF: diâmetro dos frutos, em mm; CF/DF: relação comprimento/diâmetro do fruto; AP: altura da planta, em cm; DC: diâmetro da copa, em cm; CAPS: caracterização da presença ou ausência de capsaicina e avaliação da reação à mancha-bacteriana (RMB); AACPD: método da área abaixo da curva de progresso da doença; NOTA: método da escala de notas.

^b P = presença de capsaicina; A = ausência de capsaicina; S = segregação.

^c S = suscetível; R = resistente

Tabela 2 – Estimativa da variância genotípica média (\hat{S}_g^2); variância fenotípica média (\hat{S}_f^2); variância ambiental média (\hat{S}^2); coeficiente de determinação genotípico (H^2); coeficiente de variação genética (CV_g) e do índice de variação (CV_g/CV_e) em oito características agrônômicas e duas de RMB de *Capsicum annuum*. Campos dos Goytacazes, Rio de Janeiro, Brasil, 2008.

Parâmetros	Características ^a									
	Genéticos	NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC	AACPD
\hat{S}_f^2	569,50	26645,39	392,44	280,68	176,45	0,52	71,67	56,97	189,50	1,68
\hat{S}^2	80,76	4718,92	5,76	34,89	1,09	0,05	18,33	14,96	17,07	0,15
\hat{S}_g^2	488,74	21926,47	386,68	245,78	175,35	0,47	53,33	42,01	172,42	1,53
H^2	85,82	82,29	98,53	87,57	99,38	90,93	74,42	73,74	90,99	90,86
CV_g	32,90	23,48	133,32	23,34	48,75	25,63	11,53	9,27	42,65	39,69
CV_g/CV_e	1,42	1,24	4,72	1,53	7,30	1,83	0,98	0,97	1,29	1,29

^a NTF: número total de frutos; PTF: peso total de frutos; PMF: peso médio dos frutos; CF: comprimento dos frutos; DF: diâmetro dos frutos; CF/DF: relação comprimento/diâmetro do fruto; AP: altura da planta; DC: diâmetro da copa; AACPD: área abaixo da curva de progresso da doença; NOTA: método da escala de notas.

Desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas de pimentas em sistema orgânico sob cultivo protegido*

Sarah Ola Moreira¹, Rosana Rodrigues¹, Maria Luíza de Araújo², Rebeca Lourenço de Oliveira¹, Elaine Manelli Riva-Souza³

¹UENF, CCTA, LMGV, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ; ²PESAGRO-RIO/EES, Rodovia BR 465, Km 47, 23851-970, Seropédica-RJ; ³ INCAPER, Rodovia BR 262, Km 94, 29375-000, Venda Nova do Imigrante-ES; E-mail: rosana@uenf.br; sarah.ola@gmail.com *Parte da dissertação apresentada à UENF, pela primeira autora, para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal, área de concentração Fitomelhoramento.

RESUMO

O manejo de plantas em cultivo protegido e a busca dos consumidores por produtos obtidos ecologicamente têm sido um desafio para os produtores e pesquisadores de hortaliças. Para que essas formas de cultivo proporcionem lucratividade para o produtor e frutos de qualidade para o consumidor, faz-se necessária a busca por genótipos adaptados a esse manejo diferenciado. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desempenho de 12 linhas endogâmicas recombinadas de pimentas, obtidas do cruzamento entre os acessos UENF 1421 e UENF 1381, em cultivo protegido sob manejo orgânico. O experimento foi instalado em casa de vegetação na Estação Experimental de Seropédica da PESAGRO-RIO, em blocos casualizados, com quatro repetições e seis plantas por parcela. Avaliaram-se o número total de frutos (NTF); peso total de frutos (PTF); peso médio dos frutos (PMF); comprimento dos frutos (CF); diâmetro dos frutos (DF); relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) e presença de capsaicina (CAPS). Foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: variâncias genotípica, fenotípica e ambiental, coeficientes de determinação genotípico e de variação genética, índice de variação e correlações genotípica, fenotípica e ambiental. Houve diferença altamente significativa para todas as características, exceto para PTF. As linhas produziram elevado número de frutos, leves e de formatos variados. Somente duas linhas não tiveram pungência e quatro

segregaram para CAPS. Todas as características tiveram alta variância genotípica e altos coeficientes de determinação genotípicos, mostrando que os resultados são, predominantemente, de origem genética. Somente as correlações entre NTF x PMF e entre CF/DF x CF e DF foram significativas, porém a maior contribuição dos fatores genéticos em relação aos ambientais pode ser confirmada pela superioridade dos valores das correlações genotípicas frente às correlações fenotípicas. Os dados permitiram a indicação preliminar das linhas 5 e 8 para o cultivo orgânico em ambiente protegido.

Palavras-chave: *Capsicum annuum* L., melhoramento, cultivo em casa de vegetação, parâmetros genéticos, correlação entre caracteres, manejo orgânico

ABSTRACT

Agronomic performance of recombinant inbred chili pepper lines cultivated under organic system and greenhouse conditions

Plant management under greenhouse conditions associated with consumers search for ecological products has been a challenge either farmers as vegetable researchers. Obtaining profit and quality depending on adapted genotypes that can be grown using an appropriate management. The aim of this work was to study the agronomic performance of 12 recombinant inbred chili pepper lines, from crosses between UENF 1421 and UENF 1381 accessions, under greenhouse conditions and using an organic system. The experiment was carried out at Seropédica Experimental Station of PESAGRO-RIO, in randomized block design, with four replications and six plants per plot. The following variables were evaluated: total number of fruits (TNF); total fruit weight (TFW); mean weight of fruits (MWF); fruit length (FL); fruit diameter (FD); length and diameter fruit ratio (LDFR), and capsaicin presence (CAPS). Genotypic, phenotypic and environmental variance, as well as genotypic determination coefficient, variation index and also the genotypic, phenotypic and environmental correlation among traits were estimated. There was highly significant difference for all traits but TFW. The lines produced a high number of fruits, with low weight and with variability in shape among lines. Absence of capsaicin was observed only in two lines and other three lines segregated for capsaicin presence. High values of

genotypic variance and genotypic determination coefficient were estimated for all traits indicating that the results were due to genetic causes. The correlations between TNF x TFW, LDFR x FL and LDFR x FD were significant. Nevertheless, the major contribution of genetic effects in relation to environment can be confirmed by superiority of genotypic correlations compared with phenotypic correlations. The data pointed out for a preliminary indication of lines 5 and 8 for cultivation in organic system under greenhouse conditions.

Keywords: *Capsicum annuum* L., plant breeding, cultivation in greenhouse, genetic parameters, traits correlation, organic management

A crescente demanda por hortaliças de alta qualidade e ofertadas durante todo o ano têm contribuído para o investimento em novos sistemas de cultivo que permitam produção adaptada a diferentes regiões e condições adversas de ambiente. No Brasil, o cultivo de hortaliças em ambiente protegido vem ganhando espaço entre os produtores, devido principalmente, à relativa facilidade de manejo quando comparadas às do sistema convencional em campo aberto (Scivittaro *et al.*, 1999; Carrijo *et al.*, 2004).

Capsicum annuum é uma das espécies mais indicadas para o cultivo protegido, pois este sistema propicia grande produtividade, melhor qualidade dos frutos, cultivo durante o ano todo e em locais onde as condições climáticas são limitantes (Scivittaro *et al.*, 1999; Lúcio *et al.*, 2004; Fontes *et al.*, 2005b; Lúcio *et al.*, 2006).

Dentre as vantagens do cultivo protegido, citam-se o controle total ou parcial da velocidade do vento, da umidade relativa, da evaporação, da temperatura ambiente, da amplitude térmica do solo e a proteção contra chuvas pesadas (Filgueira, 2000; Eklund *et al.*, 2005; Fontes *et al.*, 2005a, 2005b). Além disso, o cultivo protegido melhora a qualidade do fruto, diminui o consumo de água e fertilizantes, permite a antecipação da colheita, a produção fora da época, o melhor preço, a maior produtividade e a preservação do meio ambiente (Scivittaro *et al.*, 1999; Figueiredo *et al.*, 2004). Entretanto, essa forma de cultivo apresenta desvantagens, como, por exemplo, maior agressividade de ataque de pragas e doenças devido às condições de alta umidade e temperatura (Echer *et al.*, 2002; Santo &

Goto, 2004), e a salinização do solo por seu uso intensivo (Carvalho & Tessarioli Neto, 2005; Gusmão *et al.*, 2006).

Outra forma de cultivo que vem crescendo nos últimos anos é o sistema orgânico, principalmente, porque, na última década, o nível de conscientização quanto às relações da agricultura com o ambiente, aos recursos naturais e à qualidade dos alimentos, cresceu substancialmente (Oliveira *et al.*, 2005). Com isso, a demanda por alimentos saudáveis, livres de resíduos tóxicos, e a necessidade de preservação ambiental têm crescido em todo o mundo (Vidal *et al.*, 2007).

Dentre os benefícios da agricultura orgânica, citam-se o aumento da capacidade de penetração e de retenção de água, melhoria na estrutura, arejamento e porosidade do solo, além do aumento da vida microbiana útil e o favorecimento da disponibilidade e da absorção de nutrientes (Filgueira, 2000). Para os produtores, os preços dos produtos orgânicos são um incentivo. Segundo Martins *et al.* (2006), o preço médio do quilo de pimentão sob cultivo convencional no estado de São Paulo, em 2004, foi de R\$ 2,52, já o praticado para o produto orgânico foi de R\$ 7,77, um aumento de 208 %. Porém, a competitividade desses produtos depende, em parte, da geração de conhecimentos e de bases tecnológicas apropriadas que assegurem a sua sustentabilidade, como a melhoria nas técnicas de manejo, nos insumos utilizados e nas cultivares, que devem ser adaptadas a essa forma de cultivo (Ventura *et al.*, 2007).

Apesar da complexidade do sistema de produção, pesquisadores vêm tentando entender os fatores que afetam a produtividade das plantas, visando obter o máximo de produtividade das culturas (Caliman *et al.*, 2005). Devido à necessidade de manejo diferenciado, a produção de hortaliças sob condições protegidas e cultivo orgânico demanda cultivares adaptadas que proporcionem o máximo de rendimento de frutos de alta qualidade.

Trabalhos de melhoramento envolvendo a obtenção de linhas recombinadas não são comuns em pimentas, e nem mesmo em pimentão, espécie para a qual muitas pesquisas se detêm na obtenção de híbridos, para a exploração da heterose e de genes dominantes para resistência às doenças. Entretanto, o alto custo das sementes híbridas pode inviabilizar o cultivo desses genótipos por pequenos produtores. A utilização de variedades de

polinização aberta, que possuam resistência às principais doenças, pode suprir as necessidades desse nicho de mercado.

Este trabalho teve como objetivo avaliar 12 linhas endogâmicas recombinadas de pimenta, com resistência à mancha-bacteriana, cultivadas em sistema orgânico sob cultivo protegido no município de Seropédica – RJ.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido sob condições de cultivo protegido, na Estação Experimental de Seropédica – RJ da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO – RIO), localizada a uma latitude 22°44'38" Sul e a uma longitude 43°42'27" Oeste, e altitude de 26 metros.

Foram avaliadas 12 linhas endogâmicas recombinadas correspondentes à geração F₇ do cruzamento entre o acesso UENF 1421, um pimentão suscetível à mancha-bacteriana, e o acesso UENF 1381, uma pimenta resistente à mancha-bacteriana que vem sendo utilizada como fonte de resistência no programa de melhoramento desenvolvido pela UENF (Riva *et al.*, 2004). As linhas recombinadas foram obtidas pelo método do SSD (*Single Seed Descent*) por Riva (2006) e são resistentes à mancha-bacteriana.

O delineamento experimental foi em bloco ao acaso, com quatro repetições. Cada repetição foi constituída de seis plantas úteis, dispostas em duas linhas.

As mudas dos 12 genótipos foram produzidas em bandejas de isopor com substrato comercial e, após o surgimento do terceiro par de folhas definitivas, fez-se o transplante para a casa de vegetação, devidamente preparada. Os demais tratamentos culturais como capinas, desbrota e tutoramento foram realizados segundo a recomendação para a cultura (Filgueira, 2000). Foi realizada irrigação por gotejamento.

No preparo do solo, foram realizadas a aração e a formação dos canteiros. Na adubação de plantio, foram utilizados 3 kg de esterco bovino, 30 g de farinha de osso e 30 g de cinza por cova. Na adubação de cobertura, a aplicação foi realizada por planta, em três etapas: na primeira, foram aplicados 50 g de torta de mamona; na segunda, 300 g de esterco bovino e, na terceira, 150 g de esterco bovino com 25 g de torta de mamona. A adubação foi realizada com base em resultados preliminares obtidos em experimentos conduzidos na

área, complementados com o Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (De Polli *et al.*, 1998). Ressalta-se que a Estação Experimental de Seropédica é credenciada para a produção orgânica de hortaliças.

Foram realizadas oito colheitas no período de 10 de julho a 8 de novembro de 2007. As características avaliadas foram: número total de frutos (NTF); peso total de frutos (PTF), em gramas; peso médio dos frutos (PMF), em g/fruto, obtido pela divisão do PTF pelo NTF; comprimento dos frutos (CF), em mm; diâmetro dos frutos (DF), em mm, ambos medidos em uma amostra aleatória de cinco frutos por linha; relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF); presença ou ausência de capsaicina (CAPS), determinada numa porção da placenta dos frutos (aproximadamente, 1 cm), que foi imersa em uma solução de 3 mL de vanadato de amônio, durante o período de 5 horas, segundo adaptações de Riva (2006) no método de Derera (2000). Para determinação da CAPS, foi avaliado um fruto por planta. As plantas também foram observadas quanto à reação à mancha-bacteriana em condições de ocorrência natural da doença.

