

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP

CÂMPUS DE JABOTICABAL

**CONTROLE GENÉTICO DA RESISTÊNCIA DE *Capsicum*
frutescens À *Meloidogyne enterolobii***

Guilherme Matos Martins Diniz

Engenheiro Agrônomo

2016

**CONTROLE GENÉTICO DA RESISTÊNCIA DE *Capsicum*
frutescens À *Meloidogyne enterolobii***

Guilherme Matos Martins Diniz

Orientadora: Profa. Dra. Leila Trevisan Braz

Coorientador: Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas).

D585C Diniz, Guilherme Matos Martins
 Controle genético da resistência de *Capsicum frutescens* à
Meloidogyne enterolobii / Guilherme Matos Martins Diniz. --
Jaboticabal, 2016
 xi, 53 p. : il. ; 29 cm

 Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2016
 Orientadora: Leila Trevisan Braz
 Coorientador: Pedro Luiz Martins Soares
 Banca examinadora: Bruno Flávio Figueiredo Barbosa, Rinaldo
Cesar de Paula, Letícia Akemi Ito Pontes, Sally Ferreira Blat.
 Bibliografia

 1. Pimenta malagueta. 2. Herança. 3. Nematóide das galhas. I.
Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

 CDU 631.52:633.843

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Jaboticabal



CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO DA TESE: CONTROLE GENÉTICO DA RESISTÊNCIA DE *Capsicum frutescens* À *Meloidogyne enterolobii*

AUTOR: GUILHERME MATOS MARTINS DINIZ

ORIENTADORA: LEILA TREVISAN BRAZ

COORDENADOR: PEDRO LUIZ MARTINS SOARES

Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de Doutor em AGRONOMIA (GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:

Profa. Dra. LEILA TREVISAN BRAZ
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisador Dr. BRUNO FLÁVIO FIGUEIREDO BARBOSA
Consultor Autônomo em Nematologia / Jaboticabal/SP

Prof. Dr. RINALDO CESAR DE PAULA
Departamento de Produção Vegetal / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Pesquisadora Dra LETÍCIA AKEMI ITO PONTES
Gerente de Produção / Agrimonte Produtos Agrícolas Ltda - Monte Alto/SP

Pesquisadora Dra SALLY FERREIRA BLAT
Departamento de Descentralização do Desenvolvimento / APTA - Ribeirão Preto, SP

Jaboticabal, 27 de outubro de 2016

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

Guilherme Matos Martins Diniz - Nascido na cidade de Janaúba – Minas Gerais, em 16 de outubro de 1984, filho de Abel Alves de Matos e Teresinha Márcia Martins Diniz Matos. Graduiu-se em Agronomia, em 18 de dezembro de 2009, pela Universidade Estadual de Montes Claros. Durante a graduação, foi bolsista de Iniciação Científica da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), no período de 2008 a 2009. Em agosto de 2010, ingressou no curso de mestrado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), com o projeto de dissertação, “Resistência do coentro (*Coriandrum sativum* L.) à *Meloidogyne incognita* (raças 1 e 3) e *Meloidogyne javanica*”, como bolsista do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq). Em março de 2013, iniciou o curso de doutorado em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas) pela Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal (UNESP-FCAV), como bolsista da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), cuja tese é apresentada a seguir.

¹Do homem são as preparações do coração, mas do SENHOR a resposta da língua. ²Todos os caminhos do homem são puros aos seus olhos, mas o Senhor pesa o espírito. ³Confia ao Senhor as tuas obras, e teus pensamentos serão estabelecidos. ⁴O Senhor fez todas as coisas para atender aos seus próprios desígnios, até o ímpio para o dia do mal. ⁵Abominação é ao Senhor todo o altivo de coração; não ficará impune mesmo de mãos postas. ⁶Pela misericórdia e verdade a iniquidade é perdoada, e pelo temor do Senhor os homens se desviam do pecado. ⁷Sendo os caminhos do homem agradáveis ao Senhor, até a seus inimigos faz que tenham paz com ele. ⁸Melhor é o pouco com justiça, do que a abundância de bens com injustiça. ⁹O coração do homem planeja o seu caminho, mas o Senhor lhe dirige os passos.

(Provérbios 16:1-9)

Aos meus pais, Abel e Márcia, que me mostraram o valor da luta, mesmo nas dificuldades da vida, sempre com esperança e um sorriso no rosto!

DEDICO

À Mariuze e Clara, razão de tudo em minha vida.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A DEUS, pela oportunidade de ser filho e pelos ensinamentos da vida, que me fazem evoluir em todos os sentidos.

Aos meus pais, Abel e Márcia, que viveram pelos meus sonhos. Amo vocês.

Aos meus irmãos Cris e Dan, pelo carinho e apoio, incentivando-me em todos os momentos.

À minha “Madrinha de coração” Maria Creuza, que me ajudou sempre que precisei e nunca me permitiu desistir.

À Mariuze, minha linda, que se dedicou para que todas essas etapas fossem concretizadas e não mediu esforços para me ajudar, estando sempre ao meu lado em minhas decisões.

À Clarinha, minha filha, por ser a maior motivação da minha vida.

A Alysson Jalles, pelas contribuições imprescindíveis para a realização deste trabalho.

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus de Jaboticabal, em especial ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Genética e Melhoramento de Plantas), pelas oportunidades a mim concedidas durante o curso de doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela concessão da bolsa, auxiliando a realização do curso de doutorado.

À Profa. Titular Leila Trevisan Braz, pela orientação em todos os sentidos e valiosa amizade durante a realização do doutorado.

Ao Prof. Dr. Pedro Luiz Martins Soares, pela coorientação, pelos ensinamentos, suporte nos experimentos e pela amizade.

Ao Prof. Dr. José Luís Sandes de Carvalho Filho, pelos ensinamentos que também me ajudaram a concluir mais esta etapa.

À Rosane, secretária do Departamento de Produção Vegetal (Horticultura), pela tranquilidade e atenção dada.

Aos Professores do Programa de Genética e Melhoramento de Plantas.

Aos funcionários do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, Inauro, Reinaldo e Cláudio, pela ajuda durante a realização dos experimentos.

Aos meus amigos do NEOM (Núcleo de Estudos em Olericultura e Melhoramento), Rafaelle Fazzi, Renata Castro, Marcus Vinícius, Willame Cândido, Lucas Gaion, Dora Tobar, Carolina Franco, Renato Soares e Edgard Henrique, pela parceria e companheirismo.

Aos amigos Hudson Rabelo, Lucas Santos, Alisson Esdras, Gustavo Hugo, Silvan Brito, Carlos Eduardo Marília, Tamíres e Miquéias Gomes, pelo convívio, criatividade e pelos sorrisos sem nenhuma explicação.

SUMÁRIO

Página

RESUMO.....	ii
ABSTRACT	iii
1 INTRODUÇÃO	4
2 REVISÃO DE LITERATURA	6
2.1 Aspectos gerais de <i>Capsicum</i> spp.	6
2.2 Melhoramento genético do pimentão	10
2.3 <i>Meloidogyne</i> spp. (Nematoides das galhas)	11
2.4 <i>Meloidogyne enterolobii</i>	13
2.5 Controle genético da resistência de <i>Capsicum</i> spp. à <i>Meloidogyne</i> spp. .	15
3 MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1 Localização do experimento	18
3.2 Estudo da herança da resistência de <i>Capsicum frutescens</i> a <i>Meloidogyne enterolobii</i>	19
3.2.1 Produção de mudas, condução, obtenção das gerações e extração de sementes	19
3.2.3 Obtenção, identificação e multiplicação de <i>Meloidogyne enterolobii</i> ..	22
3.2.4 Montagem do experimento e avaliação das gerações inoculadas com <i>Meloidogyne enterolobii</i>	24
3.3 Análise dos dados.....	27
3.3.1 Teste de modelos genéticos por meio da função de máxima verossimilhança	30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	32
5 CONCLUSÃO.....	38
6 REFERÊNCIAS.....	39

CONTROLE GENÉTICO DA RESISTÊNCIA DE *Capsicum frutescens* À *Meloidogyne enterolobii*

RESUMO – Os nematoides das galhas estão entre os patógenos que mais causam prejuízos em cultivos protegidos de pimentão, destacando-se as espécies *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. Este último já foi relatado em plantas de *Capsicum* spp., e vem causando problemas, pois a utilização de genótipos resistentes a outras espécies não é eficaz em seu controle. Estudos relacionados à resistência a esse patógeno, bem como a obtenção de fontes de resistência ainda são escassos, o que dificulta a adoção de programas de melhoramento genético, visando a esse fim. Sendo assim, o presente trabalho teve por objetivo estudar a herança da resistência à *M. enterolobii* em *Capsicum frutescens*. O trabalho foi desenvolvido na UNESP-FCAV, Câmpus de Jaboticabal-SP. Para o estudo da herança da resistência, foi realizado o cruzamento entre *C. frutescens*, resistente a *M. enterolobii* e uma linhagem de pimenta C24, *C. chinense*, suscetível a nematoide. A partir desse cruzamento, foram obtidas as gerações F₁, F₂, RC₁ e RC₂. Depois de obtidas todas as gerações necessárias para o estudo, as plantas foram inoculadas com 5.000 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. enterolobii* no ato do transplantio. Após 60 dias da inoculação, realizou-se a avaliação da resistência das plantas ao nematoide, coletando-se as raízes e realizando-se os procedimentos de extração dos nematoides em laboratório. A avaliação da resistência das plantas aos nematoides foi realizada com base no fator de reprodução (FR), sendo consideradas FR ≥ 1, suscetíveis, e FR < 1, resistentes. Os dados foram avaliados pelo teste qui-quadrado e cinco metodologias de avaliação dos genes envolvidos no controle, além do teste de máxima verossimilhança para a verificação da presença de efeitos relacionados ao ambiente ou polígenes. A análise genética mostrou ausência de dominância e epistasia, indicando ação gênica somente aditiva. A dominância apresentada tendeu à suscetibilidade, indicando que a resistência é recessiva. O número de locos segregantes mostrou que apenas um gene estaria envolvido na herança da resistência à *M. enterolobii*. O valor de herdabilidade foi alto, evidenciando possibilidade de ganho seletivo sendo um caráter pouco afetado pelo ambiente. Todas as plantas da geração F₁ foram suscetíveis, as gerações F₂ e retrocruzamentos tiveram variações de sintomas do parasitismo. A hipótese de herança monogênica foi aceita, de acordo com os métodos estatísticos utilizados no estudo, até o limite de significância do qui-quadrado. O controle genético da resistência à *M. enterolobii*, em *C. frutescens* é monogênico recessivo.

Palavras-chave: Pimenta-malagueta; herança, nematoide das galhas.

**GENETIC CONTROL OF THE RESISTANCE IN *Capsicum frutescens* TO
*Meloidogyne enterolobii***

ABSTRACT - Root-knot nematode are among the pathogens that cause most damage in pepper crops protected highlighting the species *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii*. The latter has been reported in plants *Capsicum* spp., and causes problems since the use of resistant genotypes other species is not effective as a control. Studies related to resistance to this pathogen as well as obtaining sources of resistance are still scarce, hindering the adoption of breeding programs for this purpose. Therefore, this study aimed to study the inheritance of resistance to *M. enterolobii* in *Capsicum frutescens*. The study was conducted at UNESP-FCAV in Jaboticabal-SP. To study the inheritance of resistance was the cross between *C. frutescens*, resistant *M. enterolobii* and C24 pepper strain, *C. chinense*, susceptible to the nematode. From this junction were obtained F₁, F₂, BC₁ and BC₂. After obtaining all generations necessary for the study, the plants were inoculated with 5.000 eggs and juveniles of second stage *M. enterolobii* in transplanting the act. After 60 days of inoculation was performed to evaluate the resistance of plants to nematode collecting the roots and carrying out the nematode extraction procedures in the laboratory. The evaluation of plant resistance to nematodes was performed based on the reproduction factor (RF) is considered FR ≥ 1 , and RF susceptible <1 resistant. The data were analyzed by chi-square test five methods of assessing the genes involved in the control beyond the maximum likelihood test for the presence of related environmental effects or polygenes. Genetic analysis showed no dominance and epistasis indicating only additive gene action. The dominance presented tended susceptibility, indicating that resistance is recessive. The number of loci segregating showed that only one gene was involved in the inheritance of resistance to *M. enterolobii*. The heritability value was high showing possibility of selective gain being one character unaffected by the environment. All plants of F₁ generation were susceptible, generations, F₂ and backcross had variations of symptoms of parasitism. The hypothesis of monogenic inheritance was accepted, according to the statistical methods used in the study, up to the limit of significance of the chi-square. The genetic control of resistance to *M. enterolobii* in *C. frutescens* is monogenic recessive.