A análise de variância foi realizada seguindo a descrição feita por Cruz *et al.* (2004) e as médias foram agrupadas pelo teste proposto por Scott Knott (1974).

Foram estimados os seguintes parâmetros genéticos: variância genotípica média (\hat{S}_g^2); variância fenotípica média (\hat{S}_f^2); variância ambiental média (\hat{S}^2); coeficiente de determinação genotípico (H^2); coeficiente de variação genético (CV_g); índice de variação (CV_g/CV_e); correlações genotípicas (r_{ge}), fenotípicas (r_{fe}) e ambientais (r_a), segundo Cruz (2001).

Para a análise dos dados, foi utilizado o Programa Computacional Genes (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O resultado da análise de variância demonstrou valores de F significativos ($p < 0,01$) para todas as características, exceto para PTF. A ausência de significância para PTF deveu-se ao fato de que as linhas que apresentaram baixo PMF registraram alto NTF, igualando o PTF.

No geral, as 12 linhas avaliadas apresentaram alto NTF (284 em média), produção total de frutos em torno de 2210 g com PMF de 8,4 g. A relação CF/DF foi de 3,89, o que representa frutos classificados como alongados ou piramidal (Peixoto *et al.*, 1999; Scivittaro *et al.*, 1999; Moreira *et al.*, 2006).

Os coeficientes de variação (CV) para as características de produção foram de aproximadamente 20,5 % para NTF, 23,0 % para PTF e 19,7 % para PMF. Já para a relação CF/DF, o CV foi de 17,04 %. Esses valores foram elevados a médios, de acordo com a proposta de Gomes e Garcia (2002). Deve-se considerar que as injúrias, às quais naturalmente as plantas são submetidas, durante os tratamentos culturais e colheita dos frutos, assim como outras variações ambientais, que fazem com que a produção individual das plantas seja afetada ao longo das colheitas, podem aumentar o CV (Lucio *et al.*, 2006). Todavia, os valores de CV obtidos neste trabalho são bem inferiores aos normalmente encontrados na literatura para as variáveis relacionadas à produção em hortaliças. Sousa & Maluf (2003) registraram um CV de 45,54 % para a produção total de frutos de pimenta. Riva (2006) verificou CV geral de 31,03 %, para o número total de frutos em famílias F_{2:3} de pimentão. Por sua vez, os CVs registrados para CF e DF (8,05 % e 12,06 %, respectivamente) foram considerados baixos.

Em geral, os dados revelaram que as linhas estudadas neste experimento possuem alto NTF, baixo PMF, e grande variação de CF/DF, indicando a diversidade de formas (Tabela 1). Para NTF, dois grupos foram formados. O grupo com maior NTF reúne as linhas com valores entre 289,75 e 357,25, e o de menor NTF, valores entre 156 e 263,50. Esses valores são de difícil comparação, uma vez que os trabalhos disponíveis na literatura se concentram na avaliação de genótipos de pimentão que, em geral, possuem poucos frutos quando comparados aos de pimentas. Os trabalhos disponíveis sobre as pimentas incluem todas as espécies de *Capsicum* e não exclusivamente da espécie *C. annuum*. Os catálogos das empresas fornecedoras de sementes de pimenta não informam esse dado.

O PMF variou entre 5,86 g/fruto (linha 2) e 14,07 g/fruto (linha 1). Esses frutos, embora possam ser considerados pequenos quando comparados com os de cultivares de pimenta-jalapeño ou de pimenta-doce (ambas da espécie *C. annuum*), que possuem frutos com peso entre 45 e 60 g, assemelham-se ao peso médio da pimenta-de-cheiro, da espécie *C. chinense* (Moreira *et al.*, 2006). Sudré *et al.* (2005) caracterizaram 56 acessos do banco

de germoplasma de *Capsicum* da UENF e 16 apresentaram PMF similares aos obtidos nesse experimento.

O PMF foi obtido pela divisão dos valores de PTF pelo NTF. Os maiores valores de NTF foram registrados para as linhas 2, 3, 5, 8, 9 e 12, que, simultaneamente, tiveram os menores valores de PMF. Esses valores fundamentam a falta de diferenças significativas para PTF. A maior produção foi obtida pela linha 11, com 2916,25 g/parcela, o que representa uma produção de 486,04 g/planta. Num espaçamento de 1,0 x 0,5 m, a produtividade seria de 9720 kg/hectare, comparável à produtividade de cultivares comerciais de pimenta (Vilela & Junqueira, 2006). Em híbridos de pimenta (*Capsicum chinense*), Sousa & Maluf (2003) obtiveram uma produção média por planta que variou entre 76,8 g e 591,1 g, para os genitores utilizados em esquema de dialelo, e entre 75,8 e 705,5 g, para os híbridos obtidos destes cruzamentos. A produção por planta obtida neste estudo foi maior que a produção por planta registrada para nove dos dez híbridos produzidos no estudo de Sousa & Maluf (2003).

A característica CF teve valores entre 43,70 mm (linha 5) e 85,55 mm para a linha 4. O DF variou entre 12,40 mm (linha 12) e 23,55 mm (linha 5). Resultados diferentes foram publicados por Sudré *et al.* (2005), que obtiveram valores médios de CF de 165,5 mm e DF de 45,9 mm em acessos de *C. annuum* do banco de germoplasma da UENF, porém, para acessos de *C. frutescens* e de *C. chinense*, foram observados valores próximos.

O agrupamento das médias da relação CF/DF dividiu as linhas de acordo com o formato do fruto. As linhas 5, 8 e 9 (agrupados com a letra C) tiveram CF/DF entre 1,87 e 3,13 e são classificados como frutos de forma retangular ou cônica. As linhas agrupadas com a letra B são frutos de formato alongado ou piramidal (Peixoto *et al.*, 1999; Scivittaro *et al.*, 1999; Moreira *et al.*, 2006). A linha 12 (letra A) obteve CF/DF de 7,15, considerados frutos de formato cilíndrico, semelhantes aos da cultivar 'De Cayenne', desenvolvida pela Isla (Isla, 2007). Em híbridos de *Capsicum chinense*, registraram-se relação comprimento e diâmetro que variaram entre 9,2 e 42,8 mm (Sousa & Maluf, 2003).

Houve segregação para a presença da capsaicina em quatro linhas estudadas (linhas 2, 7, 11 e 12). Moreira *et al.* (2006) registraram que a produção de capsaicinóides na placenta dos frutos de pimenta varia tanto em função dos genótipos quanto das condições ambientais em que as plantas são cultivadas, sendo, portanto, uma característica difícil de

ser manipulada em função da sua grande instabilidade. Os dados obtidos neste trabalho concordaram com o relato anterior. Apenas as linhas 1 e 5 não apresentaram pungência, sendo essas linhas indicadas para o consumo como pimentas doces.

Os parâmetros genéticos estudados revelaram que, exceto para PTF, a variância genotípica foi alta para todas as características estudadas e o coeficiente de determinação genotípico foi superior a 82 % (Tabela 2). A baixa variância ambiental indicou um bom controle da área experimental, já que a contribuição do ambiente, que mascara os efeitos genéticos, foi reduzida. Sabe-se que características controladas por vários genes são mais influenciadas pelo ambiente (Falconer, 1981), e isso se confirmou, quando foi analisada a variância ambiental, para a qual o PTF, uma característica quantitativa, teve o maior valor. Esse dado enfatiza a importância da seleção de genótipos específicos para determinados ambientes e formas de cultivo. Além disso, o PTF apresentou baixo coeficiente de determinação genotípico (48,39 %), mostrando a necessidade de testar esses genótipos em vários ambientes e anos, buscando entender os fatores ambientais que maximizam a produção de frutos. A característica de maior variância genotípica e, conseqüentemente, o maior coeficiente de determinação genotípico, é o CF, demonstrando a baixa influência do ambiente sobre essa variável.

Os índices de variação das características NTF, PMF, CF, DF e CF/DF foram superiores à unidade, indicando uma situação favorável à seleção (Cruz *et al.*, 2004).

Neste experimento, somente houve correlação fenotípica significativa pelo teste t, entre as características NTF x PMF e entre CF x CF/DF e DF x CF/DF (Tabela 3). Essas correlações eram esperadas, uma vez que, para obtenção do PMF, usou-se o NTF e, para a relação CF/DF, foram utilizados o CF e o DF. Esses dados estão de acordo com os trabalhos realizados por Lúcio *et al.* (2004), por Miranda *et al.* (1988) e por Cruz *et al.* (1988), todos com pimentão. O conhecimento da correlação entre caracteres é importante quando se deseja fazer seleção simultânea de caracteres, ou quando um caráter de interesse apresenta baixa herdabilidade, problemas de medição ou identificação (Carvalho *et al.*, 1999).

Exceto para NTF x PTF e CF/DF x NTF, PTF e PMF, as correlações genotípicas foram superiores às correlações fenotípicas, conservando o mesmo sinal, o que demonstra que o genótipo é refletido no fenótipo, que o ambiente pouco contribuiu para estas

correlações (Miranda *et al.*, 1988) e que não houve erros de amostragem durante a execução do experimento (Cruz *et al.*, 2004).

Em relação à ocorrência de doenças, embora tenha sido observada a presença de plantas de tomateiro com sintomas de mancha-bacteriana em áreas contíguas à área onde as pimentas estavam sendo testadas, não houve sintomas da doença nas plantas de pimenta durante a condução do experimento. Registrou-se, todavia, a ocorrência de virose em plantas das linhas 1, 2, 3, 4, 5, 7, 11 e 12.

Com base nos dados obtidos, pode-se concluir que, para o sistema orgânico em cultivo protegido, as linhas endogâmicas recombinadas testadas tiveram ampla variação para as características estudadas, produção elevada e diferentes formatos de frutos, possibilitando a seleção de genótipos com adaptação ao manejo empregado. Novos estudos que visem à complementação deste são necessários, como o cultivo em diferentes épocas e anos consecutivos, buscando entender melhor os fatores que interferem na produção de frutos de pimenta em condições orgânicas e protegidas.

Para todas as características testadas, com exceção do PTF, a variância genotípica, a herdabilidade e o índice de variação foram altos. Além disso, houve uma tendência de maior contribuição dos fatores genéticos que os do ambiente nas correlações entre os caracteres estudados, mostrando que os resultados obtidos são realmente de origem genética e permitem a realização de seleção.

Além da potencialidade genética, o produtor deve estar atento para as exigências do mercado, buscando nichos que possam tornar sua produção mais rentável. A variedade de formas e tamanhos de frutos entre as linhas estudadas permite a seleção de acordo com a finalidade do produto final. Assim, para o sistema orgânico sob cultivo protegido, recomenda-se a linha 5 para ser utilizada como pimenta-doce, por produzir muitos frutos com peso médio de 6,4 g. Entre as linhas pungentes, a linha 8 destacou-se pelo grande número de frutos com peso médio de 7,5 g e formato cônico. As linhas 2, 7, 11 e 12, apesar de terem obtido resultados de produção de formato de frutos satisfatórios, apresentaram segregação para a presença de capsaicina, impossibilitando o seu cultivo antes da fixação dessa característica.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de Mestrado à primeira autora, e aos funcionários de campo da PESAGRO-RIO/EES, pelo auxílio na condução do experimento.

LITERATURA CITADA

- CALIMAN FRB; SILVA DJH; FONTES PCR; STRINGHETA PC; MOREIRA GR; CARDOSO AA. 2005. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. *Horticultura Brasileira* 23(2):255-259.
- CARRIJO AO; VIDAL MC; REIS NVB; SOUZA RB; MAKISHIMA N. 2004. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira* 22(1):05-09.
- CARVALHO CGP; OLIVEIRA VR; CRUZ CD; CASALI VWC. 1999. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(4): 603-613.
- CARVALHO LA; TESSAORIOLI NETO J. 2005. Produtividade de tomate em ambiente protegido, em função do espaçamento e número de ramos por planta. *Horticultura Brasileira* 23(4):986-989.
- CRUZ CD. 2001. *Programa Genes Versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV, 648p.
- CRUZ CD; MIRANDA JEC; COSTA CP. 1988. Correlações, efeitos diretos e indiretos de caracteres agrônômicos sobre a produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética* 11(4): 921-928.

- CRUZ CD; REGAZZI AJ; CARNEIRO PCS. 2004. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas*. 3 ed.,v.1. Viçosa: UFV, 480p.
- DE POLLI H. 1998. *Manual de Adubação para o Rio de Janeiro*. Seropédica: Ed. Universidade Rural, 179p.
- DERERA F. 2000 *Condiment Paprika: Breeding, Harvesting & Commercialisation*. 33p.
- ECHER MM; FERNANDES MCA; RIBEIRO RLD; PERACCHI AL. 2002. Avaliação de genótipos de *Capsicum* para a resistência ao ácaro branco. *Horticultura Brasileira* 20(2): 217-221.
- EKLUND CRB; CAETANO LCS; SHIMOYA A; FERREIRA JM; GOMES JMR. 2005. Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* 23(4): 1015-1017.
- FALCONER DS. 1981. *Introdução à genética quantitativa*. Trad. SILVA MA; SILVA JC. Viçosa: UFV, Impr. Univ. 279p.
- FIGUEIREDO EB; MALHEIROS EB; BRAZ LT. 2004. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. *Horticultura Brasileira* 22(1): 66-71.
- FILGUEIRA FAR. 2000. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças*. *Cultura e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Ed. UFV, 402p.
- FONTES PCR; DIAS EN; GRAÇA RN. 2005a. Acúmulo de nutrientes e métodos para estimar doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira* 23(2): 275-280.

- FONTES PCR; DIAS EN; SILVA DJH. 2005b. Dinâmica de crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 23(1): 94-99.
- GOMES FP; GARCIA CH. 2002. *Estatística aplicada a experimentos agronômicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos*. Piracicaba: FEALQ, 309p.
- GUSMÃO MTA; GUSMÃO SAL; ARAÚJO JAC. 2006. Produtividade de tomate tipo cereja cultivado em ambiente protegido e em diferentes substratos. *Horticultura Brasileira* 24(1): 431-436.
- ISLA (2007) *Pimenta*. Disponível em: <http://www.isla.com.br>. Acessado em 10 de dezembro de 2007.
- LÚCIO AD; LORENTZ LH; BOLIGON AA; LOPES SJ; STORCK L; CARPES RH. 2006. Variação temporal da produção de pimentão influenciada pela posição e características morfológicas das plantas em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 24(1): 31-35.
- LÚCIO AD; MELLO RM; STORCK L; CARPES RH; BOLIGON AA; ZANARDO B. 2004. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. *Horticultura Brasileira* 22(4): 766-770.
- MARTINS VA; CAMARGO FILHO WP; BUENO CRF. 2006. Preços de Frutas e Hortaliças da Agricultura Orgânica no Mercado Varejista da Cidade de São Paulo. *Informações Econômicas* 36(9): 42-52.
- MIRANDA JEC; COSTA CP; CRUZ CD. 1988. Correlações genotípica, fenotípica e de ambiente entre caracteres de fruto e planta de pimentão (*Capsicum annuum* L.). *Revista Brasileira de Genética*, 11(2): 457-467.

- MOREIRA GR; CALIMAN FRB; SILVA DJH; RIBEIRO CSC. 2006. Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário* 27(235): 16-29.
- OLIVEIRA FL; RIBAS RGT; JUNQUEIRA RM; PADOVAN MP; GUERRA JGM; ALMEIDA DL; RIBEIRO RLD. 2005. Desempenho do consórcio entre repolho e rabanete com pré-cultivo de crotalária, sob manejo orgânico. *Horticultura Brasileira* 23(2): 184-188.
- PEIXOTO JR; RAMOS RS; FARIAS JÚNIOR B; SILVA CM; DE ANGELIS B. 1999. Avaliação de genótipos de pimentão no período de inverno em Araguari, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(10): 1865-1869.
- RIVA EM; RODRIGUES R; PEREIRA MG; SUDRÉ CP; KARASAWA M; AMARAL JÚNIOR AT. 2004. Inheritance of bacterial spot disease in *Capsicum annuum* L. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4(4): 490-494.
- RIVA EM. 2006. *Uso dos métodos genealógico e “single seed descent” (SSD) para obtenção de linha de pimentão resistentes à mancha bacteriana*. Campos dos Goytacazes: UENF, 101p. (Tese Doutorado).
- SANTOS HS; GOTO R. 2004. Enxertia em plantas de pimentão no controle de murcha de fitóftora em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira* 22(1): 45-49.
- SCIVITTARO WB; MELO AMT; AZEVEDO FILHO JA; CARVALHO CRL; RAMOS MTB. 1999. Caracterização de híbridos de pimentão em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira* 17(2): 147-150.
- SCOTT AJ; KNOTT M. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30(3): 313-315.

- SOUSA JA; MALUF WR. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq). *Scientia Agrícola* 60:105-113.
- SUDRÉ CP; RODRIGUES R; KARASAWA M; AMARAL JÚNIOR AT. 2005. Divergência genética entre acessos de pimenta e pimentão utilizando técnicas multivariadas. *Horticultura Brasileira* 23(1):22-27.
- VENTURA SRS; CARVALHO AG; ABOUD ACS; RIBEIRO RLD. 2007. Influência das doses de nitrogênio e das coberturas vivas do solo em cultivo orgânico de berinjela, na incidência de *Corythaica cyathicollis* em diferentes períodos do dia. *Revista Biotemas* 20(4): 59-63.
- VIDAL VL; JUNQUEIRA AMR; PEIXOTO N; MORAES EA. 2007. Desempenho de feijão-vagem arbustivo, sob cultivo orgânico em duas épocas. *Horticultura Brasileira* 25(1): 10-14.
- VILELA NJ; JUNQUEIRA KP. 2006. Coeficientes técnicos, custos, rendimentos e rentabilidade das pimentas. *Informe Agropecuário* 27(235): 104-108.

Tabela 1 – Médias das características: número total de frutos (NTF); peso total de frutos (PTF), em gramas; peso médio dos frutos (PMF), em g/fruto; comprimento dos frutos (CF), em mm; diâmetro dos frutos (DF), em mm; relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) e presença ou ausência de capsaicina (CAPS) de 12 linhas recombinadas de *C. annuum* L., cultivadas sob cultivo protegido em manejo orgânico (means values of the variables total number of fruits (NTF); total fruit weight (PTF), in g; mean weight of fruits (PMF), in g/fruits; fruit length (CF), in mm; fruit diameter (DF), in mm, and length and diameter fruit ratio (CF/DF) in the 12 recombinant inbred *C. annuum* L. lines cultivated under greenhouse conditions in organic management). Seropédica, Pesagro-Rio, 2007.

GENÓTIPOS	MÉDIAS ¹						
	NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF	CAPS ²
1	156,00B	2001,25A	14,07A	83,07A	21,67A	3,93B	A
2	357,25A	2040,00A	5,86B	59,45C	16,85B	3,83B	S
3	344,75A	2235,00A	6,47B	74,20B	19,40A	3,96B	P
4	289,75A	2445,00A	8,57B	85,55A	19,95A	4,39B	P
5	338,50A	2162,50A	6,40B	43,70D	23,55A	1,87C	A
6	263,50B	1692,50A	6,78B	60,35C	15,20B	4,09B	P
7	176,25B	1618,75A	9,25A	68,85B	19,10A	3,67B	S

Tabela 1 – Cont.

8	345,75A	2546,25A	7,42B	59,40C	20,20A	3,13C	P
9	315,50A	2264,25A	7,24B	56,35C	22,00A	2,59C	P
10	230,00B	2322,50A	10,60A	71,50B	18,85A	3,98B	P
11	245,75B	2916,25A	11,78A	81,30A	20,60A	4,10B	S
12	348,25A	2282,50A	6,34B	85,45A	12,40B	7,15A	S
CV (%)	20,4811	23,0277	19,6751	8,0545	12,0578	17,0484	

¹ Médias seguidas pela mesma letra, na coluna, não diferem significativamente entre si, pelo teste de agrupamento de médias de Scott Knott (means followed by the same letter do not differ significantly based on Scott Knott's test).

² P = presença de capsaicina (capsaicin presence); A = ausência de capsaicina (capsaicin absence); S = segregação para presença de capsaicina (segregation for capsaicine presence).

Tabela 2 – Estimativa da variância genotípica média (\hat{S}_g^2); variância fenotípica média (\hat{S}_f^2); variância ambiental média (\hat{S}^2); coeficiente de determinação genotípico (H^2); coeficiente de variação genético (CV_g) e do índice de variação (CV_g / CV_e) em seis características agrônomicas de 12 linhas endogâmicas recombinadas de *Capsicum annuum* sob cultivo protegido em manejo orgânico (Estimation of the genotypic variance (\hat{S}_g^2); phenotypic variance (\hat{S}_f^2); environmental variance (\hat{S}^2); genotypic determination coefficient (H^2); genetic variation coefficient (CV_g); variation index (CV_g / CV_e), in six agronomic traits in 12 recombinant inbred *C. annuum* L. lines cultivated under greenhouse conditions and organic management). Seropédica, Pesagro-Rio, 2007.

Parâmetros	Características ¹						
	Genéticos	NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
\hat{S}_f^2		4889,57	125515,50	6,49	180,47	9,48	1,58
\hat{S}^2		847,44	64781,08	0,69	7,74	1,33	0,11
\hat{S}_g^2		4042,13	60734,42	5,81	172,73	8,15	1,47
H^2		82,67	48,39	89,42	95,71	85,94	93,03
CV_g		22,36	11,14	28,61	19,02	14,91	31,14
CV_g / CV_e		1,09	0,48	1,45	2,36	1,24	1,83

¹ NTF: número total de frutos (total number of fruits), PTF: peso total de frutos (total fruit weight); PMF: peso médio dos frutos (mean weight of fruits), CF: comprimento de fruto (fruit length), DF: diâmetro de fruto (fruit diameter), e CF/DF: relação comprimento e diâmetro (length and diameter fruit ratio)

Tabela 3 - Correlações genótípicas (r_{ge}), fenotípicas (r_{fe}) e ambientais (r_a) para características avaliadas em 12 linhas recombinadas de *C. annuum* L., cultivadas sob cultivo protegido em manejo orgânico (Genotypic, phenotypic and environmental correlation among traits evaluated in 12 recombinant inbred *C. annuum* L. lines cultivated under greenhouse conditions and organic management). Seropédica, Pesagro-Rio, 2007.

Características ¹	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF	
	r_{fe}	0,3042	-0,8444**	-0,3692	-0,1955	0,0155
NTF	r_{ge}	0,1976	-0,8885	-0,4260	-0,2172	-0,0005
	r_a	0,5994	-0,5491	-0,1132	-0,0800	0,1450
	r_{fe}		0,1791	0,2811	0,2444	0,0639
PTF	r_{ge}		0,2760	0,3541	0,3905	0,0552
	r_a		-0,0105	-0,2701	-0,2740	0,1414
	r_{fe}			0,5401	0,3378	0,0366
PMF	r_{ge}			0,5604	0,3891	0,0231
	r_a			0,3214	-0,0274	0,1808

Tabela 3 – Cont.

	r_{fe}	-0,3194	0,7508**
CF	r_{ge}	-0,3466	0,7659
	r_a	-0,0646	0,5124
	r_{fe}		-0,8276**
DF	r_{ge}		-0,8310
	r_a		-0,8550

**; * significativos, em nível de 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste t (significant by test t at a 0,01 and 0,05 probability level respectively); ns Não-significativo (no significant).

¹ NTF: número total de frutos (total number of fruits); PTF: peso total de frutos (total fruit weight); PMF: peso médio dos frutos (mean weight of fruits); CF: comprimento dos frutos (fruit length); DF: diâmetro dos frutos (fruit diameter); CF/DF: relação comprimento/diâmetro do fruto (length and diameter fruit ratio).

Interação Genótipo X Ambiente em Linhas Endogâmicas Recombinadas de *Capsicum annuum* L.*

Sarah Ola Moreira¹, Rosana Rodrigues¹, Maria Luíza de Araújo², Cláudia Pombo Sudré¹, Elaine Manelli Riva-Souza³

¹UENF, CCTA, LMGV, Av. Alberto Lamego, 2000, Parque Califórnia, 28013-602, Campos dos Goytacazes-RJ; ² PESAGRO-RIO/EES, Rodovia BR 465, Km 47, 23851-970, Seropédica-RJ; ³ INCAPER, Rodovia BR 262, Km 94, 29375-000, Venda Nova do Imigrante-ES; E-mail: rosana@uenf.br; sarah.ola@gmail.com *Parte da dissertação apresentada à UENF, pela primeira autora, para obtenção do grau de Mestre em Produção Vegetal, área de concentração Fitomelhoramento.

RESUMO

A diversidade de clima e de manejo interfere no desenvolvimento e na produtividade vegetal, uma vez que estas características estão diretamente correlacionadas com o genótipo e com o ambiente de cultivo. Este estudo teve como objetivo estimar os efeitos do tipo de manejo sob o desempenho agrônômico de 12 linhas endogâmicas recombinadas (F₇) de pimenta (*Capsicum annuum* L.), originadas do cruzamento entre um pimentão suscetível à mancha-bacteriana (UENF 1421) e uma pimenta resistente (UENF 1381). Dois experimentos foram conduzidos, sendo um deles em condições de campo em Campos dos Goytacazes, RJ e o outro em sistema orgânico e cultivo protegido, em Seropédica, RJ. Foram avaliados o número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) e a presença de capsaicina (CAPS). Foi realizada uma análise conjunta, o estudo da decomposição da interação genótipo x ambiente (G x A) e a estimação do componente quadrático genotípico e da interação G x A, do coeficiente de determinação genotípico e de variação genético e do índice de variação. A interação G x A foi significativa para o número, o peso total e médio de frutos, além do diâmetro do fruto e da relação comprimento/diâmetro. Com exceção do comprimento do fruto, o cultivo protegido e orgânico propiciou melhores médias para todas as características estudadas. Os

parâmetros estudados revelaram que as causas de variação foram devidas às diferenças genéticas existentes entre as linhas e que o peso total de frutos foi a característica mais influenciada pelo manejo empregado. Entre as linhas pungentes, no cultivo em campo, a linha 2 mostrou alta capacidade produtiva e, para o cultivo protegido, a linha 8 obteve o maior número de frutos. Entre as não-pungentes, a linha 1 foi superior em ambos os ambientes.

Palavras-chave: pimentão, pimentas, sistemas de cultivo, desempenho agrônomo, genótipos.