Keywords: Chilli pepper; inheritance; root-knot nematode.

1 INTRODUÇÃO

Em virtude da crescente demanda no segmento de hortaliças frescas, condimentos, temperos e conservas, o cultivo de pimentas e pimentões (*Capsicum* spp.) ganhou espaço no mercado nacional. Das espécies domesticadas de *Capsicum*, o pimentão (*Capsicum annuum* L.) possui elevada aceitação do mercado por seu rendimento produtivo e valor comercial (MOREIRA et al., 2006), com área de produção estimada em 12.000 hectares (MOURA et al., 2012). No País, as principais regiões produtoras são o Sudeste e o Centro-Oeste, com destaque para São Paulo, que produziu, na safra de 2012, 65.637,27 toneladas em 2.276,78 hectares (IEA, 2016).

A produção de pimentão (*Capsicum annuum*) em ambiente protegido também tem aumentado consideravelmente devido à possibilidade de oferta do produto ao longo de todo o ano, elevando a rentabilidade com a cultura. Porém, cultivos sucessivos têm ocasionado maior ocorrência de doenças devido, principalmente, à não utilização de rotação de culturas (PINHEIRO et al., 2014). Dentre os patógenos, destacam-se os nematoides do gênero *Meloidogyne*, que são favorecidos pela utilização constante de materiais suscetíveis, ocasionando a elevação das populações desse patógeno, comprometendo a produção (SANTOS; WILCKEN; GOTO, 2002; SOARES et al., 2006).

Existem mais de 90 espécies dentro do gênero *Meloidogyne* (KARSSSEN; MOENS, 2006; PERRY et al., 2009), sendo as mais importantes e comuns *Capsicum* spp., *Meloidogyne Incognita* (KOFOID; WHITE, 1919) Chitwood, 1949 (raças 1 a 4) e *M. javanica* (TREUB, 1885), Chitwood, 1949, por causa de sua distribuição geográfica e por se adaptarem às regiões tropicais e subtropicais. No cultivo do pimentão especificamente, as espécies mais comuns e importantes são *M. incognita*, *M. enterolobii* (YANG; EISENBACK, 1983) [Sin.: *M. mayaguensis* (RAMMAH; HIRSCHMANN, 1988)] e *M. javanica* (GISBERT et al., 2013; PINHEIRO et al., 2015). *Meloidogyne arenaria* (NEAL) e *M. hapla* Chitwood são menos frequentes, mas também podem ser encontrados em certas regiões nos cultivos de pimentão.

A espécie *M. enterolobii* tem ganhado importância nos últimos anos, pois fontes de resistência efetivas contra as principais espécies de *Meloidogyne* não são eficazes em seu controle (CARNEIRO et al., 2006). Pinheiro et al. (2015) relatam que a espécie *M. enterolobii* é uma ameaça ao cultivo de pimentas e pimentões em regiões tropicais e subtropicais, devido a sua capacidade de parasitar plantas de *Capsicum*, mesmo quando estas possuem os genes de resistência às principais espécies de nematoides de galha, como *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla*.

A resistência genética é considerada a forma mais eficiente de controle de doenças das plantas, e a busca de genótipos de *Capsicum* resistentes é essencial para o desenvolvimento de programas de melhoramento, sendo a resistência a nematoides uma das prioridades nesses programas (CANDOLE et al., 2010; FAZARI et al., 2012; NOGUEIRA, 2014; GONÇALVES et al., 2014). Como no melhoramento genético o processo para se chegar a uma nova cultivar com resistência, alta produtividade e qualidade de frutos é oneroso e demorado, demandando, na maioria das vezes, muitos anos, cultivares de pimentão resistentes a *M. incognita* ainda não foram lançadas comercialmente, existindo apenas relatos escassos de fontes de resistência (NASCIMENTO et al., 2016). Quanto à *M. javanica*, a maioria das cultivares é resistente (ALVES; CAMPOS, 2001).

Outra opção para diminuir as perdas causadas por nematoides é a utilização de porta-enxerto resistente. Encontram-se disponíveis híbridos comerciais de pimentão, porta-enxertos entre os quais estão o 'Silver', 'Gold' e 'Snooker', com resistência a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (PINHEIRO et al., 2014). No entanto, estes não apresentam resistência a *M. enterolobii*, tornando-se um grande problema em áreas infestadas por este nematoide.

Trabalhos relativos à resistência de *Capsicum* spp. a *M. enterolobii*, foram desenvolvidos por Oliveira (2007). Nesta pesquisa, avaliaram-se genótipos de várias espécies de *Capsicum*, resistentes a *M. incognita* e/ou *M. javanica*, quanto à resistência a *M. enterolobii*, além da compatibilidade dos mesmos para enxertia. O genótipo de *C. frutescens*, resistente simultaneamente a *M. incognita* e a *M. javanica*, apresentou resistência a *M. enterolobii*, porém esse genótipo foi o único que exibiu incompatibilidade para enxertia, sendo as plantas enxertadas nesse genótipo as de menor altura, produtividade e qualidade de frutos.

Como o genótipo *C. frutescens* é resistente a *M. enterolobii*, mas não apresenta compatibilidade de enxertia com pimentão, torna-se conveniente transferir os genes de resistência a *M. enterolobii* para espécies de *Capsicum* spp. que sejam resistentes a *M. incognita* e *M. javanica*, e compatíveis com a enxertia. Para tanto, o estudo do controle genético da resistência é necessário para a escolha dos métodos de melhoramento a serem utilizados na transferência da resistência, já ocorrendo com frequência em outras espécies (SOBRINHO-SOUZA et al., 2002; CARVALHO FILHO et al., 2008; FASKE, 2013).

O estudo do controle genético da característica visa a obter direcionamento da utilização de métodos de introgressão de genes e seleção de genótipos resistentes. Não se tem relatos de trabalhos relacionados ao controle genético da resistência a *M. enterolobii* em *Capsicum* spp., sendo uma necessidade dentro dos programas de melhoramento genético.

O estudo da herança genética, a fim de determinar se o caráter é qualitativo ou quantitativo, bem como o modo de ação predominante dos genes envolvidos, a determinação dos parâmetros genéticos que governam a resistência permitem direcionar os trabalhos de introgressão de genes de resistência e avaliar a resposta com a seleção nas gerações (CANDIDO, 2013).

Diante do exposto, objetivou-se com o trabalho estudar o controle genético da resistência de *C. frutescens* a *M. enterolobii*.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Aspectos gerais de *Capsicum* spp.

Os pimentões e pimentas pertencem à família *Solanaceae* e ao gênero *Capsicum*, com origem nas regiões tropicais e subtropicais da América (BENTO et al., 2013; MO et al., 2015), sendo o México o possível centro de origem da espécie *Capsicum annuum* L. (KRAFT et al., 2014). Após o processo de domesticação, os

pimentões e pimentas foram levados para a Europa, e posteriormente difundidos por todo o mundo (AGUILAR-MELÉNDEZ et al., 2009; BENTO et al., 2013).

A China e a Índia são os principais exportadores de pimentas e pimentões (DIDATO et al., 2015), possuindo mais de 1,4 milhão de hectares reservados para o cultivo. Os principais importadores dessa cultura são os Estados Unidos, a Europa e o Japão (REIFSCHNEIDER et al., 2014). No Brasil, o cultivo de *Capsicum* spp., por sua vez, conta com uma área de 15 mil hectares para o cultivo destas solanáceas, com média anual estimada em 300 mil toneladas de frutos (VILELLA et al., 2014).

No Brasil, considerado um dos centros de diversidade de *Capsicum* spp., especialmente na região de Mata Atlântica, este gênero possui grande importância econômica e cultural, uma vez que os frutos são utilizados no preparo de pratos típicos, compreendendo os pimentões, as pimentas-doces para páprica, as pimentas picantes, além de variedades ornamentais (SUDRÉ et al., 2010).

O gênero *Capsicum* possui cerca de 31 espécies, das quais *C. annuum*, *C. baccatum*, *C. chinense* e *C. frutescens* são amplamente cultivadas em várias partes do mundo. Vinte e três espécies do gênero *Capsicum* são divididas em dois grupos, a partir do número de cromossomos, sendo um grupo com $2n=2x=24$ cromossomos (13 espécies) e outro grupo com $2n=2x=26$ cromossomos (10 espécies) (POZZOBON et al., 2006; POZZOBON; SCHIFINO-WITTMANN, 2006; MOSCONE et al., 2007).

A facilidade de cruzamento entre as espécies, além da fertilidade do híbrido, faz com que o gênero *Capsicum* seja classificado em três complexos gênicos: O Complexo *annuum* (CA) contém *C. annuum*, *C. chinense*, *C. frutescens* e *C. galapagoense*; o complexo *baccatum* (CB) contém *C. baccatum*, *C. praetermissum*, e *C. tovarii*; o complexo *pubescens* (CP) consiste em *C. pubescens*, *C. cardenasii* e *C. eximium* (PICKERSGILL, 1991).

Assim, cruzamento interespecífico dentro de um mesmo complexo é tido como possível, porém, para cruzamento entre complexos diferentes, podem ocorrer barreiras de pré e pós-fertilização. Cruzamentos interespecíficos para um mesmo complexo são relativamente fáceis de serem realizados, e embora as barreiras entre os complexos gênicos possam ser quebradas, raramente isso ocorre na natureza (ESHBAUGH, 2013). Porém, para algumas espécies, existem barreiras de incongruidade em cruzamentos interespecíficos que podem manifestar-se antes da

fertilização, chamadas de barreiras pré-zigóticas, e as barreiras após a fertilização são conhecidas como barreiras pós-zigóticas. Dentre as primeiras, podem ser citadas a falta de germinação dos grãos de pólen no estigma da planta receptora e o crescimento lento dos tubos polínicos em direção ao óvulo. Já entre as barreiras pós-zigóticas, citam-se a morte do embrião causada pela degeneração do endosperma, a falta de vigor e a esterilidade da planta híbrida obtida (PICKERSGILL, 1991).

A identificação da maioria das espécies e variedades de *Capsicum* pode ser realizada pelo número de flores por nó, pela constrição do cálice, pela posição da flor e do pedicelo, e pela presença ou ausência de manchas nos lobos das pétalas e na margem do cálice (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008). Em geral, apresentam flores hermafroditas e sistema reprodutivo autógamo (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008), ocorrendo variações nos níveis de polinização cruzada, de 2% a 90% dentro e entre as espécies (RIBEIRO; REIFSCHNEIDER, 2008; VILLELA et al., 2014).

Das espécies de *Capsicum* cultivadas no País, o pimentão destaca-se como o mais produzido e consumido, em grande parte verde, imaturo (70%) e em menor escala (30%), no estágio de frutos maduros nas cores vermelha ou amarela, dependendo da cultivar (SEDIYAMA et al., 2014). O pimentão é cultivado em todos os estados, concentrando-se em São Paulo, Minas Gerais, Ceará e Bahia (SOUSA et al., 2015), com área total de 15.000 ha e 300.000 toneladas de frutos por ano (MELO et al., 2014).