ABSTRACT

Interaction genotype x environment of recombinant inbred *Capsicum annuum* L. lines

The climate and management diversity play an important role in crop production, since these characteristics are related to genotype and cultivation environment. The aim of this work was to study the effects of the genotype, the environment and the genotype-environmental interaction (GE) in 12 recombinant inbred *C. annuum* lines, from crosses between a sweet pepper cultivar (susceptible to bacterial spot) and a chili pepper accession (resistant to bacterial spot). Two trials were carried out: one of them in a conventional agriculture system, under field conditions, and the other one in ecological or organic system under greenhouse conditions. The field experiment was carried out in Campos dos Goytacazes, RJ, while in the greenhouse the experiment was carried out in Seropédica, RJ. Both tests were performed using a randomized block design with three replications. The measured variables were: total fruit number (TFN); total fruit weight (TFW); mean fruit weight (MFN); fruit length (FL); fruit diameter (FD); length/diameter fruit ratio (FL/FD) and capsaicin presence (CAPS). A variance analysis for each environment, a joint variance analysis and a partitioning of genotype environment interaction were done. The genotype and GE quadratic components, the genotypic determination coefficient, genetic variation coefficient and variation index were estimated. The GE interaction was significant for TFN, TFW, MFN, FD and FL/FD. Cultivation under greenhouse conditions was responsible for the highest mean performance for every trait studied but FL. Genetic variation was superior

when compared to environmental variation. For field conditions, the line 2 (pungent) appears to be promising for their high yield ability. Considering the greenhouse conditions, the line 8 (pungent), had higher yield in terms of fruit number. The line 1 (non-pungent) also seems to be promising for commercial cultivation in the two environments.

Keywords: chili pepper, sweet pepper, system for crops, agronomic performance, genotypes

Os frutos de *Capsicum annuum*, representados pelas pimentas e pimentões, possuem elevado valor comercial e estão entre as dez hortaliças mais consumidas no Brasil, com especial destaque para o estado do Rio de Janeiro (Carmo *et al.*, 2001; Rocha *et al.*, 2006). O cultivo da pimenta no país é de grande importância, por sua rentabilidade e importância social (Rufino & Penteadó, 2006).

Assim como para outras hortaliças, o cultivo em ambiente protegido vem ganhando espaço entre os produtores, devido, principalmente, à relativa facilidade de manejo, quando comparado ao do sistema convencional em campo aberto, além de melhor produtividade e qualidade dos frutos (Carrijo *et al.*, 2004; Lúcio *et al.*, 2004).

Em vista do manejo diferenciado, seja no sistema convencional ou protegido, o cultivo sustentável demanda cultivares bem adaptadas e que proporcionem melhor rendimento e elevado padrão de qualidade. Para obter o máximo de benefícios de cada um desses diferentes sistemas de cultivo, o conhecimento da interação genótipo por ambientes (G x A) é fundamental, uma vez que esta se faz presente todas as vezes em que se testam diversas cultivares em diferentes condições ambientais (Gualberto *et al.*, 2002). Pouca ênfase tem sido dada à avaliação agrônômica de cultivares nas condições edafoclimáticas da região de cultivo, visando à recomendação dos melhores genótipos para determinada região e tecnologia específica de cultivo, estudos estes que atenderiam às necessidades do produtor (Peixoto *et al.*, 2001; Oliveira *et al.*, 2002; Peixoto *et al.*, 2002).

Para a escolha de um novo genótipo a ser plantado em determinado local, é desejável que existam ensaios visando à seleção dos mais adaptados (Oliveira *et al.*, 2001), recomendando-se, antes de lançar uma nova cultivar, a avaliação de genótipos em

condições tão similares quanto possível, em relação às aquelas que prevalecerão entre os agricultores (Gusmão, 2001).

Com isso, o objetivo deste trabalho foi estimar os efeitos do genótipo, do ambiente e da interação genótipo x ambiente de 12 linhas endogâmicas recombinadas de *C. annuum*, originadas do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381 em dois sistemas de cultivo distintos nos municípios de Campos do Goytacazes e de Seropédica, ambos no estado do Rio de Janeiro.

MATERIAL E MÉTODOS

Genótipos

Foram avaliadas 12 linhas endogâmicas recombinadas (LERs) de *C. annuum*, referentes à geração F₇ do cruzamento entre o acesso UENF 1421, um pimentão suscetível à mancha-bacteriana, e o acesso UENF 1381, uma pimenta resistente à mancha-bacteriana, utilizada como fonte de resistência no programa de melhoramento desenvolvido pela Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (UENF). O avanço das gerações de F₂ até a F₆ foi feito pelo método *Single Seed Descent* (SSD), realizando-se a seleção para resistência à mancha-bacteriana e atributos agrônômicos desejáveis por Riva (2006).

Ambientes

Os experimentos foram conduzidos na área de convênio da PESAGRO – RIO com a UENF, localizada em Campos dos Goytacazes – RJ (Amb 1) e na Estação Experimental de Seropédica - RJ da Empresa de Pesquisa Agropecuária do Estado do Rio de Janeiro (PESAGRO – RIO) (Amb 2). O ambiente 1 está localizado na latitude 21°19'23"S e longitude de 41°19'40"W, a 13 m de altitude. O ambiente 2 localiza-se na latitude 22°44'38"S e longitude 43°42'27"W, com altitude de 26 metros.

No Amb 1, o experimento foi conduzido em condições de campo. A adubação química foi realizada com base na análise do solo (pH = 5,4; matéria orgânica = 17,1 g/dm³; fósforo = 10 mg/dm³; potássio = 41 mg/dm³; cálcio = 1,9 cmol/dm³; magnésio = 0,6 cmol/dm³ e hidrogênio + alumínio (H + Al) = 5,2 cmol/dm³), de acordo com De Polli *et al.* (1998). Foram aplicados 13 g/metro de sulfato de amônio, 52 g/metro de superfosfato

simples e 13 g/metro de cloreto de potássio. A adubação orgânica foi feita com 1 kg de esterco bovino por metro. A adubação de cobertura foi realizada em duas etapas: aos 30 dias após o transplante e antes do início da produção de frutos, com aplicação de 13 g/metro de sulfato de amônio (De Polli *et al.*, 1998); aos 60 e 90 dias, durante a produção de frutos, foram aplicados 13 g/metro de sulfato de amônio e 5 g/metro de cloreto de potássio (Pinto *et al.*, 2006). Para a correção de deficiências nutricionais, foram realizadas duas aplicações de cloreto de cálcio (6 %) e uma aplicação de sulfato de magnésio (20 %) (Pinto *et al.*, 2006). A irrigação foi por aspersão. Foram realizadas cinco colheitas no período entre setembro e dezembro de 2007.

No Amb 2, o experimento foi realizado em sistema orgânico em cultivo protegido. A adubação foi realizada com base no histórico da área e no Manual de Adubação para o Estado do Rio de Janeiro (De Polli *et al.*, 1998). Na adubação de plantio, foram utilizados 3 kg de esterco bovino, 30 g de farinha de osso e 30 g de cinza por cova. Na adubação de cobertura, a aplicação foi realizada por planta, em três etapas: na primeira, foram aplicados 50 g de torta de mamona; na segunda, 300 g de esterco bovino; e na terceira, 150 g de esterco bovino com 25 g de torta de mamona. Foi realizada irrigação por gotejamento. Apesar de o período de colheita poder ser prolongado, optou-se por fazer cinco colheitas, conforme utilizado por Carvalho *et al.* (1999), realizadas no período de 10 de julho a 8 de novembro de 2007.

Em ambos os ambientes, as mudas das 12 LERs foram produzidas em bandejas de isopor com substrato comercial e, após o surgimento do terceiro par de folhas definitivas, estas foram transplantadas. Demais tratamentos culturais como capinas, desbrota e tutoramento foram realizados segundo a recomendação para a cultura (Filgueira, 2000).

Análise estatística

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições, sendo que a parcela no Amb 1 foi constituída por 12 plantas e, no Amb 2, por seis plantas, trabalhando-se com as médias das parcelas.

Em cada ambiente, foram avaliados os seguintes caracteres: número total de frutos (NTF); peso total de frutos (PTF), em gramas; peso médio dos frutos (PMF), em g/fruto,

obtido pela divisão do PTF pelo NTF; comprimento dos frutos (CF), em mm; diâmetro dos frutos (DF), em mm; relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF), obtido pela divisão do CF pelo DF; presença ou ausência de capsaicina (CAPS), por meio de teste qualitativo, em que uma porção da placenta dos frutos (de 1 cm aproximadamente) foi imersa em uma solução de 3 mL de vanadato de amônio por 5 horas, conforme adaptação feita por Riva (2006) no método de Derera (2000). As placentas das plantas com CAPS se tornavam marrons após esse período. Para determinação da CAPS, foi avaliado um fruto por planta.

Os dados foram submetidos à análise de variância, individualmente, para cada ambiente e conjunta, quando cada observação fenotípica pôde ser descrita pelo modelo estatístico $Y_{ijk} = \mu + G_i + A_j + GA_{ij} + B/A_{jk} + e_{ijk}$. Em que: μ : média geral; G_i : efeito do i -ésimo genótipo; A_j : efeito do j -ésimo ambiente; GA_{ij} : efeito da interação do i -ésimo genótipo com o j -ésimo ambiente; B / A_{jk} : efeito do k -ésimo bloco dentro do j -ésimo ambiente e e_{ijk} : erro aleatório. Foram considerados, como efeitos fixos, o A, o G e a interação G x A e, como efeito aleatório, os blocos e o erro experimental, como sugerido por Cruz *et al.*(2004).

Após a realização da análise de variância conjunta e a obtenção das esperanças dos quadrados médios, os componentes de variância associados aos efeitos aleatórios (variância residual - S_r^2), os componentes quadráticos, associados aos efeitos fixos (componente quadrático genotípico - \hat{f}_g - e componente quadrático da interação genótipo x ambiente - \hat{f}_{ga}), além do coeficiente de determinação genotípico (H_g^2), do coeficiente de variação genético (CV_g) e do índice de variação (CV_g / CV_e) foram estimados, segundo Cruz *et al.* (2004).

As médias foram comparadas pelo Teste de Scott e Knott (1974). Para a análise dos dados, foi utilizado o Programa Genes (Cruz, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na análise de variância realizada em cada ambiente, constatou-se, que no Ambiente 1, somente o PTF não foi significativo e o CF foi significativo a 5 % de probabilidade. Em média, o NTF foi de 67,91 com PTF de 621,23 g, resultando em um PMF de 9,51. A

relação CF/DF foi de 3,00. Os coeficientes de variação (CV) tiveram valores entre 5,37 % (DF) e 20,98 % (PTF). O coeficiente de determinação genotípico foi baixo para PTF (10,95 %).

No Ambiente 2, houve diferença altamente significativa para todas as características estudadas, exceto para PTF, que foi significativo em nível 5 % de probabilidade. As médias para NTF, PTF e PMF foram 134,47, 1403,25 g e 11,18 g/fruto, respectivamente. Para CF/DF, a média foi de 3,89. Os CVs variaram entre 8,17 % para CF e 19,07 % para PTF, e o coeficiente de determinação genotípico entre 62,30 % para PTF e 95,65 % para PMF. A determinação de melhores genótipos e ambientes será apresentada e discutida a partir da análise conjunta, porém, com os dados das análises de variâncias individuais, percebeu-se a superioridade do ambiente 2, ou seja, do cultivo protegido, por ter resultado em melhores médias e coeficientes de determinação genotípico que os do Amb 1. Pode-se dizer que esse resultado era esperado, visto que as condições do cultivo protegido permitem um melhor controle do ambiente.

A interação genótipo x ambiente foi altamente significativa para NTF, PTF, PMF e DF, a relação CF/DF foi significativa em nível de 5 % e não houve diferença significativa para CF. Em relação aos genótipos, apenas o PTF não obteve diferença significativa e, entre os ambientes, somente o PMF e o CF não foram significativos, as demais características foram altamente significativas.

O NTF médio foi de 101,19 frutos, com PTF de 1012,24 g e PMF de 10,35 g/fruto. A relação CF/DF média foi de 3,44, caracterizando plantas com frutos pequenos, numerosos e de formato variando entre cônico e alongado ou piramidal. Os CVs variaram entre 8,49 % para DF e 20,80 % para PTF, valores inferiores aos encontrados por Riva (2006), que registrou CV geral de 31,03 % para NTF em famílias $F_{2:3}$ de pimentão e por Sousa & Maluf (2003), que registraram um CV de 45,54 % para PTF em híbridos de pimenta.

Ao estudar o comportamento dos genótipos dentro de cada ambiente (Tabela 1), notou-se que as LERs somente não tiveram diferenças significativas no Amb 1 para NTF e PTF. No Amb 2 todas as características avaliadas foram diferentes significativamente ($P < 0,01$). Estes dados evidenciaram as diferenças entre os genótipos dentro de cada ambiente estudado, permitindo a identificação de melhores LERs em cada um dos sistema

de cultivo. Estes dados estão de acordo com os obtidos por Fontes *et al.* (2004) e por Gualberto *et al.* (2002), cujos trabalhos compararam o desempenho do tomateiro em cultivo em campo e em ambiente protegido.

Estudando a influência do ambiente em cada genótipo separadamente, detectou-se que, para a característica NTF, o ambiente influenciou significativamente os genótipos, exceto para as linhas recombinadas 1 e 7. Para PTF, o ambiente promoveu diferenças significativas em todas as linhas, enquanto que, para PMF, somente as linhas 1, 3, 7, 10 e 11 diferiram entre os ambientes estudados. O CF mostrou diferença apenas na linha 3 e o DF registrou diferenças entre as linhas, exceto nas 5, 7 e 11 (Ambiente/LER) já, para a relação CF/DF, houve diferenças nas linhas 1, 4, 6, 8, 9, 10 e 12. No geral, o ambiente ocasionou alterações significativas nas LERs em 63,89 % das interações Ambiente/LER estudadas, confirmando a importância do ambiente na manifestação de todos os caracteres estudados, como relatado por Oliveira *et al.* (2005). Diferenças entre os genótipos estudados em determinado ambiente são um fato comum, registrado por vários autores na literatura, como por Lêdo *et al.* (2000) e Figueiredo *et al.* (2004) em cultivares de alface; Vieira *et al.* (2003) em linhagens e cultivares de feijão-mungo-verde; e Moura *et al.* (2001) em linhagens de pimentão.

Os maiores coeficientes de determinação genotípico (H^2) encontrados foram 96,40, 93,55 e 92,32 % para o peso médio de frutos, diâmetro dos frutos e relação CF/DF, respectivamente (Tabela 2). As estimativas encontradas, para as linhas recombinadas estudadas, mostraram que estas características possuem um alto controle genético, foram fixadas ao longo das sucessivas gerações de autofecundação e podem ser utilizadas em cruzamentos em outros programas de melhoramento. Os maiores valores de CV_g foram obtidos por CF/DF, NTF e PMF (25,00; 22,74 e 22,34, respectivamente). Para essas características e também para CF e DF, o índice de variação (CV_g / CV_e) foi superior à unidade. Essa condição é desejável no processo de seleção, já que, dessa forma, a variação genética supera a ambiental (Cruz *et al.*, 2004). Estes dados são favoráveis, visto que Carvalho *et al.* (1999) verificaram que as características NTF e PMF devem ser consideradas simultaneamente num processo de seleção.

O ambiente não interferiu no NTF somente nas linhas recombinadas 1 e 7 (Tabela 3). Para as demais linhas, o Ambiente 2 propiciou maiores NTF. Dentro do Ambiente 1, os genótipos não diferiram e, no Ambiente 2, as linhas 2, 3, 5, 8 e 12 tiveram valores significativamente superiores, com médias entre 157 e 198 frutos. Estes dados assemelham-se aos obtidos por Peixoto *et al.* (2001), que constataram ampla variação no número de fruto entre os genótipos de tomateiro.

O PTF foi maior no Ambiente 2 para todas as linhas. Os genótipos não diferiram para PTF no Ambiente 1 e, no Ambiente 2, os maiores pesos foram obtidos pelas linhas 3, 5, 8, 10, 11 e 12. A superioridade do Ambiente 2 para PTF assemelha-se aos dados obtidos por Caliman *et al.* (2005), segundo os quais, os genótipos de tomateiro tiveram maior produção total de frutos em ambiente protegido em relação às condições de campo.

O PMF teve diferenças significativas em ambos os ambientes. No Ambiente 1, as linhas com maior peso médio foram 1, 3, 4, 9, 10 e 11 e, no Ambiente 2, as linhas 1 e 11. Em ambos os ambientes, a linha 1 teve maior média, porém com valores discrepantes (13,06 e 18,29 no Ambiente 1 e Ambiente 2, respectivamente). Fato semelhante foi relatado por Conti *et al.* (2002), que, trabalhando com morangueiro em dois municípios distintos, observaram variação no PMF para a mesma cultivar. Do mesmo modo, Oliveira *et al.* (2005) obtiveram diferenças no peso médio das raízes para a mesma cultivar de cenoura, variando em mais de 80 g.

O CF não obteve diferenças significativas na interação LER x Ambiente. Estes só diferiram entre os ambientes para a linha 2, enquanto o ambiente 1 proporcionou melhor média. Nos dois ambientes, as linhas 1, 2, 3, 4, 10, 11 e 12 tiveram maior comprimento de fruto. Esta foi a única característica em que o cultivo em campo aberto obteve resultados significativamente melhores. Este resultado está em concordância com os registrados por Rocha *et al.* (2006), em que os CF dos genótipos de pimentão não tiveram diferenças significativas para as diferentes condições estudadas.

A característica DF somente não obteve diferenças significativas entre os ambientes para as linhas 5, 7, 10 e 11. No Ambiente 1, a linha 9 obteve maior média (31,88 mm). No Ambiente 2, as linhas 2, 6 e 12 mostraram os menores DF, com 17,13, 15,10 e 12,67 mm, respectivamente. Queiroga *et al.* (2002) obtiveram dados similares, quando o DF de pimentão cultivado em diferentes formas de cultivo mostrou diferenças significativas.

Somente as linhas 6 e 12 diferiram significativamente entre os ambientes para a relação CF/DF, com melhores resultados para o ambiente protegido. No Ambiente 1, não foi constatada diferença significativa entre os genótipos. No Ambiente 2, a linha 12 obteve CF/DF significativamente maior que os das demais linhas. A linha 12 possui formato de fruto cilíndrico, similar à cultivar 'De Cayenne', desenvolvida pela Isla (Isla, 2007).

Somente a linha 1 não produziu frutos pungentes, sendo classificada como pimenta-doce. As linhas 3, 4, 6, 8 e 9 tiveram pungência. Para essa característica, as linhas 5 e 10 segregaram-se no Ambiente 1 e, as linhas 2, 7, 11 e 12, no Ambiente 2. A presença ou a ausência de capsaicina é determinada por um gene dominante (gene C), porém, a quantidade de capsaicina é uma característica quantitativa, influenciada por condições ambientais, manejo da cultura e idade do fruto (Lippert *et al.*, 1965; Wagner, 2003). Além da provável segregação para essa característica que ocorreu nessas linhas, outra hipótese possível é que possa ter ocorrido falha na execução ou na sensibilidade do teste, quando pode ter sido utilizada uma parte da placenta que ainda não havia acumulado a capsaicina.

No geral, a interação do genótipo x ambiente foi significativa para NTF, PTF, PMF, DF e CF/DF. Ao realizar o desdobramento da interação, o estudo do comportamento dos genótipos dentro de cada ambiente estudado, evidenciou diferenças entre os genótipos, permitindo a identificação de melhores linhas em cada um dos sistemas de cultivo. Observando-se as diferenças entre os ambientes, notou-se que o cultivo protegido propiciou melhores médias para todas as características estudadas, com exceção do CF.

Embora não se possam sugerir cultivares com apenas um ano de experimentação, os dados obtidos com esse trabalho sugerem que, para ambos os ambientes, a linha 1 pode ser indicada para o cultivo de pimenta-doce. Entre as linhas pungentes, para o plantio em campo aberto, a linha 2 pode ser indicada como promissora por sua alta capacidade produtiva; e para o cultivo protegido, a linha 8 obteve o maior número de frutos, sendo adequada para o cultivo comercial.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), pela concessão da bolsa de Mestrado à primeira autora; e à equipe da

PESAGRO-RIO (Estações Experimentais de Campos dos Goytacazes e Seropédica) e aos colegas do LMGV, pelo auxílio na execução do experimento.

LITERATURA CITADA

CALIMAN FRB; SILVA DJH; FONTES PCR; STRINGHETA PC; MOREIRA GR; CARDOSO AA. 2005. Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. *Horticultura Brasileira* 23(2):255-259.

CARMO MGF; MACAGNAN D; CARVALHO AO. 2001. Progresso da mancha-bacteriana do pimentão a partir de diferentes níveis iniciais de inóculo e do emprego ou não de oxiclreto de cobre. *Horticultura Brasileira* 19(3): 342-347.

CARRIJO AO; VIDAL MC; REIS NVB; SOUZA RB; MAKISHIMA N. 2004. Produtividade do tomateiro em diferentes substratos e modelos de casas de vegetação. *Horticultura Brasileira* 22(1):05-09.

CARVALHO CGP; OLIVEIRA VR; CRUZ CD; CASALI VWC. 1999. Análise de trilha sob multicolinearidade em pimentão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 34(4): 603-613.

CONTI JH; MINAMI K; TAVARES FCA. 2002. Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. *Horticultura Brasileira* 20(1): 10-17.

CRUZ CD. 2001. *Programa Genes Versão Windows: aplicativo computacional em genética e estatística*. Viçosa: UFV.

CRUZ CD; REGAZZI AJ; CARNEIRO PCS. 2004. *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas*. 3 ed, Viçosa: UFV.

- DE POLLI H. 1998. *Manual de Adubação para o Rio de Janeiro*. Seropédica: Ed Universidade Rural.
- DERERA F. 2000. *Condiment Paprika: Breeding, Harvesting & Commercialisation*. 33p.
- FIGUEIREDO EB; MALHEIROS EB; BRAZ LT. 2004. Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. *Horticultura Brasileira* 22: 66-71.
- FILGUEIRA FAR. 2000. *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Cultura e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Ed UFV.
- FONTES PCR; LOURDES JL; GALVÃO JC; CARDOSO AA; MANTOVANI EC. 2004. Produção e qualidade do tomate produzido em substrato, no campo e em ambiente protegido, *Horticultura Brasileira* 22(3): 614-619.
- GUALBERTO R; BRAZ LT; BANZATTO DA. 2002. Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de tomateiro sob diferentes condições de ambiente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 37(1): 81-88.
- GUSMÃO SAL. 2001. *Interação genótipo x ambiente em híbridos de melão rendilhado (Cucumis melo var reticulatus Naud)* Jaboticabal: UNESP. 143p. (Tese de doutorado).
- ISLA. 2007. *Pimenta*. Disponível em: <http://www.isla.com.br>. Acessado em 10 de dezembro de 2007.
- LIPPERT LF; BERGH BO; SMITH PG. 1965. Gene list for the pepper. *Journal of Heredity* 56: 30-34
- LÊDO FJS; SOUSA JA; SILVA MR. 2000. Desempenho de cultivares de alface no Estado do Acre. *Horticultura Brasileira* 18(3): 225-228.

- LÚCIO AD; MELLO RM; STORCK L; CARPES RH; BOLIGON AA; ZANARDO B. 2004. Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. *Horticultura Brasileira* 22(4): 766-770.
- MOURA WM; LIMA PC; CASALI VWD; PEREIRA PRG; CRUZ CD. 2001. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão. *Horticultura Brasileira* 19(3): 306-312.
- OLIVEIRA AP; ANDRADE AC; TAVARES SOBRINHO J; PEIXOTO N. 2001. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem, de crescimento indeterminado, no município de Areia-PB. *Horticultura Brasileira* 19(2): 159-162.
- OLIVEIRA CD; BRAZ LT; BANZATTO DA. 2005. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cenoura. *Horticultura Brasileira* 23(3): 743-748.
- OLIVEIRA AP; TAVARES SOBRINHO J; NASCIMENTO JT; ALVES AU; ALBURQUERQUE IC; BRUNO GB. 2002. Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-caupi, em Areia, PB. *Horticultura Brasileira* 20(2): 180-182.
- PEIXOTO N; BRAZ LT; BANZATTO DA; OLIVEIRA AP. 2002. Adaptabilidade e estabilidade em feijão-vagem de crescimento indeterminado. *Horticultura Brasileira* 20(4): 616-618.
- PEIXOTO JR; MATHIAS FILHO L; OLIVEIRA CM; CECÍLIO FILHO, AB. 2001. Produção de genótipo de tomateiro tipo 'Salada' no período de inverno em Araguari. *Horticultura Brasileira* 19(2): 148-150.
- PINTO CMF; PUIATTI M; CALIMAN FRB. 2006. Clima, época de semeadura, produção de mudas, plantio e espaçamento na cultura da pimenta. *Informe Agropecuário* 27(235): 40-49.

- QUEIROGA RCF; NOGUEIRA ICC; BEZERRA NETO FM; MOURA ARB; PEDROSA JF. 2002. Utilização de diferentes materiais como cobertura morta do solo no cultivo de pimentão. *Horticultura Brasileira* 20(3): 416-418.
- RIVA EM. 2006. *Uso dos métodos genealógico e “single seed descent” (SSD) para obtenção de linha de pimentão resistentes à mancha bacteriana*. Campos dos Goytacazes: UENF. 101p (Tese Doutorado).
- ROCHA MC; CARMO MGF; POLIDORO JC; SILVA DAG; FERNANDES MCA. 2006. Características de frutos de pimentão pulverizados com produtos de ação bactericida. *Horticultura Brasileira* 24(1): 185-189.
- RUFINO JLS; PENTEADO DCS. 2006. Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para a pimenta. *Informe Agropecuário* 27(235): 7-15.
- SCOTT AJ; KNOTT M. 1974. A cluster analysis method for grouping means in the analysis of variance. *Biometrics* 30(3): 313-315.
- SOUSA JA; MALUF WR. 2003. Diallel analyses and estimation of genetic parameters of hot pepper (*Capsicum chinense* Jacq). *Scientia Agricola* 60:105-113.
- VIEIRA RJ; OLIVEIRA VR; VIEIRA C. 2003. Cultivo de feijão-mungo-verde no verão em Viçosa e em Prudente de Moraes. *Horticultura Brasileira* 21(1): 37-43.
- WAGNER CM. 2003. *Variabilidade e base genética da pungência e de caracteres do fruto: implicações no melhoramento numa população de Capsicum annum L*. Piracicaba: ESALQ – USP. 104p (Tese Doutorado).

Tabela 1 – Decomposição da interação genótipo x ambiente das características: número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio de frutos (PMF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF) e relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) para os dois ambientes testados. Campos dos Goytacazes – RJ, 2007.

FV	GL	Quadrados Médios					
		NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
LER/Amb^a	22	2596,39**	104560,27**	21,58**	460,60**	32,98**	2,83**
LER/Amb 1	11	826,75 ^{ns}	19082,12 ^{ns}	10,02**	389,57**	37,31**	1,23**
LER/Amb 2	11	4366,04**	190038,0**	33,14**	531,62**	28,64**	4,44**

Tabela 1 – Cont.