A espécie *C. baccatum* é caracterizada pela forte pungência de seus frutos e conhecida popularmente por dedo-de-moça, chapéu-de-frade, chifre-de-veado e calabresa (MELO et al., 2014). A espécie *C. frutescens* é muito utilizada na culinária em praticamente todas as regiões brasileiras, sendo consumida tanto *in natura* como em conserva. Tem ampla distribuição nos trópicos e são pimentas extremamente pungentes. As flores formam-se em número de uma a três por nó (ocasionalmente fasciculadas), possuindo cálice com cinco (em alguns casos 6-8) sépalas, e a corola, com cinco (em alguns casos 6-8) pétalas. Na antese, os pedicelos são tipicamente eretos. A corola é branco-esverdeada, sem manchas e, geralmente, os lobos dobram-se para trás. As anteras são geralmente azuis, roxas ou violetas. Os cálices dos frutos maduros são pouco a não dentados e não apresentam constrição anelar na junção com o pedicelo. Os frutos geralmente são vermelhos, cônicos, eretos, parede muito

delgada, com polpa mole; as sementes são cor de palha e mais espessas no hilo. Alguns representantes são a pimenta-malagueta, tabasco e jalapeño (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2007). Foi sugerido que *C. frutescens*, em sua forma primitiva, possa ser ancestral de *C. chinense*, visto que as mesmas são muito próximas e, no passado, já foram consideradas como a mesma espécie (REIFSCHNEIDER, 2000). Outra espécie muito cultivada é a *C. chinense*, considerada a mais brasileira das espécies domesticadas (CARVALHO; BIANCHETTI, 2008), as flores se apresentam em número de duas a cinco por nó (raramente solitárias), possuindo cálice com cinco (em alguns casos 6-8) sépalas, e a corola, com cinco (em alguns casos 6-8) pétalas. Na antese, os pedicelos são geralmente inclinados ou pendentes, porém podem apresentar-se eretos. A corola é branco-esverdeada sem manchas (raramente branca ou com manchas púrpuras) e com lobos planos (que não se dobram). As anteras são geralmente azuis, roxas ou violetas. Os cálices dos frutos maduros são pouco dentados e, tipicamente, apresentam uma constrição anelar na junção com o pedicelo. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme; as sementes são cor de palha. É representada pelas pimentas-de-bode, de-cheiro, scorpion e bhut jolokia, sendo as duas últimas consideradas as mais picantes do mundo e, portanto, de maior valor comercial (EMBRAPA HORTALIÇAS, 2007).

O gênero *Capsicum* apresenta ampla variabilidade genética entre suas espécies e também dentro de uma mesma espécie, em relação às colorações, tamanhos, morfologias e níveis de pungência de seus frutos (SOUSA et al., 2015). Esta variabilidade, ainda pouco explorada do ponto de vista econômico (KIM et al., 2011; SILVA NETO et al., 2014), juntamente com sua excelente adaptação e distribuição, faz do Brasil um importante centro de diversidade de pimentas, o que torna possível o desenvolvimento de programas de melhoramento genético de *Capsicum* no País (VILLELA et al., 2014).

O pimentão cultivado no Brasil é caracterizado pela adaptação ao clima tropical, sendo sensível à temperatura baixa e intolerante à geada. No Sudeste, o pimentão é normalmente cultivado de meados da primavera a meados do outono, podendo também ocorrer o cultivo no inverno, em regiões de baixa altitude. O desenvolvimento da cultura é favorecido quando a amplitude térmica é de 6°C, sendo consideradas

ideais as faixas de temperatura de 16 a 18 °C à noite e de 20 a 25°C durante o dia (FILGUEIRA, 2008).

O cultivo protegido de pimentão tem crescido devido às vantagens que o mesmo proporciona. Um dos benefícios é a proteção das plantas, principalmente com relação às adversidades meteorológicas, como geadas, granizos, chuva, vento e alta intensidade de radiação. Essa proteção tende a proporcionar maior produtividade e qualidade dos frutos, sendo que, na maioria das vezes, o cultivo em ambiente protegido apresenta maior produção quando comparado ao cultivo em campo. Esse método permite a extensão do período de cultivo, podendo-se colocar o produto no mercado em épocas de menor oferta para conseguir melhores preços (FIGUEIREDO, 2011; ISHIKAVA, 2011).

Apesar de o cultivo em ambiente protegido ter aumentado nas diversas regiões produtoras do Brasil, as informações técnicas sobre o manejo nesses ambientes ainda são poucas, não permitindo a expressão máxima do potencial de cultivo, adotando em muitos casos técnicas utilizadas para essas culturas sob condições de campo (DE OLIVEIRA, 2012).

2.2 Melhoramento genético do pimentão

O cultivo de pimentão no Brasil começou a partir do ano de 1920, com plantas produzindo frutos de formato cônico, supostamente de origem espanhola (CARVALHO, 2013). Estas cultivares foram intensamente cultivadas até meados de 1950. A partir daí, provavelmente, existiram seleções nessas populações iniciais, até o aparecimento de populações de polinização aberta, como Moura, Avelar, Casca-Dura, Ikeda, entre outras (ECHER; COSTA, 2002; CARVALHO, 2013).

Programas de melhoramento de pimentão começaram a aparecer no início da década de 1960, no Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), com o pesquisador Hiroshi Nagai, em pesquisas visando à resistência a *Potato virus Y*, o potyvirus causador do mosaico amarelo do pimentão, reconhecido como a principal virose nos campos de produção até a década de 1980 (ECHER; COSTA, 2002).

As cultivares produzidas nessa época, além de serem suscetíveis ao PepYMV (*Pepper yellow mosaic virus*) (ECHER; COSTA, 2002), foram desenvolvidas em países de clima temperado, com pouca adaptação às condições de campo aberto no Brasil (DAL'COL et al., 2005). Os primeiros híbridos comerciais de pimentão, desenvolvidos em condições brasileiras, surgiram no início dos anos 90, com a introdução de novos padrões heteróticos nos programas de melhoramento genético das empresas privadas, e posteriormente também incorporando resistências a outros tipos de doença (NOGUEIRA, 2014).

Com o aumento na produção de pimentão a partir das melhorias dos sistemas produtivos, problemas fitossanitários tornaram-se importantes entraves para o cultivo, impedindo um aumento mais expressivo. Fungos, bactérias, vírus, nematoides, dentre outros, assumem diferentes graus de importância ao longo do ciclo da cultura, dependendo do genótipo utilizado, época de plantio e nível de infestação. Os fitopatógenos de maior importância na cultura do pimentão são o fungo *Phytophthora capsici* Leonian, causador da requeima ou podridão de raiz, o potyvirus PepYMV, causador do mosaico amarelo do pimentão, oídio *Oidiopsis taurica* (E. S. Salmon), e os nematoides causadores de galhas, *Meloidogyne* spp. (CARVALHO, 2013).

A partir daí, os programas de melhoramento de pimentão têm-se dedicado à obtenção de híbridos que aliam produtividade e resistência múltipla às doenças, visto que estas são os principais entraves para o aumento da produtividade de *Capsicum* spp (DI DATO et al., 2015).

2.3 *Meloidogyne* spp. (Nematoides das galhas)

A palavra nematoide deriva do grego nema (uhma), que quer dizer fio, mais o sufixo oid (eidoz), que significa semelhante ou em forma de fio. É, provavelmente, uma das formas mais antigas de vida existentes, possivelmente milhões de anos (TIHOHOD, 1993).

As espécies de *Meloidogyne* (Goeldi 1887) estão entre as mais importantes para a agricultura, com cerca de 90 espécies já descritas e com ampla gama de

hospedeiros registradas, causando danos em mais de 2.000 espécies vegetais (HUNT; HANDOO, 2009), compreendendo frutícolas, ornamentais e olerícolas (BITENCOURT; SILVA, 2010).

O ciclo de vida do nematoide é tipicamente dividido em seis estádios: o ovo, quatro estádios juvenis e o adulto. A duração de qualquer um destes estádios e do ciclo de vida completo difere de acordo com a espécie e com fatores como temperatura, umidade e planta hospedeira. Em condições favoráveis, nos trópicos, muitas espécies têm ciclo de vida relativamente curto, de 30 a 40 dias, tendo assim, possibilidade de várias gerações em cada estação do ano (COYNE et al., 2007; SILVA et al., 2014).

Os sintomas relacionados ao ataque desses fitopatógenos podem ser os mais diversos, incluindo necrose radicular, galhas radiculares, deficiências nutricionais, ramificação anormal das raízes, murcha e clorose. A infecção ocorre no sistema radicular com a formação de galhas com tamanho e formato variados, prejudicando o desenvolvimento da planta, além de contribuir para entrada de outros fitopatógenos (MARINO et al., 2012).

Meloidogyne arenaria (NEAL), *M. hapla* (CHITWOOD), *M. incognita* (KOFOLD; WHITE) (raças 1 a 4) e *M. javanica* (TREUB) são as espécies de maior ocorrência no Brasil e no mundo (PINHEIRO; AMARO; PEREIRA, 2010). Contudo, *M. enterolobii* (YANG; EISENBACK, 1983) [Sin.: *M. mayaguensis* (RAMMAH; HIRSCHMANN, 1988)] tem causado sérios prejuízos em diferentes culturas, estando disseminado em várias regiões brasileiras. No Brasil, a perda acentuada torna, por vezes, economicamente inviável o cultivo de certas espécies vegetais em áreas infestadas, sem que rigorosas e sistemáticas medidas de controle venham a ser implantadas.

Todos os métodos para o controle de nematoides fitoparasitas envolvem a redução das densidades populacionais, de maneira a evitar as perdas causadas por esse parasita. É crescente a preocupação com a manutenção da biodiversidade, sendo hoje essencial considerar o impacto da estratégia de manejo e o equilíbrio ecológico do solo (COYNE et al., 2009; NYCZEPIR; THOMAS, 2009).

As principais medidas de controle para os nematoides do gênero *Meloidogyne* são o revolvimento do solo para expor possíveis fontes de inóculo ao sol e inviabilizá-

-las, manejo dos resíduos da cultura anterior para diminuir a multiplicação do nematoide após a colheita, controle de plantas invasoras hospedeiras, adição de matéria orgânica, controle biológico com a utilização de microrganismos e outros inimigos naturais no controle da densidade populacional dos nematoides; métodos baseados no calor, alqueive úmido, controle químico com nematicidas, utilização de fitoquímicos com propriedades nematicidas antagonistas, supressores, repelentes e cultivares resistentes (DUTRA; CAMPOS; TOYOTA, 2003; COYNE et al., 2009; COLLANGE et al., 2011).

Dentre as estratégias de controle dos nematoides, a utilização da resistência genética é um dos mais importantes métodos para reduzir a densidade populacional de nematoides no solo. Infelizmente, as cultivares portadoras de genes de resistência nem sempre possuem as características agronômicas desejáveis. Fazem-se necessários cruzamentos entre plantas com essas características e portadoras de genes de resistência, enxertia com porta-enxertos resistentes e parte aérea da planta desejada, e, em alguns casos transgenia (STARR; MERCER, 2009).

A resistência de plantas refere-se à habilidade evidenciada na supressão do desenvolvimento dos nematoides, possibilitando taxas de reprodução baixas (FERREIRA et al., 2010), sendo caracterizada pelo número de genes que controlam a característica, podendo ser monogênica, oligogênica ou poligênica, possibilitando a definição de estratégias para incorporá-las em cultivares comerciais.

2.4 *Meloidogyne enterolobii*

A espécie de nematoide das galhas *M. enterolobii* foi, primeiramente, descrita na China, na leguminosa tamboril (*Enterolobium contortisiliquum* (Vell.) Morong). Também foi relatada parasitando raízes de berinjela (*Solanum melongena* L.) em Porto Rico (RAMMAH; HIRSCHMANN, 1988) e, posteriormente, foi encontrada em plantações de goiabeira (XU et al., 2004) e araruta (ZHUO et al., 2010).

Anos mais tarde, pesquisas feitas com dados morfométricos, na reprodução, no número de cromossomos, nos perfis de EST (Expressed Sequence Tags) e MDH

(Malato desidrogenase) e morfológicos, como estilete das fêmeas, juvenis e machos, cauda de juvenis, configuração perineal das fêmeas e formato da região labial dos machos não verificaram diferenças significativas entre *M. enterolobii* e *M. mayaguensis*, unindo-as em uma única espécie (XU et al., 2004; KARSSSEN et al., 2012). Esta espécie tem distribuição em vários países africanos (WILLERS, 1997; OLIVEIRA et al., 2010), nas Américas (CARNEIRO, 2003), na China (XU et al., 2004), na França e Suíça (OLIVEIRA et al., 2010) e no Vietnã (IWAHORI et al., 2009). No Brasil, a espécie foi relatada associada às culturas da goiaba, acerola, mamão, alface, pepino, pimentão, tomate-cereja, soja, abóbora e fumo (LIMA et al., 2003; SOUZA et al., 2006; ALMEIDA et al., 2008; PAES et al., 2012).

Meloidogyne enterolobii tem sido responsável por grandes danos em todo o País, destacando-se os prejuízos ocorridos em frutas tropicais e hortaliças (MIRANDA et al., 2011; ROSA; WESTERICH; ROSA; WILCKEN, 2012; WILCKEN et al., 2013), possuindo a capacidade de parasitar plantas resistentes a outras espécies de *Meloidogyne*, o que torna esse nematoide extremamente importante para a agricultura nacional (BITENCOURT; SILVA, 2010).

A disseminação no Brasil pode ter ocorrido de maneira sistemática por meio de mudas infestadas, pois em tão pouco tempo, o nematoide foi disseminado para diversas regiões do País (CARNEIRO et al., 2003; TORRES et al., 2007). Vários métodos de controle foram testados nos últimos anos, como o controle biológico, o uso de nematicidas, genótipos resistentes a outras espécies do gênero *Meloidogyne* e pousio, porém sem resultados satisfatórios (PODESTÁ, 2015).

Dentre todos os métodos, a resistência genética tem sido o método mais eficiente e econômico no controle de nematoide das galhas, porém a maioria das cultivares comerciais resistentes a outras espécies de *Meloidogyne* é suscetível a *M. enterolobii* que, além disso, tem, em muitas espécies de plantas invasoras, hospedeiras potenciais dificultando o manejo efetivo dessa praga (ROSA et al., 2015). Avaliações de resistência à *M. enterolobii* em cultivares de tomateiro resistentes à *M. incognita* *M. javanica* e *M. arenaria*, feitas por Cantu et al. (2009), constataram reações de suscetibilidade nas cultivares estudadas. Essas cultivares possuem o gene *Mi*, que condiciona a resistência à *M. incognita*. Em feijão, também foi comprovado o

parasitismo de *M. enterolobii* em cultivares consideradas resistentes a outras espécies de nematoides das galhas (GUIMARÃES et al., 2003).

Os estudos relacionados a *M. enterolobii* são muito recentes, porém alguns pesquisadores já encontraram fontes de resistência a esse patógeno em genótipos de alface, *Capsicum* spp., batata-doce, feijão e melão, dentre outras, possibilitando a utilização dessas fontes em programas de melhoramento (OLIVEIRA, 2007; MELO et al., 2011; CORREIA et al., 2015, DINIZ et al., 2016).

2.5 Controle genético da resistência de *Capsicum* spp. à *Meloidogyne* spp.

A adaptação aos sistemas modernos de produção propiciou, dentre outros, o cultivo em ambiente protegido, que permite a produção de pimentão durante todo o ano (OLIVEIRA et al., 2009). Porém, o cultivo intensivo tem acarretado maior ocorrência de doenças devido à falta de rotação de culturas. Os patógenos são favorecidos e estabelecem-se na área após cultivos sucessivos de materiais suscetíveis, como é o caso dos nematoides das galhas (PINHEIRO et al., 2014).

Pela dificuldade de manejo dentro desse ambiente, a produção intensiva, o baixo nível de prevenção de doenças, aliados à não realização de rotação de culturas, têm contribuído para a disseminação de nematoides nas áreas de cultivo, gerando danos econômicos significativos na produção. Dessa forma, o uso de materiais resistentes tornou-se relevante nas áreas cultivadas com pimentão (PINHEIRO et al., 2014).

Como não existem híbridos comerciais de pimentão com resistência aos nematoides das galhas, encontram-se disponíveis os porta-enxertos intraespecíficos de pimentão denominados 'Silver' e 'AF8253 Gold' (Sakata, 2012) e 'Snooker' (Syngenta, 2012), ambos com resistências a *M. incognita* raças 1; 2; 3; 4 e *M. Javanica*.

Porta-enxertos resistentes aos nematoides do gênero *Meloidogyne* e a outros patógenos de solo têm sido recomendados por apresentarem bons resultados no controle de doenças, em cultivos protegidos, principalmente de tomate, pepino, melão,

berinjela e pimentão (SANTOS, 2003). Por ser de fácil adoção em função da pequena interferência no manejo já utilizado pelos produtores, o uso de porta-enxertos apresenta-se como eficiente método de controle de doenças.

Porém, relatado pela primeira vez no estado de São Paulo parasitando o porta-enxerto de pimentão 'Silver' e tomateiros 'Andréa' e 'Débora', resistentes à *M. incognita* e *M. javanica* (CARNEIRO et al., 2006), a espécie *M. enterolobii* vem causando sérios danos em áreas de produção de pimentão, principalmente em ambiente protegido com esses materiais (PINHEIRO et al., 2014).

Estudos sobre a resistência e programas de melhoramento genético de cultivares de espécies botânicas visando à resistência à *M. enterolobii* são poucos (MELO et al. 2011; PINHEIRO et al. 2014), bem como a obtenção de fontes de resistência a esse fitopatógeno. Em *Capsicum* spp., a resistência foi encontrada em um genótipo de *C. frutescens*, oriundos de cultivos no interior do Estado de São Paulo (OLIVEIRA, 2007). Porém, esse genótipo não apresenta compatibilidade de cruzamento com pimentão, e avaliações de enxertia não obtiveram resultados satisfatórios, apresentando incompatibilidade, o que impossibilita sua utilização para tal finalidade (OLIVEIRA et al., 2009).

Uma possibilidade é a transferência, via melhoramento genético, da resistência a *M. enterolobii* do referido genótipo para espécies de *Capsicum* spp. que sejam compatíveis para a enxertia e, além disso, já possuam resistência para *M. incognita* e *M. javanica*. A utilização de tal procedimento está aliada à necessidade de estudos sobre o controle genético da resistência, o que possibilitaria a escolha dos métodos para transferência da resistência, já ocorrendo com frequência em várias espécies (SOBRINHO-SOUZA et al., 2002; CARVALHO FILHO et al., 2008; FASKE, 2013).

Trabalhos de avaliação de genótipos de *Capsicum* spp., com relação à herança da resistência a nematoides das galhas, são realizados desde a década de 50 (HARE, 1951; HENDY et al., 1983; DI VITO et al., 1993; PEIXOTO, 1995; SOUZA SOBRINHO, 1998; OLIVEIRA, 2007; PINHEIRO et al., 2014; CORREIA et al., 2015).

Na década de 80, Hendy et al. (1983) verificaram que os acessos de *C. annuum* de frutos pungentes, PM 217 (PI 201234) e PM 687 (PI 322719), provenientes respectivamente, da América Central e da Índia, eram resistentes a várias populações do gênero *Meloidogyne*.

Hendy et al. (1985), ao estudarem a herança da resistência a nematoides, em PM 217 e PM 687, em cruzamentos com a cultivar Yolo Wonder, verificaram que existem dois diferentes genes para a reação a nematoides: o alelo *Me1*, que confere resistência a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*, mas não ao isolado “Seville”, e o alelo *Me2*, que confere resistência a *M. javanica* e ao isolado “Seville” no primeiro acesso. Em PM 687, foram identificados outros dois genes: o alelo *Me3*, que confere resistência a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*, à exceção do isolado “Ain Taoujdate”, e o alelo *Me4*, que promove resistência somente ao isolado “Ain Taoujdate”, na cultivar Yolo Wonder. O alelo *Me5*, pertencente a outro gene, controla a resistência somente a *M. javanica*.

No Brasil, Peixoto (1995), avaliando cultivares de pimentão quanto à resistência a *M. incognita* e *M. javanica*, confirmou a resistência dos genótipos PM 217 e PM 687 e fez cruzamentos dessas pimentas com cultivares comerciais suscetíveis, conseguindo selecionar e avançar linhagens resistentes.

Em *C. frutescens* e *C. chinense*, Di Vito et al. (1993) observaram que, em certas linhagens da primeira espécie, a resistência a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* era controlada por um único alelo dominante; e em uma linhagem da segunda espécie, a resistência a *M. incognita* e a *M. javanica* era induzida por um alelo dominante, enquanto para a *M. arenaria* dois alelos dominantes duplicados eram responsáveis pela resistência.

Souza Sobrinho (1998) estudou a herança da resistência de *C. annuum* a *M. incognita*. Na pesquisa, utilizou a pimenta ‘Carolina Cayenne’, descrita por Zamora e Bosland (1994) como resistente (genitor feminino) e a cultivar de pimentão Agrônomo-8, como suscetível (genitor masculino). Concluiu que a herança de resistência da pimenta ‘Carolina Cayenne’ a *M. incognita* é monogênica, com ação gênica predominantemente aditiva.

Com o surgimento da espécie *M. enterolobii*, muitas dessas resistências estão sendo suplantadas, o que inviabiliza a utilização dos porta-enxertos resistentes dificultando a produção de pimentão em áreas infestadas com esse patógeno. Pesquisas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de obter fontes de resistência em várias espécies vegetais, porém ainda são escassas as fontes de resistência a *M.*

enterolobii encontradas (OLIVEIRA, 2007; CANTU et al., 2009; BITENCOURT; SILVA, 2010; PINHEIRO et al., 2014; DINIZ et al., 2016).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização do experimento

O experimento foi conduzido no período de março de 2013 a janeiro de 2016, em casa de vegetação do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais, e no laboratório de Nematologia pertencentes à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (UNESP-FCAV), Câmpus de Jaboticabal, situado a 21° 14' 05" sul e a 48° 17' 09" oeste, com altitude de 614 metros. O clima, segundo classificação de Köppen, é do tipo Aw e, conforme Volpe (2005), com transição para Cwa. Foram coletados os dados de umidade relativa (%) e temperatura média (°C) durante o experimento, no período de agosto de 2015 a janeiro de 2016, época em que ocorreram as avaliações com nematoides (Figura 1).