Amb/LER	12	8210,55**	1038103,01**	13,20**	107,30 ^{ns}	47,83**	1,97**
Amb/LER 1	1	248,97 ^{ns}	397904,65**	41,03**	1,12 ^{ns}	46,70**	1,08 ^{ns}
Amb/LER 2	1	4704,0**	337611,67**	0,11 ^{ns}	533,55*	28,38**	0,03 ^{ns}
Amb/LER 3	1	17101,88**	1003137,93**	5,74*	155,25 ^{ns}	71,28**	1,03 ^{ns}
Amb/LER 4	1	5272,36**	884743,68**	0,24 ^{ns}	71,55 ^{ns}	34,37**	1,97*
Amb/LER 5	1	12475,25**	1312749,73**	1,89 ^{ns}	111,03 ^{ns}	1,13 ^{ns}	0,11 ^{ns}
Amb/LER 6	1	3961,40**	399983,00**	2,20 ^{ns}	19,69 ^{ns}	44,50**	2,76**
Amb/LER 7	1	30,51 ^{ns}	276731,15*	28,78**	123,94 ^{ns}	6,32 ^{ns}	0,94 ^{ns}
Amb/LER 8	1	14359,98**	1306032,08**	0,11 ^{ns}	1,87 ^{ns}	95,20**	1,75*
Amb/LER 9	1	6419,01**	525305,39**	0,83 ^{ns}	107,61 ^{ns}	150,50**	0,50 ^{ns}
Amb/LER 10	1	7773,84**	1491372,44**	9,47**	0,16 ^{ns}	15,71*	0,83 ^{ns}
Amb/LER 11	1	7054,14**	3148053,78**	67,54**	157,08 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,50 ^{ns}
Amb/LER 12	1	19125,26**	1373610,81**	0,48 ^{ns}	4,75 ^{ns}	79,86**	12,10**
Resíduo	44	310,27	44315,09	1,20	87,78	3,39	0,37

^a Amb 1 – cultivo em sistema convencional em Campos dos Goytacazes;

Amb 2 – cultivo protegido e orgânico em Seropédica;

LER – Linhas endogâmicas recombinadas

**; * significativos, em nível de 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ns Não-significativo.

Tabela 2 – Estimativa do componente quadrático genotípico (\hat{f}_g), do componente quadrático da interação genótipo x ambiente (\hat{f}_{ga}), da variância residual (\hat{s}_r^2), do coeficiente de determinação genotípico (H^2), do coeficiente de variação genético (CV_g) e do índice de variação (CV_g / CV_e) de 12 linhas endogâmicas recombinadas, cultivadas em condições de campo (Ambiente 1) e em cultivo protegido e orgânico (Ambiente 2). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

Parâmetros Genéticos	Características ^a					
	NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
\hat{f}_g	529,37	5511,27	5,35	119,93	8,21	0,74
\hat{f}_{ga}	465,34	29140,91	2,89	8,69	3,30	0,16
\hat{s}_r^2	310,26	44315,09	1,20	87,78	3,39	0,37
H^2	91,10	42,73	96,40	89,13	93,55	92,32
CV_g	22,74	7,33	22,34	15,58	13,20	25,00
CV_g / CV_e	1,31	0,35	2,11	1,17	1,55	1,41

^a NTF: número total de frutos; PTF: peso total de frutos; PMF: peso médio dos frutos; CF: comprimento dos frutos; DF: diâmetro dos frutos; CF/DF: relação comprimento/diâmetro do fruto

Tabela 3 – Comparação entre as médias das características: número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) de 12 linhas endogâmicas recombinadas (LERs) em condição de campo (Amb 1) e em cultivo protegido e orgânico (Amb 2). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

LERs	Médias das Características					
	NTF		PTF		PMF	
	Amb 1	Amb 2	Amb 1	Amb 2	Amb 1	Amb 2
1	51,78aA	64,67cA	658,29aB	1173,33bA	13,06aB	18,29aA
2	101,00aB	157,00aA	773,91aB	1248,33bA	7,68bA	7,95cA
3	56,56aB	163,33aA	618,89aB	1436,67aA	10,92aA	8,97cA
4	51,05aB	110,33bA	582,00aB	1350,00bA	11,75aA	12,15bA
5	79,47aB	170,67aA	649,50aB	1585,00aA	8,20bA	9,33cA
6	73,28aB	124,67bA	551,95aB	1068,33bA	7,58bA	8,79cA
7	81,82aA	86,33cA	635,48aB	1065,00bA	7,89bB	12,27bA
8	69,16aB	167,00aA	636,89aB	1570,00aA	9,15bA	9,42cA
9	64,25aB	129,67bA	698,89aB	1290,67bA	10,68aA	9,94cA
10	54,68aB	126,67bA	542,88aB	1540,00aA	9,97aB	12,48bA
11	47,09aB	115,67bA	462,98aB	1911,67aA	9,81aB	16,52aA
12	84,75aB	197,67aA	643,06aB	1600,00aA	7,52bA	8,08cA

Tabela 3 – Cont.

LERs	CF	DF	CF/DF			
1	83,93aA	83,07aA	27,25bA	21,67aB	3,08aA	3,93bA
2	79,03aA	60,17aB	21,48cA	17,13bB	3,69aA	3,85bA
3	86,64aA	76,47aA	26,09bA	19,20aB	3,32aA	4,15bA
4	76,56aA	83,47aA	24,95bA	20,17aB	3,08aA	4,23bA
5	52,84bA	44,23bA	24,37cA	23,50aA	2,17aA	1,89cA
6	56,54bA	60,17bA	20,55cA	15,10bB	2,75aB	4,11bA
7	62,84bA	71,93aA	21,92cA	19,88aA	2,87aA	3,67bA
8	60,45bA	59,33bA	27,37bA	19,40aB	2,21aA	3,29bA
9	65,17bA	56,70bA	31,88aA	21,87aB	2,04aA	2,63cA
10	71,63aA	71,30aA	21,84cA	18,60aA	3,28aA	4,03bA
11	72,23aA	82,47aA	21,99cA	22,00aA	3,29aA	3,86bA
12	83,99aA	85,77aA	19,96cA	12,67bB	4,22aB	7,06aA

Médias seguidas pela mesma letra minúscula, na vertical, e maiúscula, na horizontal, não diferem estatisticamente entre si

4. RESUMOS E CONCLUSÕES

Com o intuito de desenvolver cultivares de pimentão e pimentas (*Capsicum annuum* L.) resistentes à mancha-bacteriana e adaptadas às diferentes condições de cultivo no Rio de Janeiro, a UENF desenvolve um Programa de Melhoramento Genético Vegetal. Como parte deste programa, o presente trabalho teve como objetivo avaliar a reação à mancha-bacteriana e o desempenho agrônômico de linhas endogâmicas recombinadas (LERs), advindas do cruzamento entre UENF 1421, um pimentão suscetível e UENF 1381, uma pimenta resistente, em diferentes condições climáticas e sistemas de cultivo, bem como, estudar os efeitos do genótipo, do ambiente e da interação entre eles na expressão de características relacionadas à produção. Para alcançar estes objetivos, foram realizados experimentos em condições de campo aberto e sob cultivo protegido.

O experimento nas condições de campo foi realizado na área de convênio entre a UENF e a PESAGRO-RIO, localizada em Campos dos Goytacazes, RJ. Foram utilizadas 18 LERs, o genitor UENF 1381 e as cultivares 'ECW' e 'Itapuã 501'. O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados com três repetições, sendo cada parcela constituída por 12 plantas. Realizaram-se cinco colheitas, nas quais avaliaram-se o número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF), altura da planta

(AP), diâmetro da copa (DC), presença ou ausência de capsaicina (CAPS). Para a reação à mancha-bacteriana (RMB), as plantas foram mantidas em casa de vegetação na Unidade de Apoio à Pesquisa da UENF, em delineamento inteiramente casualizado, com seis repetições. Foi utilizado, para a inoculação, o isolado ENA 4135, de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* na concentração de 10^5 ufc/mL. A avaliação da RMB foi realizada por meio de escala de notas e pela área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Os dados foram submetidos à análise de variância, agrupando-se as médias pelo Teste Scott Knott. Foram estimados os parâmetros genéticos: variância genotípica, fenotípica e ambiental; coeficiente de determinação genotípico e de variação genética; e o índice de variação.

Os dados obtidos, neste experimento, permitiram concluir que as LERs testadas tiveram ampla variabilidade quanto à produção, ao formato de frutos e à arquitetura da planta, o que permite, no processo seletivo, associar alta produção, resistência à mancha-bacteriana, tipo de mercado (pimentão ou pimentas, em função da pungência) e adaptação à região de cultivo. Destacaram-se, entre as pimentas, as linhas 8 e 13, por apresentarem alto NTF, PMF entre 7,81 e 7,89 g, frutos de formato cônico e resistência à mancha-bacteriana, características desejadas para o consumo *in natura* ou para conservas. A linha 11, por apresentar frutos eretos, pequenos, pungentes, de formato cônico, porte anão e resistência à mancha-bacteriana, é indicada para utilização como ornamental. Entre as linhas não-pungentes, destacou-se a linha 1, pelo formato cônico, PMF de 13 g e resistência à mancha-bacteriana. Devido ao seu formato e peso, a linha 1, pode ser indicada para o comércio das mini-hortaliças, visto ser um novo mercado que vem ganhando espaço, sobretudo, na alta gastronomia.

O experimento realizado em sistema orgânico e cultivo protegido foi instalado na Estação Experimental de Seropédica – RJ da PESAGRO – RIO, onde foram avaliadas 12 linhas. O delineamento experimental foi em bloco ao acaso, com quatro repetições. Cada repetição foi constituída de seis plantas, todas úteis. Foram realizadas oito colheitas. As características avaliadas foram as mesmas estudadas no experimento em condições de campo, com exceção da AP, DC e

RMB, embora as plantas também tenham sido observadas quanto à reação à mancha-bacteriana em condições de ocorrência natural da doença. A análise de variância, o teste de média e a estimação dos parâmetros genéticos semelhantes ao experimento anterior foram realizados, acrescentando-se as estimações das correlações genotípicas, fenotípicas e ambientais.

Com base nos dados obtidos para o sistema orgânico e em cultivo protegido, concluiu-se que as LERs testadas tiveram ampla variação na produção e no formato dos frutos, possibilitando a seleção de genótipos com adaptação ao manejo empregado. Para todas as características testadas, com exceção do PTF, a variância genotípica, o coeficiente de determinação genotípico e o índice de variação foram altos. Além disso, houve uma tendência de maior contribuição dos fatores genéticos que do ambiente nas correlações entre os caracteres estudados, mostrando que os resultados obtidos são realmente de origem genética e permitem a realização de seleção. Não foi observada a presença de plantas com sintomas de mancha-bacteriana durante a condução do experimento. De acordo com a finalidade do produto final, recomendam-se a linha 5, para ser utilizada como pimenta-doce, por produzir muitos frutos com peso médio de 6,4 g, e a linha 8 que, entre as linhas pungentes, se destacou pelo grande número de frutos, com peso médio de 7,5 g e formato cônico.

O estudo da interação genótipo x ambiente (G x A) foi realizado a partir dos dados obtidos nos experimentos anteriores. Foram estudadas as 12 linhas endogâmicas recombinadas, presentes nos experimentos de campo e sob cultivo protegido. Foram avaliadas as mesmas características estudadas no experimento em cultivo protegido. Os dados foram submetidos à análise de variância, individualmente para cada ambiente e conjunta. Foram considerados como efeitos fixos o ambiente (A), o genótipo (G) e a interação G x A. Foi realizada a decomposição da interação G x A, na qual foi estudado o comportamento das LERs no ambiente 1 e no ambiente 2, e a influência do ambiente em cada linha. Após a realização da análise de variância conjunta, foram estimados a variância residual, os componentes quadráticos genotípico e da interação G x A, além do

coeficiente de determinação genotípico, o coeficiente de variação genético e o índice de variação. As médias foram comparadas pelo Teste de Scott Knott.

A interação G x A foi significativa para NTF, PTF, PMF, DF e CF/DF. Houve diferenças entre os genótipos dentro de cada ambiente estudado, permitindo a identificação de melhores linhas em cada um dos sistemas de cultivo. Observando-se as diferenças entre os ambientes, notou-se que o cultivo protegido propiciou melhores médias para todas as características estudadas, com exceção do CF. Embora não se possam sugerir cultivares com apenas um ano de experimentação, os dados obtidos com este trabalho sugerem que, para o cultivo em campo, a linha 2 (pungente) é promissora por sua alta capacidade produtiva. Para o cultivo protegido, a linha 3 (pungente), que obteve o maior número de frutos, é também promissora para o cultivo comercial. Entre as não-pungentes, a linha 1 foi mais produtiva nos dois ambientes estudados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ávila, A.C., Inogue-Nagata, A.K., Costa, H., Boiteux, L.S., Neves, L.O.Q., Prates, R.S., Bertini, L.A. (2004) Ocorrência de viroses em tomate e pimentão na região serrana do estado do Espírito Santo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(3):655-658.
- Bento, C.S. (2008) Identificação de fontes de resistência ao *Pepper Yellow Mosaic Virus* em *Capsicum spp.* e resposta ecofisiológica de acessos de *Capsicum chinense* infectados com o vírus. Tese (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF.
- Blat, S.F., Costa, C.P., Vencovsky, R., Sala, F.C. (2005) Reação de acessos de pimentão e pimentas ao oídio (*Oidiopsis taurica*). *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(1):72-75.
- Blum, E., Liu, K., Mazourek, M., Yoo, E.Y., Jahn, M., Paran, I. (2002) Molecular mapping of the C locus for presence of pungency in *Capsicum*. *Genome* 45:702-705.
- Bongiolo Neto, A., Reifschneider, F.J.B., Takatsu, A. (1986) Fontes de resistência à *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em *Capsicum*. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 4(1):21-25.
- Borém, A., Miranda, G.V. (2005) *Melhoramento de plantas*. 4 ed. - Viçosa. UFV, 525p.
- Caliman, F.R.B., Silva, D.J.H., Fontes, P.C.R., Stringheta, P.C., Moreira, G.R., Cardoso, A.A. (2005) Avaliação de genótipos de tomateiro cultivados em