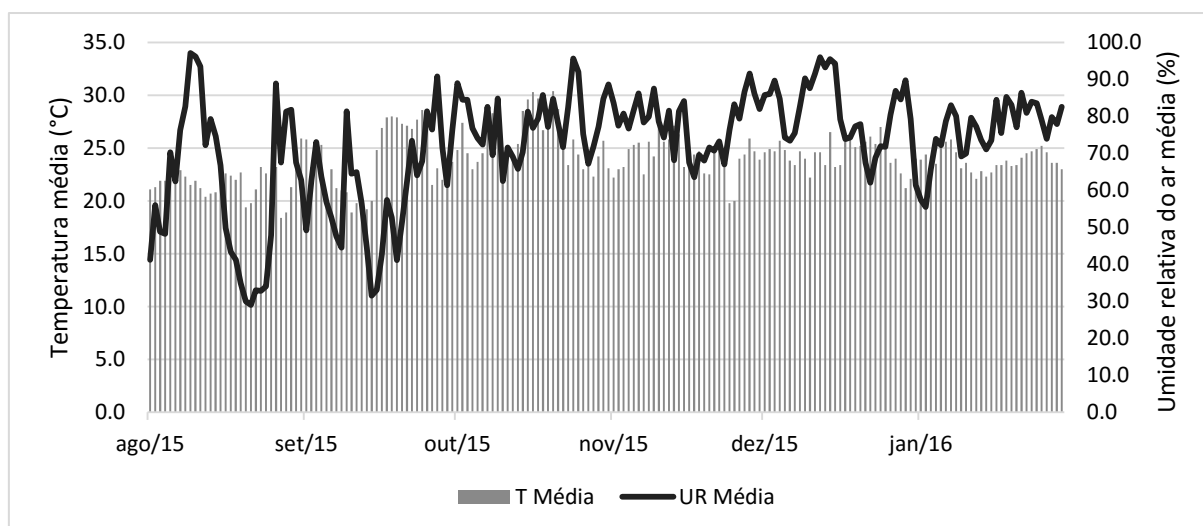


Figura 1. Temperatura média e umidade relativa do ar média de agosto de 2015 a janeiro de 2016. UNESP – FCAV, Jaboticabal – SP, 2016.

3.2 Estudo da herança da resistência de *Capsicum frutescens* a *Meloidogyne enterolobii*

3.2.1 Produção de mudas, condução, obtenção das gerações e extração de sementes

Para a realização do experimento, foram feitos cruzamentos para a obtenção das gerações utilizadas no estudo. Como genitor feminino (P₁), foi utilizado um genótipo de pimenta-malagueta (*C. frutescens*), e como genitor masculino (P₂) foi utilizado o genótipo de pimenta C24 (*C. chinense*). O genótipo de *C. frutescens* foi obtido de cultivo de produtores da região de Barretos – SP, e a partir daí, vem sendo obtidas gerações de autofecundação para a estabilização do material além da manutenção da homozigose para a resistência. Além da resistência a *M. enterolobii*, esse genótipo possui resistência à *M. incognita* e *M. javanica*, mas o uso do mesmo, como porta-enxerto para cultivares de pimentão, é inviável, devido à ausência de compatibilidade de enxertia. A Linhagem de *C. chinense* C24 é proveniente do programa de melhoramento da UNESP-FCAV, apresenta compatibilidade de enxertia com cultivares de pimentão, é suscetível a *M. enterolobii* e resistente a *M. incognita* e a *M. javanica* (OLIVEIRA, 2007).

Para isso, no dia 20-03-2014 foram semeados os parentais em bandejas de poliestireno expandido, com 128 células, utilizando substrato Bioplant® HT. A semeadura foi feita na densidade de três sementes por célula e, entre dois e três dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por célula.

Quando as mudas apresentaram de três a cinco folhas definitivas (aproximadamente, 40 dias após a semeadura), foi realizado o transplante de cada geração, individualmente, para vasos de plástico, com capacidade de 13 litros, antecipadamente preenchidos com mistura de terra, areia e esterco de curral curtido, na proporção 1:1:1, e acondicionados em casa de vegetação. Todavia, a mistura para

preenchimento dos vasos foi previamente autoclavado (120°C e 1 atm de pressão, por 1 hora).

Durante o crescimento e desenvolvimento das plantas, foram realizadas irrigações diárias pelo sistema de gotejamento sendo acionado manualmente, regulado para atender as necessidades das plantas. As adubações de cobertura foram feitas de acordo com o recomendado para a cultura, segundo Trani et al. (1997). Os tratamentos fitossanitários foram realizados de acordo com as necessidades da cultura.

Os cruzamentos para obtenção das gerações começaram a ser feitos no dia 28-07-2014 quando as plantas estavam florescendo. A geração F₁ foi obtida através da hibridação entre os genitores *C. frutescens* e C24. Os cruzamentos artificiais foram realizados no estágio de botão floral, no início do florescimento das plantas. Para tal, fez-se, manualmente, no período da manhã, em horários de temperaturas mais amenas, a emasculação das flores das plantas do genitor feminino, retirando com o auxílio de pinça as anteras das flores. Optou-se pela retirada da corola do genitor feminino para maior facilidade de alcance do estigma, além de maior comodidade da flor quando estas eram isoladas. Após a retirada, as flores emasculadas eram cobertas com cápsulas de papel-alumínio, evitando contato com pólen de outras flores, como também contato de insetos polinizadores (Figura 2).

Os cruzamentos foram feitos no outro dia, e o pólen utilizado foi retirado de flores recém-abertas das plantas do genitor masculino previamente selecionadas e cobertas para evitar contaminações. Para a retirada do pólen, foram utilizados palitos de dentes. Para não ocorrer erros quanto à ponta utilizada do palito, esses foram partidos ao meio, e cada pedaço, após sua utilização, era descartada. Para cada flor emasculada e polinizada, no pedúnculo, foi amarrada, com linha colorida, uma etiqueta contendo a data da polinização e a identificação do cruzamento realizado.

Os frutos da geração F₁, quando completamente maduros, foram colhidos e tiveram suas sementes extraídas e deixadas para secar à sombra. Após a secagem, parte das sementes foram colocadas em sacos de papel, devidamente identificadas e armazenadas em câmara seca a 5 °C. A outra parte das sementes F₁, juntamente com os parentais foram utilizados para produção de mudas para a obtenção das gerações seguintes.

A geração F_2 ($F_1 \times F_1$) foi obtida por meio de autofecundação da geração F_1 . Já os retrocruzamentos RC_1 ($F_1 \times P_1$) e RC_2 ($F_1 \times P_2$) foram feitos através do cruzamento entre a geração F_1 e os parentais P_1 (resistente) e P_2 (suscetível) (Figura 3).

Os frutos, quando completamente maduros, foram colhidos separadamente por gerações e tiveram suas sementes extraídas, tomando-se o cuidado de realizar a extração em horários diferentes e fazer a limpeza dos locais, evitando possíveis contaminações. Após a extração, as sementes das gerações parentais F_1 , F_2 e retrocruzamentos foram deixadas para secar à sombra, separadamente, em temperatura ambiente. Quando secas, foram acondicionadas em sacos de papel devidamente identificados com etiquetas contendo o tipo de cruzamento realizado e a data. Todas as sementes foram armazenadas em câmara seca a 5°C.

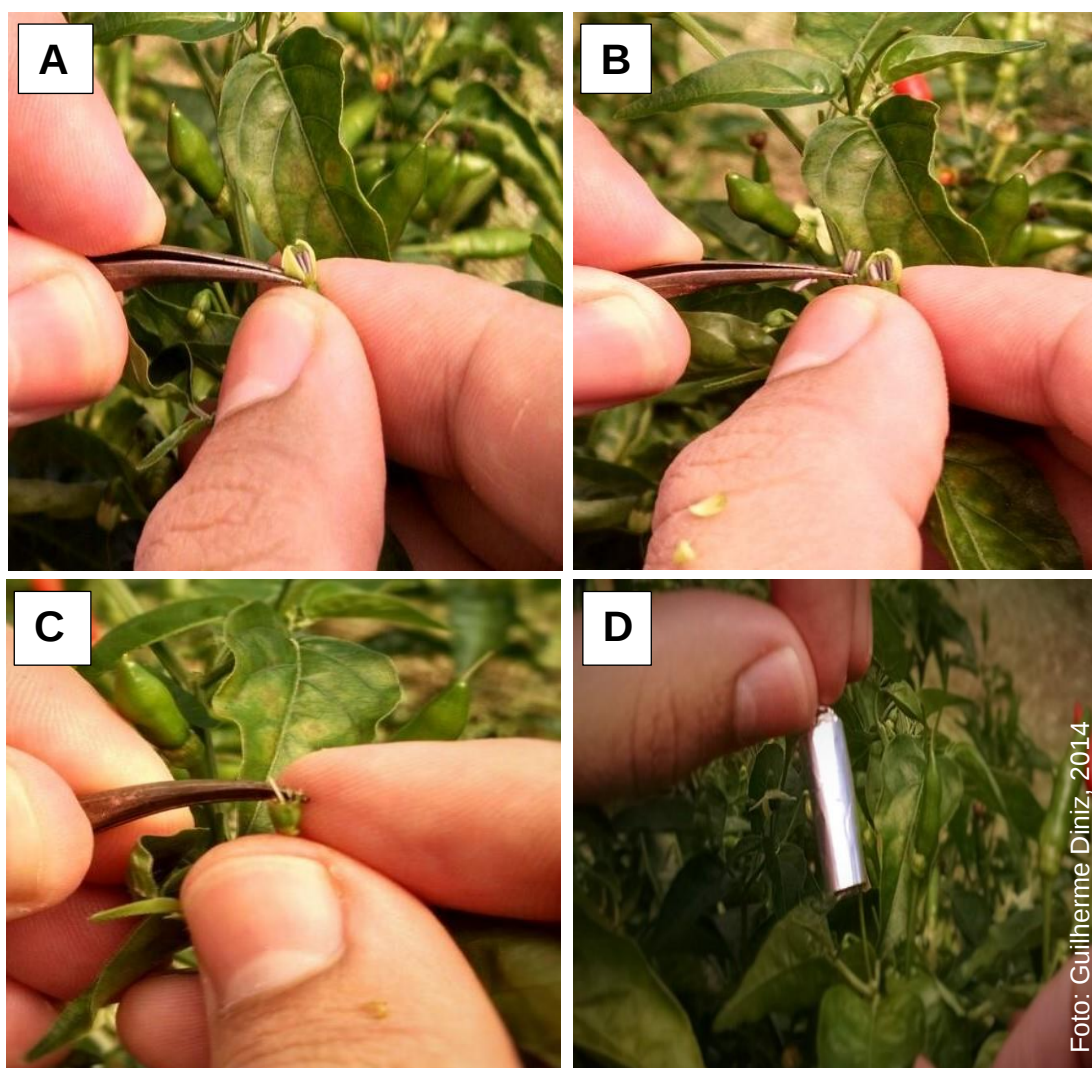


Figura 2. (A) retirada das pétalas e sépalas das flores. (B e C) Retirada dos estames das flores. (D) Proteção das flores com cápsula de papel-alumínio

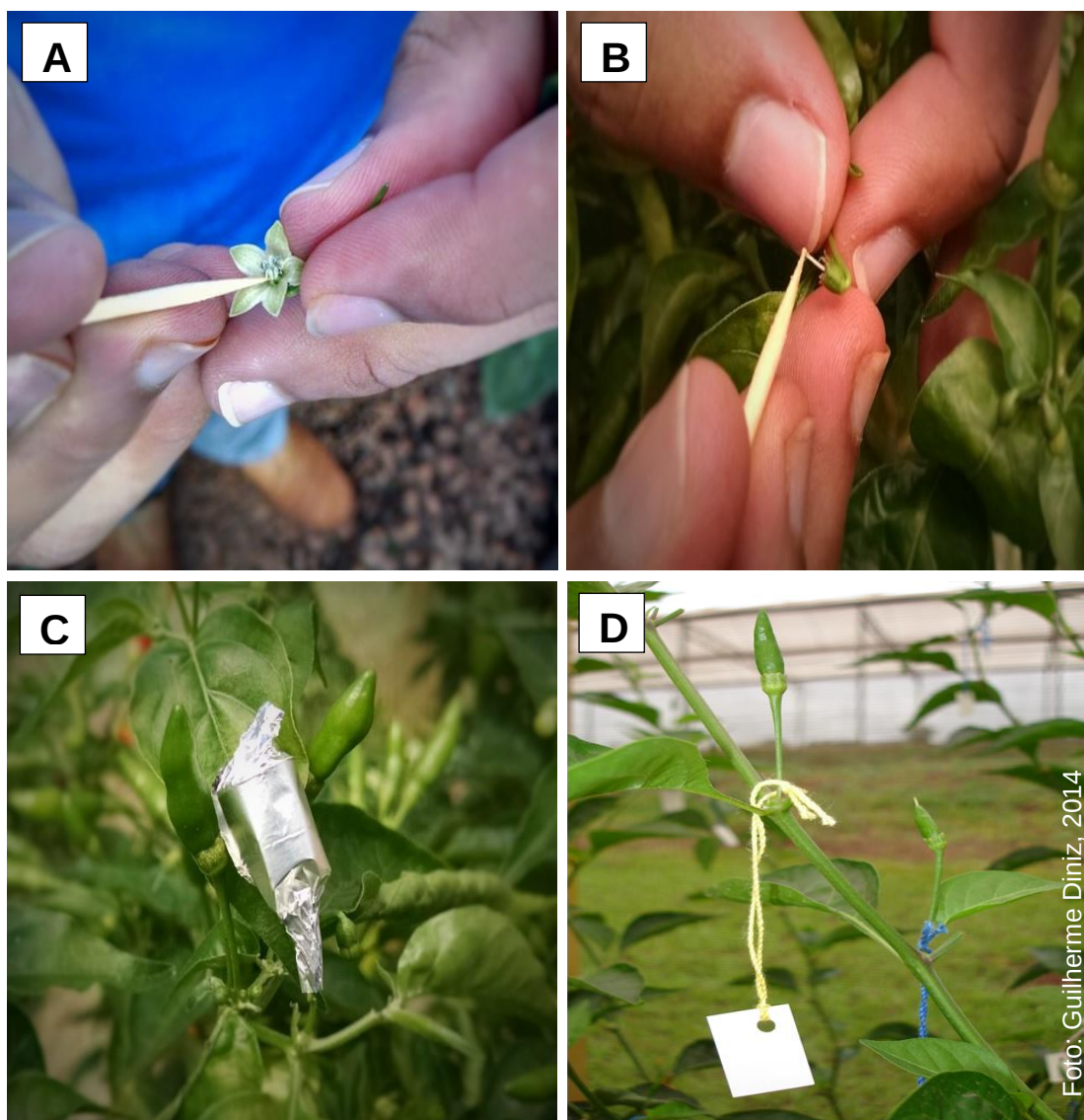


Figura 3. (A) retirada do pólen do genitor masculino. (B) Polinização das flores emasculadas. (C) Proteção das flores polinizadas com cápsula de papel-alumínio. (D) Identificação dos cruzamentos.

3.2.3 Obtenção, identificação e multiplicação de *Meloidogyne enterolobii*

O inóculo inicial foi obtido a partir de uma subpopulação de *M. enterolobii*, extraída de raízes de goiabeira 'Paluma', procedente da região de Taquaritinga - SP. A espécie de nematoide foi identificada no Laboratório de Nematologia da UNESP - FCAV, ao microscópio fotônico, com base nos caracteres morfológicos do padrão

perineal, preparado conforme Taylor e Netscher (1974), na morfologia da região labial dos machos (EISENBACK et al., 1981) e no fenótipo isoenzimático para esterase, obtido pela técnica de Esbenshade e Triantaphyllou (1990), utilizando-se de um sistema tradicional de eletroforese vertical Mini Protean II da BIO-RAD, como no exemplo da Figura 4.

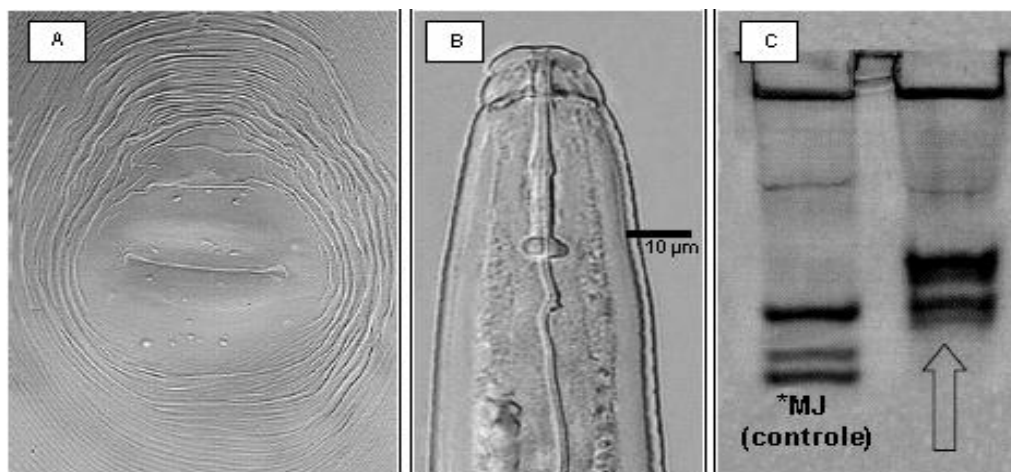


Figura 4. A) Padrão perineal da fêmea. B) região labial dos machos. C) fenótipo isoenzimático de *Meloidogyne enterolobii*.

A subpopulação do nematoide foi previamente multiplicada em berinjela (*Solanum melongena* L.) 'Anápolis', em vasos de plástico de 13 L previamente preenchidos com mistura de terra, areia e esterco bovino curtido, em casa de vegetação. Todavia, a mistura para preenchimento dos vasos foi previamente autoclavada (120°C e 1 atm de pressão, por 1 hora). Depois de 120 dias da inoculação, as plantas de berinjela foram removidas dos vasos, e as raízes, lavadas e trituradas em liquidificador com solução de hipoclorito de sódio a 0,5% e água, na proporção 3:1 sendo três partes de água e uma parte de hipoclorito, por período de tempo de 30 a 40 s, sendo posteriormente vertida em peneira de 200 mesh sobre outra de 500 mesh, para a obtenção do inóculo inicial (HUSSEY; BARKER, 1973).

3.2.4 Montagem do experimento e avaliação das gerações inoculadas com *Meloidogyne enterolobii*

A produção das mudas utilizadas no estudo foi iniciada no dia 12-08-2015, com a semeadura dos parentais (P_1 e P_2) e as gerações F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 em bandejas de poliestireno expandido, com 128 células, utilizando substrato Bioplant® HT, previamente autoclavado (120°C e 1 atm de pressão, por 1 hora). A semeadura foi feita na densidade de três sementes por célula e, entre dois e três dias após a emergência, foi realizado o desbaste, deixando-se apenas uma plântula por célula.

Quando as mudas apresentaram de três a cinco folhas definitivas (aproximadamente, 40 dias após a semeadura), foi realizado o transplântio de cada geração individualmente, para vasos de plástico, com capacidade de 2 litros, antecipadamente preenchidos com mistura de terra, areia e esterco de curral curtido, na proporção 1:1:1 e acondicionados em casa de vegetação. Todavia, a mistura para preenchimento dos vasos foi previamente autoclavada (120°C e 1 atm de pressão, por 1 hora).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com três repetições. Os tratamentos foram constituídos de seis populações: dois genitores P_1 (resistente) e P_2 (suscetível) e as gerações F_1 , F_2 , RC_1 e RC_2 . As repetições de cada genitor e geração F_1 foram constituídas por dez plantas, enquanto as gerações F_2 , por 70 plantas, e RC_1 e RC_2 , por 40 plantas, totalizando 540 plantas. Durante a condução do experimento, ocorreu perda de plantas dentro das repetições, por virose.

A estimativa da população de ovos e juvenis de segundo estágio (J_2) presentes na suspensão foi realizada com o auxílio da câmara de contagem de Peters, ao microscópio fotônico, com posterior ajuste da concentração para 1.000 ovos e J_2 /mL e inoculação de 5 mL dessa suspensão por muda. As plantas foram inoculadas no dia 23-09-2015 no período da manhã, com o auxílio de pipeta automática.

Para aferir a viabilidade do inóculo, além da influência de fatores externos, como umidade e temperatura sobre o desenvolvimento do nematoide, no dia do transplântio, foram inoculadas dez plantas por repetição de tomateiro, suscetível a *M. enterolobii*, no caso, a cultivar 'Santa Cruz Kada' da Empresa de Sementes Isla.

A adubação foi feita por meio de fertirrigação na fase de muda, visando a um bom enraizamento das mesmas. Após o transplante, foi usado o adubo 12-12-36 mais micronutrientes, nitrato de cálcio, Ca/B e sulfato de magnésio, aplicados duas vezes por mês. Os tratamentos fitossanitários, quando necessários, foram realizados com utilização de produtos sem ação nematicida.

A avaliação da reação das plantas à *M. enterolobii* foi realizada por meio da coleta das plantas dos genitores P₁ e P₂ e das gerações F₁, F₂, RC₁ e RC₂, bem como, do tomateiro, após 60 dias decorridos da inoculação, removendo-se as raízes de cada planta dos vasos, individualmente. Em seguida, os sistemas radiculares das plantas foram individualmente acondicionados em sacos plásticos, previamente etiquetados, e levados para o Laboratório do Setor de Olericultura e Plantas Aromático-Medicinais (Figura 5).

No Laboratório, para cada sistema radicular, foi realizada a limpeza em recipientes com água. Após esse processo, foi feita a avaliação da reação das plantas ao nematoide. Para tanto, os ovos e J₂ do nematoide foram extraídos das raízes pela técnica de Hussey e Barker (1973), e as populações em cada suspensão oriunda dos sistemas radiculares individualmente processados, estimadas com auxílio da câmara de contagem de Peters ao microscópio fotônico, para a determinação do fator de reprodução (FR), conforme descrito por Oostenbrink (1966) (Figura 6). Valores de FR < 1 caracterizaram plantas resistentes ao nematoide, e valores de FR ≥ 1 denotaram plantas suscetíveis.



Figura 5. (A) remoção das raízes dos vasos. (B) Acondicionamento das raízes em sacos plásticos.