- ambiente protegido e em campo nas condições edafoclimáticas de Viçosa. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(2):255-259.
- Carmo, M.G.F., Correa, F.M., Cordeiro, E.S., Carvalho, A.O., Rossetto, C.A.V. (2004) Tratamentos de erradicação de *Xanthomonas vesicatoria* e efeitos sobre a qualidade das sementes de tomate. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(3):579-584.
- Carmo, M.G.F., Kimura, O., Maffia, L.A., Carvalho, A.O. (1996) Progresso da pústula bacteriana do pimentão, causada por *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* em condições de viveiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 20(2):336-341.
- Carmo, M.G.F., Macagnan, D., Carvalho, A.O. (2001) Progresso da mancha bacteriana do pimentão a partir de diferentes níveis iniciais de inóculo e do emprego ou não de oxicleto de cobre. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 19(3):342-347.
- Carmo, M.G.F., Zerbini Júnior, F.M., Maffia, L.A. (2006) Principais doenças da cultura da pimenta. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 27(235):87-98.
- Conti, J.H., Minami, K., Tavares, F.C.A. (2002) Produção e qualidade de frutos de morango em ensaios conduzidos em Atibaia e Piracicaba. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20(1):10-17.
- Costa, R.A. (2000) *Análise genética de produção, características de frutos e reação à mancha bacteriana em genótipos de pimentão (Capsicum annum L.)*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 67p.
- 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.
- Cruz, C.D., Carneiro, P.C.S. (2003) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas*. v.2. Viçosa: UFV, 585p.
- Cruz, C.D., Regazzi, A.J., Carneiro, P.C.S. (2004) *Modelos biométricos aplicados ao melhoramento de plantas*. 3 ed., v.1. Viçosa: UFV, 480p.
- Della Corte, A., Moda-Cirino, V., Destro, D. (2002) Adaptability and phenotypic stability in early common bean cultivars and lines. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 2(4):525-534.
- Echer, M.M., Fernandes, M.C.A., Ribeiro, R.L.D., Peracchi, A.L. (2002) Avaliação de genótipos de *Capsicum* para a resistência ao ácaro branco. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20(2):217-221.

- Eklund, C.R.B., Caetano, L.C.S., Shimoya, A., Ferreira, J.M., Gomes, J.M.R. (2005) Desempenho de genótipos de tomateiro sob cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(4):1015-1017.
- Embrapa (2007a) Hortaliças em números: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/hortalicasemnumeros> em 09/01/2007, página mantida pela Embrapa Hortaliças.
- Embrapa (2007b) Banco de Germoplasma de *Capsicum* spp.: http://www.cnph.embrapa.br/paginas/servicos/banco_germoplasma_capsicum.htm em 05/02/2007, página mantida pela Embrapa Hortaliças.
- FAO (2008) Food and Agriculture Organization of the United Nations: <http://www.fao.org/docrep/004/y1669e/y1669e0b.htm> em 14/01/2008, página mantida pela Organização das Nações Unidas.
- Favaro-Trindade C., Martello, L.S., Marcatti, T.S., Petrus, R.R., Almeida, E., Ferraz, J.B.S. (2007) Efeito dos Sistemas de Cultivo Orgânico, Hidropônico e Convencional na Qualidade de Alface Lisa. *Brazilian Journal of Food Technology*, 10(2):111-115.
- Fehr, G.W. (1993) Genotype x Environment interaction. *Principles of cultivar development theory and technique*. New York: Academic Press.
- Ferreira, M.M.M., Ferreira, G.B., Fontes, P.C.R. (2003) Produção do tomateiro em função de doses de nitrogênio e adubação orgânica em duas épocas de cultivo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 21(3):468-473.
- Figueiredo, E.B., Malheiros, E.B., Braz, L.T. (2004) Interação genótipo x ambiente em cultivares de alface na região de Jaboticabal. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(1):66-71.
- Filgueira, F.A.R. (2000) *Novo Manual de Olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Cultura e comercialização de hortaliças*. Viçosa: Ed. UFV, 402p.
- Fontes, P.C.R., Dias, E.N., Graça, R.N. (2005a) Acúmulo de nutrientes e métodos para estimar doses de nitrogênio e potássio na fertirrigação do pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(2):275-280.
- Fontes, P.C.R., Dias, E.N., Silva, D.J.H. (2005b) Dinâmica de crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(1):94-99.
- Gualberto, R., Braz, L.T., Banzatto, D.A. (2002) Produtividade, adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de tomateiro sob diferentes condições de ambiente. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37(1):81-88.

- Gusmão, S.A.L. de (2001) *Interação genótipo x ambiente em híbridos de melão rendilhado (Cucumis melo var. reticulatus Naud.)*. Jaboticabal: UNESP. 143p. Tese de doutorado.
- IBPGR (1983) Genetic resources of *Capsicum*. Rome
- IBGE (2007) Censo Agropecuário/96. Sistema IBGE de recuperação automática – SIDRA: <http://www.sibra.ibge.gov.br> em 25/01/07, página mantida pelo IBGE.
- Jones, J.B., Stall, R.E., Bouzar, H. (1998) Diversity among xanthomonads pathogenic on pepper and tomato. *Annual Review of Phytopathology*, 36:41-58.
- 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 xanthomonads (*Xanthomonas* spp.) associated with pepper and tomato lesions. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 50:1211-1219.
- Jones, J.B., Lacy, G.H.; Bouzar, H.; Stall, R.E., Schaad, N.W. (2004) Reclassification of the Xanthomonads associated with bacterial spot disease of tomato and pepper. *Systematic and Applied Microbiology*, 27:755-762.
- Juhász, A.C.P. (2002) *Herança da resistência à mancha-bacteriana em pimentão e avaliações estruturais associadas à interação Xanthomonas axonopodis pv. vesicatoria – Capsicum annuum L.* Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 86p.
- Kimura, O. (1984) Enfermidades bacterianas do pimentão. *Informe Agropecuário*. Belo Horizonte, 10(113):39-41.
- Kurozawa, C., Pavan, M.A. (1997) Doenças das solanáceas (berinjela, jiló, pimentão e pimenta). In: Kimati, H., Amorim, L., Bergamim Filho, A.B., Camargo, L.E.A., Rezende, J.A.M. (eds.) *Manual de fitopatologia: doenças de plantas cultivadas*. Agronômica Ceres, São Paulo, 2:665-675, 3ed.
- Lam-Sanchez, A. (1992) *Centro de origem das plantas cultivadas*, tradução e compilação. Jaboticabal, UNESP/FUNESP:45p.
- Lippert, L.F.; Bergh B.O.; Smith, P.G. (1965) Gene list for the pepper. *Journal of Heredity*, 56:30-34.
- Lopes, C.A., Ávila, A.C. (2002) Informações inadequadas sobre a resistência a doenças em catálogos de cultivares de hortaliças: um exemplo para tomate e pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 20(2):130-132.

- Lúcio, A.D., Mello, R.M., Storck, L., Carpes, R.H., Boligon, A.A., Zanardo, B. (2004) Estimativa de parâmetros para o planejamento de experimentos com a cultura do pimentão em área restrita. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(4):766-770.
- Melo, C.T. (1996) Resistência genética no controle de doenças de hortaliças de importância econômica. *Summa Phytopathologica*, 22(1):72-73.
- Mello, S.C.M., Lopes, C.A., Takatsu, A. (1996) Avaliação da virulência de isolados de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* ao tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 21(1):39-43.
- Morais, L.K. de, Destro, D., Fonseca Júnior, N.da S., Carbonell, S.A.M., Miranda, L.A., Pinheiro, J.B. (2001) Genotype x environment interaction and correlation among technological traits of soybean grains. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 1(3):245-254.
- Moreira, G.R., Caliman, F.R.B., Silva, D.J.H., Ribeiro, C.S.C. (2006) Espécies e variedades de pimenta. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 27(235):16-29
- Mori, E.S., Lello, L.R.B. de, Kagevama, P.Y. (1986) Efeitos da interação genótipo x ambiente em progênies de *Eucalyptus saligna* Smith. *Instituto de Pesquisas Florestais*, 33:19-25.
- Moscone, E.A., Escaladaferro, M.A., Gabrielle, M., Cecchini N.M., García, Y.S., Jarret, R., Daviña J.R., Ducasse, D.A., Barboza, G.E., Ehrendorfer, F. (2007) The evolution of the chili pepper (*Capsicum* – Solanaceae): a cytogenetic perspective. *Acta Horticulture*, 745:137-169.
- Noda, H., Machado, F.M., Martins, A.L.U. (2003) Seleção de genótipos de pimentão resistentes à *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* (Doidge) Dye. sob diferentes condições naturais de infecção. *Acta Amazônica*, 33(3):371-380.
- Oliveira, A.P., Andrade, A.C., Tavares Sobrinho, J., Peixoto, N. (2001) Avaliação de linhagens e cultivares de feijão-vagem, de crescimento indeterminado, no município de Areia-PB. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 19(2):159-162
- Oliveira, C.D., Braz, L.T., Banzatto, D.A. (2005) Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de genótipos de cenoura. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(3):743-748.
- Peixoto, J.R., Ramos, R.S., Farias Júnior, B., Silva, C.M., De Angelis, B. (1999) Avaliação de genótipos de pimentão no período de inverno em Araguari, MG. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 34(10):1865-1869.
- Perry, L., Dickau, R., Zarrilo, S., Holst, I., Pearsall, D.M., Piperno, D.R., Berman, M.J., Cooke, R.G., Rademaker, K., Ranere, A.J., Raymond, J.S., Sandweiss,

- D.H., Scaramelli, F., Tarble, K., Zeidler, J.A. (2007) Starch fossils and the domestication and dispersal of chili peppers (*Capsicum* spp. L.) in the Americas. *Science*, 315:986-988.
- Pinto, C.M.F., Puiatti, M., Caliman, F.R.B., Moreira, G.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.
- Pozzobon, M.T., Schifino-Wittmann, M.T., Bianchetti, L.D.B. (2006) Chromosome numbers in wild and semidomesticated Brazilian *Capsicum* L. (Solanaceae) species: do $x = 12$ and $x = 13$ represent two evolutionary lines? *Botanical Journal of the Linnean Society*, London, 151:259-269
- Quezado-Duval, A.M., Camargo, L.E.A. (2004) Raças de *Xanthomonas* spp. associadas à mancha-bacteriana em tomate para processamento industrial no Brasil. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(1):80-86.
- Ramalho, M.A.P., Abreu, A.F.B., Righetto, G.H. (1993) Interação de cultivares de feijão por época de semeadura em diferentes localidades do Estado de Minas Gerais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 28(10):1183-1189.
- Ramalho, M.A.P., Ferreira, D.F., Oliveira, A.C. de (2005) *Experimentação em genética e melhoramento de plantas*. 2ed. Lavras: UFLA, 322p.
- Reifschneider F.J.B.; Lopes C.A. (1998) Melhoramento genético para a resistência a doenças de plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas*, 6:329-366.
- Reifschneider, F.J.B. (2000) *Capsicum: pimentas e pimentões no Brasil*. Brasília: Embrapa Comunicação Transferência e Tecnologia, 113p.
- Ribeiro, C.S. da C., Cruz, D.M.R. (2002) Pimentão: tendência de mercado. *Cultivar hortaliças e frutas*, Rio Grande do Sul, 14(3):16-19.
- Ribeiro, C.S. da C. (2004) Pesquisa com *Capsicum* spp. na Embrapa. In.: *Encontro Nacional do Agronegócio da Pimenta (Capsicum spp)*, 1, Brasília, DF, CD-ROM, 10p.
- Riva, E.M. (2002) *Análise de gerações para a reação à mancha-bacteriana e outros caracteres agronômicos em Capsicum annuum L.* Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 91p.
- Riva, E.M., Rodrigues, R., Pereira, M.G., Sudré, C.P., Karasawa, M., Amaral Junior, A.T. do (2004) Inheritance of bacterial spot disease in *Capsicum annuum* L. *Crop Breeding and Applied Biotechnology*, 4(4):490-494.

- Riva, E.M. (2006) *Uso dos métodos genealógico e “single seed descent” (SSD) para obtenção de linha de pimentão resistentes à mancha-bacteriana*. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro– UENF, 101p.
- Riva-Souza, E.M.; Rodrigues, R.; Sudré, C.P.; Viana, A.P.; Amaral Júnior, A.T. (2007) Obtaining pepper F_{2:3} lines with resistance to the bacterial spot using the pedigree method. *Horticultura Brasileira*, 25(4):561-565.
- Rocha, M.M., Vello, N. A. (1999) Interação genótipos e locais para rendimento de grãos de linhagens de soja com diferentes ciclos de maturação. *Bragantia*, Campinas, 58(1):69-81.
- Romero, A.M., Kousik, C.S., Ritchie, D.F. (2001) Resistance to bacterial spot in bell pepper induced by acibenzolar-S-methyl. *Plant Disease*, 85:189-194.
- Rufino, J.L.S., Penteado, D.C.S. (2006) Importância econômica, perspectivas e potencialidades do mercado para a pimenta. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 27(235):7-15.
- Sahin, F., Miller, S.A. (1996) Characterization of the Ohio strains of *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, causal agent of bacterial spot of pepper. *Plant Disease*, 80:773-778.
- Sahin, F., Miller, S.A. (1998) Resistance in *Capsicum pubescens* to *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria* Pepper Race 6. *Plant Disease*, 82:794-799.
- Santos, H.S., Goto, R. (2004) Enxertia em plantas de pimentão no controle de murcha de fitóftora em ambiente protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 22(1):45-49.
- Scivittaro, W.B., Melo, A.M.T., Azevedo Filho, J.A., Carvalho, C.R.L., Ramos, M.T.B. (1999) Caracterização de híbridos de pimentão em cultivo protegido. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 17(2):147-150.
- Silva, D.A.G., Rocha, M.C., Carvalho, A.O., Fernandes, M.C.A., Carmo, M.G.F (2006) Efeito de produtos químicos e biológicos sobre a mancha-bacteriana, flora microbiana no filoplano e produtividade de pimentão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 24(2):134-140.
- Silva-Lobo, V.L., Lopes, C.A., Giordano, L.B. (2005a) Componentes da resistência à mancha-bacteriana em tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 30(4):343-349.
- Silva-Lobo, V.L., Lopes, C.A., Giordano, L.B. (2005b) Herança da resistência à mancha-bacteriana e crescimento de *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*, raça T2, em genótipos de tomateiro. *Fitopatologia Brasileira*, 30(1):17-20.