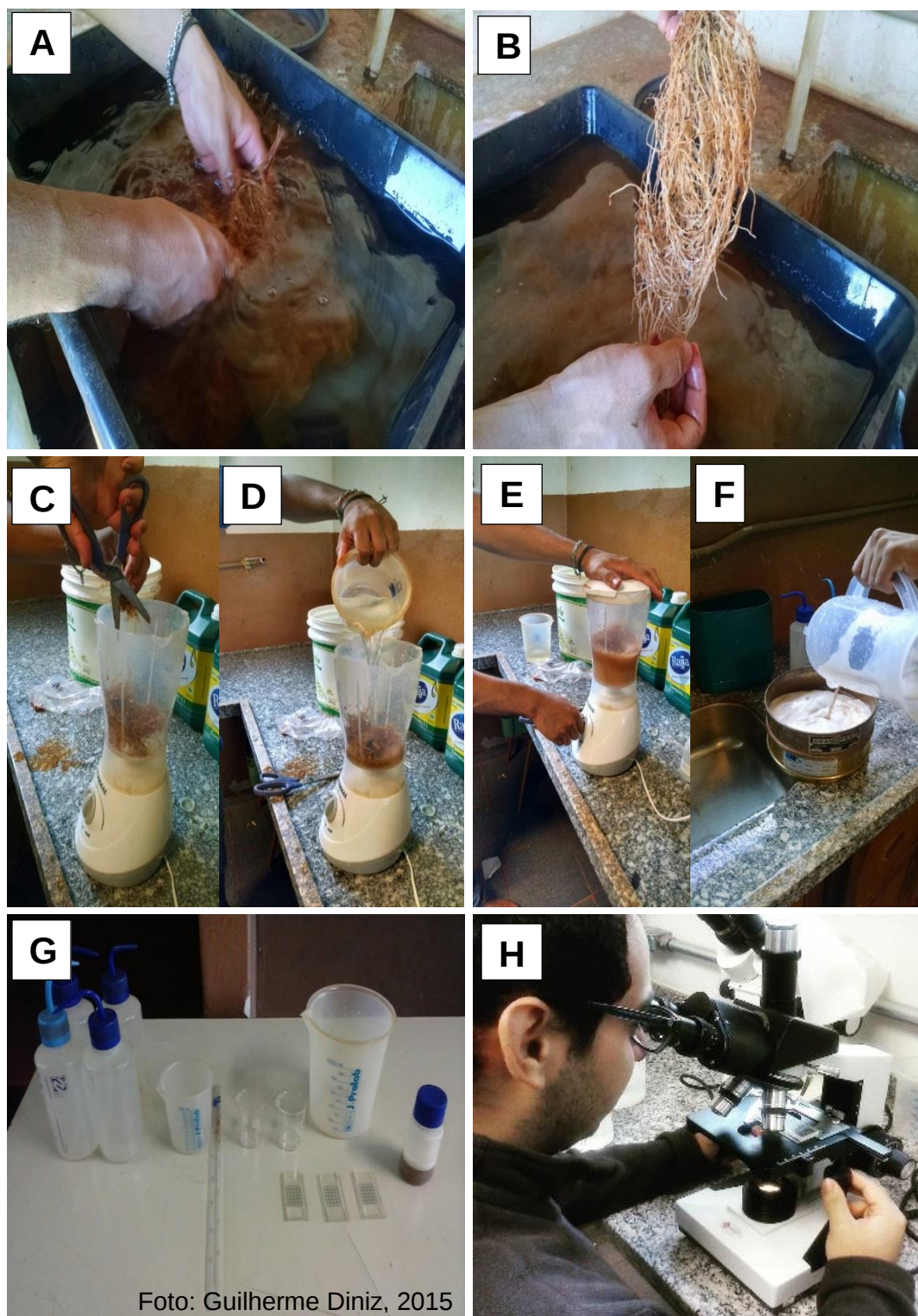


Figura 6. (A e B) lavagem das raízes. (C, D, E) processamento das raízes em liquidificador. (F) obtenção da suspensão por meio de peneiras. (G) Material utilizado para contagem de nematoides. (H) Contagem de nematoides ao microscópio fotônico.

3.3 Análise dos dados

Foram realizadas análises dos componentes de média e variância para cada geração, bem como estimado o efeito do gene principal através da análise proposta por Hayman (1958). Também foi calculado o Qui-quadrado a 1% de probabilidade para testar a hipótese de herança monogênica na geração F₂ e no RC₁, em que o_i = frequência observada, e e_i = frequência esperada com um grau de liberdade, segundo a seguinte fórmula:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^n \frac{(o_i - e_i)^2}{e_i}$$

Também foram construídos histogramas de frequências para visualizar a separação entre indivíduos resistentes e suscetíveis. Os componentes de variância fenotípico ($\hat{\sigma}_p^2$), genotípico ($\hat{\sigma}_G^2$), ambiental ($\hat{\sigma}_E^2$) e aditivo ($\hat{\sigma}_A^2$) das gerações foram estimados, considerando-se as fórmulas abaixo (WARNER, 1952; WRIGHT, 1968):

$$\hat{\sigma}_p^2 = \hat{\sigma}_{F_2}^2; \quad \hat{\sigma}_E^2 = \frac{\hat{\sigma}_{P_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_2}^2 + (2 \times \hat{\sigma}_{F_1}^2)}{4}$$

$$\hat{\sigma}_G^2 = \hat{\sigma}_P^2 - \hat{\sigma}_E^2; \quad \hat{\sigma}_A^2 = (2 \times \hat{\sigma}_{F_2}^2) - (\hat{\sigma}_{B_1}^2 + \hat{\sigma}_{B_2}^2)$$

Em que: $\hat{\sigma}_p^2$: variância fenotípica; $\hat{\sigma}_G^2$: variância genotípica; $\hat{\sigma}_E^2$: variância ambiental; $\hat{\sigma}_A^2$: variância aditiva; $\hat{\sigma}_{B_1}^2$: variância do retrocruzamento 1; $\hat{\sigma}_{B_2}^2$: variância do retrocruzamento 2; $\hat{\sigma}_{P_1}^2$: variância do genitor 1; $\hat{\sigma}_{P_2}^2$: variância do genitor 2; $\hat{\sigma}_{F_1}^2$: variância da geração F₁; $\hat{\sigma}_{F_2}^2$: variância da geração F₂.

A herdabilidade nos sentidos amplo e restrito, também foi calculada de acordo com Vencovsky e Barriga (1992), conforme segue:

$$h^2a = \sigma_g^2 / \sigma_f^2; \quad h^2r = \sigma_a^2 / \sigma_f^2$$

Em que: h² = coeficiente de herdabilidade; σ_g^2 = variância genética; σ_f^2 = variância fenotípica; e σ_a^2 = variância aditiva.

O cálculo do número de fatores efetivos médios, que em alguns trabalhos é denominado de número de genes (NG), foi feito de acordo com cinco metodologias (WRIGHT, 1968; LANDE, 1981- métodos I, II e III, MATHER; JINKS 1982), a partir das fórmulas descritas abaixo, em que: P₁ = Pai 1; P₂ = Pai 2; F₁ = Geração F₁; F₂ = Geração F₂; B₁ = Retrocruzamento 1, e B₂ = Retrocruzamento 2.

Método de Wright:

$$NG = \frac{(\hat{\mu}_{P_1} - \hat{\mu}_{P_2})^2 \times \left\{ 1,5 - \left[2 \times \left(\frac{\hat{\mu}_{F_1} - \hat{\mu}_{P_1}}{\hat{\mu}_{P_2} - \hat{\mu}_{P_1}} \right) \times \left(1 - \frac{\hat{\mu}_{F_1} - \hat{\mu}_{P_1}}{\hat{\mu}_{P_2} - \hat{\mu}_{P_1}} \right) \right] \right\}}{8 \times \left[\hat{\sigma}_{F_2}^2 - \frac{\hat{\sigma}_{P_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_2}^2 + (2 \times \hat{\sigma}_{F_1}^2)}{4} \right]}$$

Em que: $\hat{\mu}_{P_1}$: média do genitor 1; $\hat{\mu}_{P_2}$: média do genitor 2; $\hat{\sigma}_{P_1}^2$: variância do genitor 1; $\hat{\sigma}_{P_2}^2$: variância do genitor 2; $\hat{\sigma}_{F_1}^2$: variância da geração F₁, e $\hat{\sigma}_{F_2}^2$: variância da geração F₂.

Método de Mather e Jinks:

$$NG = \frac{\frac{(\hat{\mu}_{P_1} - \hat{\mu}_{P_2})^2}{2}}{(2 \times \hat{\sigma}_{F_2}^2) - (\hat{\sigma}_{B_1}^2 + \hat{\sigma}_{B_2}^2)}$$

Em que: $\hat{\mu}_{P_1}$: média do genitor 1; $\hat{\mu}_{P_2}$: média do genitor 2; $\hat{\sigma}_{P_1}^2$: variância do genitor 1; $\hat{\sigma}_{P_2}^2$: variância do genitor 2; $\hat{\sigma}_{F_1}^2$: variância da geração F₁, e $\hat{\sigma}_{F_2}^2$: variância da geração F₂.

Método I de Lande:

$$NG = \frac{(\hat{\mu}_{P_1} - \hat{\mu}_{P_2})^2}{8 \times \left[\hat{\sigma}_{F_2}^2 - \frac{\hat{\sigma}_{P_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_2}^2 + (2 \times \hat{\sigma}_{F_1}^2)}{4} \right]}$$

Em que: $\hat{\mu}_{P_1}$: média do genitor 1; $\hat{\mu}_{P_2}$: média do genitor 2; $\hat{\sigma}_{P_1}^2$: variância do genitor 1; $\hat{\sigma}_{P_2}^2$: variância do genitor 2; $\hat{\sigma}_{F_1}^2$: variância da geração F₁, e $\hat{\sigma}_{F_1}^2$: variância da geração F₂.

Método II de Lande:

$$NG = \frac{(\hat{\mu}_{P_1} - \hat{\mu}_{P_2})^2}{[8 \times (2 \times \hat{\sigma}_{F_2}^2) - (\hat{\sigma}_{B_1}^2 + \hat{\sigma}_{B_2}^2)]}$$

Em que: $\hat{\mu}_{P_1}$: média do genitor 1; $\hat{\mu}_{P_2}$: média do genitor 2; $\hat{\sigma}_{F_2}^2$: variância da geração F₂; $\hat{\sigma}_{B_1}^2$: variância do retrocruzamento 1, e $\hat{\sigma}_{B_2}^2$: variância do retrocruzamento 2.

Método III de Lande:

$$NG = \frac{(\hat{\mu}_{P_1} - \hat{\mu}_{P_2})^2}{[8 \times (\hat{\sigma}_{B_1}^2 + \hat{\sigma}_{B_2}^2 - \hat{\sigma}_{F_1}^2)] - \frac{\hat{\sigma}_{P_1}^2 + \hat{\sigma}_{P_2}^2}{2}}$$

Em que: $\hat{\mu}_{P_1}$: média do genitor 1; $\hat{\mu}_{P_2}$: média do genitor 2; $\hat{\sigma}_{P_1}^2$: variância do genitor 1; $\hat{\sigma}_{P_2}^2$: variância do genitor 2; $\hat{\sigma}_{F_1}^2$: variância da geração F₁, $\hat{\sigma}_{B_1}^2$: variância do retrocruzamento 1, e $\hat{\sigma}_{B_2}^2$: variância do retrocruzamento 2.

Os desvios-padrão das estimativas da média (m), do efeito aditivo [a] e de dominância [d] foram computados como a raiz quadrada das respectivas variâncias. As estimativas da média (m), dos efeitos aditivos [a] e de dominância [d] foram calculadas de acordo com as fórmulas abaixo (HAYMAN, 1958):

$$m = \hat{\mu}_{F_2} ; a = \hat{\mu}_{B_1} - \hat{\mu}_{B_2}$$

$$d = -\frac{\hat{\mu}_{P_1}}{2} - \frac{\hat{\mu}_{P_2}}{2} + \hat{\mu}_{F_1} - (4 \times \hat{\mu}_{F_2}) + [2 \times (\hat{\mu}_{B_1} - \hat{\mu}_{B_2})]$$

Em que: $\hat{\mu}_{P_1}$: média do genitor 1; $\hat{\mu}_{P_2}$: média do genitor 2; $\hat{\mu}_{F_1}$: média da F_1 ; $\hat{\mu}_{F_2}$: média da F_2 ; $\hat{\mu}_{B_1}$: média do retrocruzamento 1; $\hat{\mu}_{B_2}$: média do retrocruzamento 2.

3.3.1 Teste de modelos genéticos por meio da função de máxima verossimilhança

A estimação de parâmetros genéticos, bem como o teste da hipótese de herança monogênica têm, em geral, sido feitos utilizando linhagens contrastantes P_1 e P_2 , as gerações F_1 e F_2 , e os retrocruzamentos RC_1 e RC_2 , estimando apenas os valores médios de cada um dos três genótipos utilizando respectivamente as gerações P_1 , P_2 e F_1 (SOUZA SOBRINHO, 1998; GOMES, 1999; RESENDE, 1999; AZEVEDO, 2001).

Um procedimento mais eficiente para utilizar mais informações contidas nos dados inseridos também nas gerações RC_1 , RC_2 e F_2 , uma vez que os três genótipos estão representados nestas populações (dois deles em cada um dos retrocruzamentos e todos os três na F_2), é o teste de modelos genéticos por meio da função de máxima verossimilhança. A dificuldade estatística que surge em outros modelos é o fato de que, a essas últimas populações, correspondem misturas de distribuições (em geral normais), para as quais os estimadores não são evidentes.