- Silva, N. da (2003) *Avanços no melhoramento de olerícolas – resistência à doença em hortaliças*. Anais do 2º Congresso Brasileiro do Melhoramento de Plantas, CD-ROM, Porto Seguro, BA, Brasil.
- Stewart Jr, C., Mazourek, M., Stellari, G.M., O’Connell, M., Jahn, M. (2007) Genetic control of pungency in *C. Chinense* via the *pun1* locus. *Journal of Experimental Botany*, 58(5):979-991.
- Souza, M.F.M. (2007) *Capacidade combinatória de genótipos de tomateiro para resistência à mancha-bacteriana*. Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 80p.
- Sudré, C.P. (2003) *Divergência genética e avaliação de resistência à mancha-bacteriana em acessos de Capsicum spp.* Tese (Mestrado em Produção Vegetal) – Campos dos Goytacazes – RJ – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro – UENF, 112p.
- Truta, A. A. C., Souza A. R. R., Nascimento, A. V. S., Pereira, R. C., Pinto, C. M. F., Brommonschenkel, S. H., Carvalho, M. G., Zerbini, F. M. (2004) Identidade e propriedades de isolados de potyvírus provenientes de *Capsicum* spp. *Fitopatologia Brasileira*, 29(2):160-168
- Vilela, N.J., Resende, F.V., Medeiros, M.A. (2006) Evolução e cadeia produtiva da agricultura orgânica. *Circular técnica 45*. Embrapa Hortaliças, Brasília.
- Viñals, F.N., Ortega, R.G., Garcia, J.C. (1996) *El cultivo de pimientos, chiles y ajies*. Madrid: Mundi-Prensa, 607p.
- Yuri, J.E., Souza, R.J., Rezende, G.M., Mota, J.H. (2005) Comportamento de cultivares de alface americana em Santo Antônio do Amparo. *Horticultura Brasileira*, Brasília, 23(4):870-874.

APÊNDICES

Tabela 1A: Dados meteorológicos do período de execução do experimento. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

Meses	Evapotranspiração (mm)	Precipitação (mm)	Temperatura (°C)			Umidade relativa (%)		
			Média	Máxima	Mínima	Média	Máxima	Mínima
Maio	2,41	135,0	21,3	27,0	17,1	79,5	98,7	47,1
Junho	2,37	10,0	20,7	27,5	16,0	81,4	99,7	43,5
Julho	2,42	10,1	20,4	26,8	15,9	79,1	99,2	43,3
Agosto	2,50	4,4	20,8	27,3	16,2	79,0	99,4	41,8
Setembro	2,76	25,3	21,5	27,0	17,1	77,5	99,5	44,8
Outubro	2,90	137,9	23,2	28,6	19,2	78,2	98,2	47,8
Novembro	2,52	123,9	23,4	28,4	23,2	82,7	98,4	55,0
Dezembro	2,84	142,5	23,8	28,5	23,6	80,3	99,1	52,3

Tabela 2A – Valores e significâncias dos quadrados médios (QM), médias e coeficientes de variação (CV) das análises de variância das características: número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF), altura da planta (AP), diâmetro da copa (DC). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

FV	GL	Quadrados Médios							
		NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF	AP	DC
Blocos	2	4888,82	324931,02	13,82	205,77	24,62	0,05	29,64	67,06
Tratamento	20	1708,49**	79936,16*	1177,31**	842,03**	529,36**	1,57**	215,00**	170,90**
Resíduo	40	242,27	14156,76	17,28	104,68	3,29	0,14	55,00	44,87
Média		67,2035	630,6068	14,7493	67,1794	27,1635	2,6919	63,3438	69,9205
CV (%)		23,1612	18,8679	28,1887	15,2301	6,6758	14,0229	11,7079	9,5802

**; * significativos, em nível de 1 % ou de 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F;

Tabela 3A – Valor e significância do quadrado médio (QM), média e coeficientes de variação (CV) da análise de variância da reação à mancha-bacteriana pelo método da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) e pela escala de notas (NOTA). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

FV	GL	QM (AACPD)	QM (NOTA)
Tratamento	20	1136,9857**	10,1063**
Resíduo	105	102,4333	0,9239
Média		30,7857	3,1166
CV (%)		32,8754	30,8417

** significativo, em nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F;

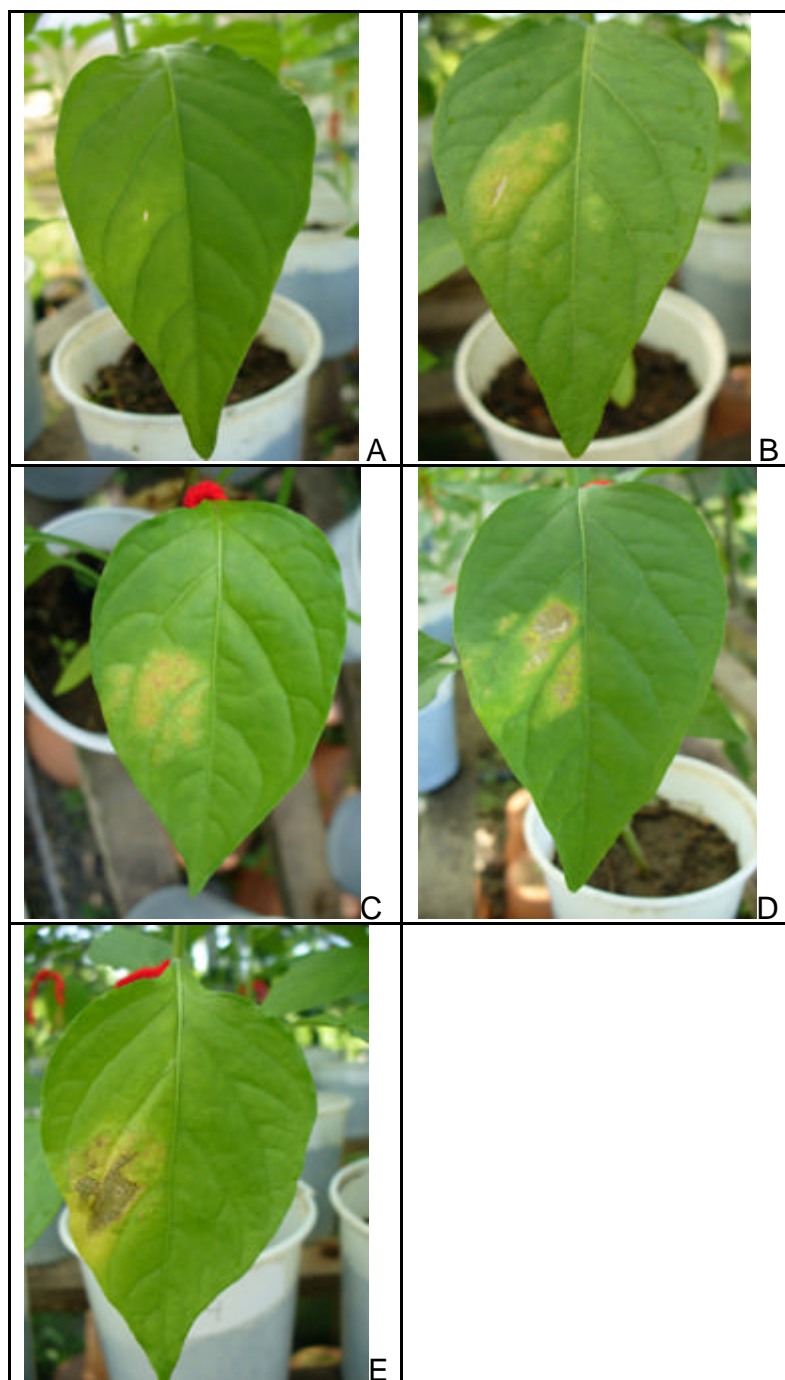


Figura 1A – Escala de notas utilizada na avaliação da reação à mancha bacteriana. A = nota 1 (sem sintoma visível); B = nota 2 (área inoculada amarelada); C = nota 3 (área inoculada amarelada e com pontos de necrose); D = nota 4 (área inoculada com manchas necrosadas); E = nota 5 (área inoculada totalmente necrosada). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.



Figura 2A – Linhas endogâmicas recombinadas, originadas do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381, indicadas para o cultivo em campo. A = linha 1 (não-pungente); B = linha 8 (pungente); C = linha 13 (pungente) e D = linha 11 (ornamental e pungente). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

Apêndice B
Capítulo 2

Tabela 1B – Valores e significâncias dos quadrados médios (QM), médias e coeficientes de variação (CV) das análises de variância das características número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio dos frutos (PMF), comprimento dos frutos (CF), diâmetro dos frutos (DF), relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

FV	GL	Quadrados Médios					
		NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
Blocos	3	16001,74	927773,24	4,77	328,76	1,82	0,88
Tratamento	11	19588,29**	502062,00 ^{ns}	25,98**	721,87**	37,91**	6,31**
Resíduo	33	3389,79	259124,30	2,75	30,97	5,33	0,44
Média		284,2708	2210,5625	8,4237	69,0972	19,1472	3,8904
CV (%)		20,4811	23,0277	19,6751	8,0545	12,0578	17,0484

** Significativo, em nível de 1 % de probabilidade, pelo teste F;

^{ns} Não-significativo



Figura 1B - Linhas endogâmicas recombinadas, originadas do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381, indicadas para o cultivo em sistema orgânico e cultivo protegido. A = linha 5 (não-pungente) e B = linha 8 (pungente). Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

Apêndice C
Capítulo 3

Tabela 1C – Análise de variância individual, média, coeficiente de variação CV (%), variância genotípica média (\hat{S}_g^2) e coeficiente de determinação genotípico (H^2) das características: número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio de frutos (PMF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF) e relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) para os dois ambientes testados. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

Ambiente 1							
FV	GL	Quadrados Médios					
		NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
Blocos	2	2404,16	150456,88	0,73	217,22	11,60	0,04
Genótipos	11	826,75**	19082,12 ^{ns}	10,02**	389,57*	37,31**	1,23**
Resíduo	22	201,42	16992,04	0,95	143,24	1,68	0,23
Média		67,91	621,23	9,51	70,99	24,14	3,00
CV (%)		20,90	20,98	10,25	16,86	5,37	16,01
\hat{S}_g^2		208,44	696,69	3,02	82,11	11,88	0,33
H^2		75,64	10,95	90,49	63,23	95,49	81,32

Tabela 1C – Cont.

Ambiente 2							
		QMR					
		NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
Blocos	2	2111,19	49983,58	12,42	409,72	0,84	1,18
Genótipos	11	4366,03**	190038,43*	33,13**	531,62**	28,64**	4,44**
Resíduo	22	419,10	71638,13	1,44	32,31	5,10	0,51
Média		134,47	1403,25	11,18	69,59	19,26	3,89
CV (%)		15,22	19,07	10,74	8,16	11,73	18,34
\hat{S}_g^2		1315,64	39466,77	10,56	166,44	7,84	1,31
H^2		90,40	62,30	95,65	93,92	82,17	88,52

^a Ambiente 1 – cultivo em sistema convencional em Campos dos Goytacazes;

^b Ambiente 2 – cultivo protegido e orgânico em Seropédica;

**, * significativos, em nível de 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F;

ns Não-significativo

Tabela 2C – Análise de variância conjunta das características: número total de frutos (NTF), peso total de frutos (PTF), peso médio de frutos (PMF), comprimento de fruto (CF), diâmetro de fruto (DF) e relação comprimento/diâmetro do fruto (CF/DF) para os dois ambientes testados. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.

FV	GL	Quadrados Médios					
		NTF	PTF	PMF	CF	DF	CF/DF
Blocos/Ambiente	4	2257,68	100220,23	6,57	313,47	6,21	0,61
Linhas Recombinadas (LER)	11	3489,50**	77382,74 ^{ns}	33,29**	807,34**	52,65**	4,82**
Ambientes	1	79757,52**	11008120,17**	49,87 ^{ns}	35,21 ^{ns}	427,59**	14,27**
LER x Ambientes	11	1706,28**	131737,81**	9,87**	113,85 ^{ns}	13,31**	0,85*
Resíduo	44	310,26	44315,09	1,19	87,78	3,39	0,37
Média		101,19	1012,24	10,35	70,29	21,70	3,44
CV (%)		17,41	20,80	10,57	13,33	8,49	17,66

**; * significativos, em nível de 1 % e 5 % de probabilidade, respectivamente, pelo teste F; ^{ns} Não significativo



Figura 1C - Linhas endogâmicas recombinadas, originadas do cruzamento entre UENF 1421 e UENF 1381. A = linha 2 (pungente) indicada para o cultivo em campo; B = linha 8 (pungente) indicada para o sistema orgânico e cultivo protegido e C = linha 1 (não-pungente) indicada para ambos os ambientes. Campos dos Goytacazes, UENF, 2007.