Para testar a hipótese de herança monogênica e/ou a presença de loci poligênicos (ou modificadores) afetando o caráter, foi utilizada também essa metodologia alternativa, baseada em estimadores de máxima verossimilhança. A partir das funções de verossimilhança para cada modelo, foi possível compor testes de interesse, aceitando-se a hipótese de nulidade H_0 ($P > 0,05$) e rejeitando-se a hipótese de nulidade H_1 ($P < 0,05$). Os testes de verossimilhança foram realizados por meio da estatística LR (MODD et al., 1974). De maneira geral, a estatística LR é dada por:

$$LR = -2 \ln \frac{L(M_i)}{L(M_j)}$$

Sendo que: $L(M_i)$ e $L(M_j)$ são as funções de verossimilhança dos modelos i e j ; em que o modelo i deve estar hierarquizado ao modelo j .

O modelo mais geral é aquele que apresenta a existência de um gene de efeito maior, juntamente com polígenes com efeitos aditivos e de dominância e variâncias ambientais iguais em todas as gerações (Tabela 1). Admitiram-se, ainda, genes independentes (tanto polígenes, como de efeito maior). A partir das funções de verossimilhança para cada modelo, foi possível compor testes de interesse, considerando diferentes hipóteses.

Tabela 1. Modelos genéticos e seus respectivos parâmetros, adaptado de Silva (2003).

Modelo	Parâmetros
1) Gene maior com efeitos aditivo e de dominância + polígenes com efeitos aditivo e de dominância	$\mu, A, D, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
2) Gene maior com efeitos aditivo e de dominância + polígenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, D, [a], V_A, \sigma^2$
3) Gene maior com efeitos aditivo apenas + polígenes com efeitos aditivo e de dominância	$\mu, A, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
4) Gene maior com efeito aditivo apenas + polígenes com efeito aditivo apenas	$\mu, A, [a], V_A, \sigma^2$
5) Polígenes com efeitos aditivo e de dominância	$\mu, [a], [d], V_A, V_D, S_{AD}, \sigma^2$
6) Polígenes com efeito aditivo apenas	$\mu, [a], V_A, \sigma^2$
7) Gene maior com efeitos aditivo e de dominância	μ, A, D, σ^2
8) Gene maior com efeito aditivo apenas	μ, A, σ^2
9) Apenas efeito do ambiente	μ, σ^2

[a]: componente poligênico aditivo; [d]: componente poligênico dominante; V_A : variância aditiva; V_D : variância de dominância; S_{AD} : efeito aditivo-dominante.

As análises dos componentes de média, variância e efeito do gene principal de Hayman foram calculadas utilizando as rotinas descritas em Gusmini et al. (2007). Foi gerado um histograma de frequência, e as análises estatísticas foram realizadas pelo programa SAS 9.4 (SAS Institute Inc., 2011) e software estatístico “Monogen” v. 0.1 (SILVA, 2003).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 2, estão as informações do número de indivíduos avaliados, média geral e variância do FR para as seis gerações avaliadas. O padrão de suscetibilidade, tomateiro ‘Santa Cruz Kada’, obteve média de FR de 10,4, confirmando a viabilidade do inóculo e as condições favoráveis para a realização do experimento. Os parentais diferiram nas médias para indivíduos resistentes e suscetíveis, demonstrando o contraste necessário para o presente estudo. Também houve pouca variância dentro das observações de cada parental (P₁ e P₂), confirmando a homozigose para a característica avaliada. Segundo Borém (1997), esse contraste entre os parentais é de suma importância para estudos de herança genética, tornando as estimativas de parâmetros mais precisas.

A geração F₁ também obteve variância pequena, o que confirma a estabilidade e a homozigose dos pais avaliados. Cabe ressaltar que na geração F₁, todas as plantas tiveram fator de reprodução acima de um, dando também o indicativo da presença de genes recessivos ligados à característica. A geração F₂, em que foram avaliados 202 indivíduos, apresentou a maior variância, conforme o esperado. Isso ocorre em função da grande variabilidade existente nessa geração, causada pela segregação. Seleções podem ser feitas já na geração F₂, baseando-se na variabilidade encontrada, porém deve-se ficar atento a outras características de interesse que podem ser perdidas nesse processo.

Tabela 2. Número de observações, média e variância do fator de reprodução (FR), para as seis gerações avaliadas em estudo do controle genético da resistência de *Capsicum frutescens* à *Meloidogyne enterolobii*.

Geração		Nº de observações	Média (FR)	Variância	Erro padrão
P ₁ -	<i>C. frutescens</i>	30	0,7872	0,0196	0,0255
P ₂ -	C24	30	1,7180	0,1974	0,0811
F ₁ -	<i>C. frutescens</i> x C24	18	1,3763	0,0778	0,0657
F ₂ -	F ₁ x F ₁	202	1,6532	1,5243	0,0868
RC ₁ -	F ₁ x <i>C. frutescens</i>	111	1,0438	0,2333	0,0458
RC ₂ -	F ₁ x C24	103	2,2779	0,7208	0,0836

OBS: “Padrão de suscetibilidade, tomateiro ‘Santa Cruz Kada’ (FR= 10,4)

A variância genotípica foi predominantemente aditiva, e a variância de dominância obteve valores negativos. Para fins de análises, os valores de variância de dominância foram considerados zero. Esses resultados são importantes para o melhorista, pois possibilitam melhores condições de seleção dentro das populações, já que os efeitos nas seleções serão mais previsíveis (Tabela 3). Segundo Ramalho et al. (1993) a variância aditiva é utilizada como a mais importante para o melhorista, pelo efeito positivo da seleção e a semelhança entre indivíduos aparentados.

Para a herança estudada, os efeitos aditivos foram significativos e negativos ($P < 0,01$), sendo indicativo do direcionamento da seleção para valores baixos. Além disso, os efeitos aditivos foram mais pronunciados que os efeitos de dominância [d], estes últimos não significativos ($P > 0,05$) (Tabela 3). Isso indica que a resistência de *C. frutescens* à *M. enterolobii*, no presente estudo, é devida predominantemente a genes de efeito aditivo.

Tabela 3. Variâncias genéticas, herdabilidade e efeitos do gene principal, segundo Hayman (1981), para as seis gerações avaliadas, em estudo do controle genético da resistência de *Capsicum frutescens* inoculado com *Meloidogyne enterolobii*.

Parâmetro	Estimativa	P-valor
Variância fenotípica	1,52	-
Variância genotípica	1,43	-
Variância aditiva	1,43	-
Variância de dominância	-0,66 ⁽¹⁾	-
Variância ambiental	0,09	-
H ² (%) (Herdabilidade ampla)	94%	-
h ² (%) (Herdabilidade restrita)	94%	-
M (média)	1,65 ± 0,09 ⁽²⁾	<0,00001
[a] (efeitos aditivos)	-1,2340 ± 0,13 ⁽²⁾	<0,00001
[d] (efeitos de dominância)	0,1543 ± 0,73 ⁽²⁾	0,8317

⁽¹⁾: Valores de variâncias negativos foram considerados zero para fins de análise. ⁽²⁾: Desvio-padrão da média.

Com relação à variância de dominância, existem algumas possibilidades de ocorrência de estimativas negativas. Geralmente, estes resultados podem acontecer quando as diferenças no componente de variância são muito pequenas, o que pode ter ocorrido com os dados obtidos neste experimento. Outro fato possível é o não cumprimento dos pressupostos do método de Warner e Mather, em que as fontes de variação genética são exclusivamente de natureza aditivo-dominante, e o componente de variância ambiental na geração F₂ é igual à média dos componentes ambientais de

variância nas gerações de retrocruzamento (LOBO et al., 2005). Porém, para o presente estudo, esses pressupostos foram atendidos tendo em vista a segregação vista na geração F_2 e também nos retrocruzamentos. Outros trabalhos também obtiveram resultados semelhantes para efeitos de dominância negativos (BARAKAT, 1996; JUHÁSZ et al., 2008).

A herdabilidade foi estimada em 94%, sendo esse valor típico de características monogênicas, corroborando os resultados do teste qui-quadrado (Tabela 3). O uso de ambientes uniformes, genitores contrastantes, além das propriedades genéticas do caráter podem resultar em valores elevados de herdabilidade (RAMALHO et al., 1993). Trabalhos relacionados à resistência de plantas a doenças têm observado valores de herdabilidade muito variáveis, como demonstrado por Riva et al. (2004) e Juhász et al. (2008), avaliando a resistência de *C. annuum* à mancha bacteriana e de tomateiro a *Pepper yellow mosaic virus*, respectivamente. Acredita-se também que a herdabilidade elevada pode dar-se pelo tamanho da população de retrocruzamento utilizada, como proposto por Scott e Jones (1989). Neste estudo, trabalhou-se com população de 111 e 103 plantas para cada retrocruzamento, sendo o tamanho recomendado de 100 a 200 plantas (RAMALHO et al., 1993).

Vale lembrar que a herdabilidade é uma propriedade do caráter, sendo válida apenas para a população e as condições ambientais a que foi submetida (RAMALHO et al., 1993; CRUZ; REGAZZI, 1997). Assim, em programas de melhoramento, torna-se instrumento de grande importância, possibilitando melhor estimativa dos ganhos de seleção e a definição da estratégia para a seleção dos melhores genótipos (FEHR, 1987). Com a possibilidade de uma herdabilidade alta, a seleção individual de plantas nas gerações iniciais é eficaz, porém uma dificuldade encontrada em selecionar indivíduos nas gerações iniciais está na redução da variabilidade genética para outras características de interesse ao longo dos ciclos de seleção, eliminando, com isso, possíveis genes condicionantes de características de interesse.

Calculando o número de fatores efetivos (número de genes), pelos cinco métodos (WRIGHT, 1968; LANDE, 1981 – métodos I, II e III; MATHER; JINKS, 1982), todos produziram valores menores que um, o que indica que a herança para o caráter estudado é monogênica (Tabela 4).

De acordo com as estimativas de χ^2_c para o teste de herança monogênica dessa característica, não houve significância ($P \geq 0,01$) na geração F₂ com hipótese de 3 suscetíveis e 1 resistente, o que confirma que a hipótese de herança monogênica não foi rejeitada (Tabela 4). Como RC₁ apresentou 50% dos indivíduos resistentes, e a outra metade foi suscetível, e as variações consideradas aleatórias pelo teste de qui-quadrado, considera-se a herança como monogênica recessiva (Tabela 4).

Tabela 4. Teste Qui-quadrado aplicado às gerações F₂, RC₁ e número de fatores efetivos médios calculados por cinco métodos para as seis gerações avaliadas em estudo do controle genético da resistência de *Capsicum frutescens* à *Meloidogyne enterolobii*.

Gerações	Nº de observações	Frequência observada (R/S)	Frequência esperada	χ^2_c	p-valor
P ₁	30	30/0	30/0	-	-
P ₂	30	0/30	0/30	-	-
F ₁	18	0/18	0/18	-	-
F ₂	202	64/138	51/151	4,8119	0,0283
RC ₁	112	57/55	56/56	0,0811	0,7758
RC ₂	103	0/103	0/103	-	-
Wright (1968)	Mather e Jinks (1982)	Lande (1981) Método I	Lande (1981) Método II	Lande (1981) Método III	Média das cinco ¹ metodologias
0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1

¹Fatores efetivos para controle genético da característica.

Levando em consideração o controle genético monogênico recessivo e a alta herdabilidade presente nesse estudo, Fery e Dukes (1996) afirmam que a possibilidade de obtenção de linhas puras resistentes a nematoide é grande, porém, a incorporação desta fonte em programas de melhoramento para desenvolvimento de híbridos pode ser complicada devido à ação aditiva do gene envolvido. A alta resistência ao nematoide só pode ser esperada se os dois pais forem resistentes, o que pode impor restrições para a obtenção de híbridos.

A evidência encontrada no presente estudo, para o controle monogênico recessivo da resistência a *M. enterolobii* em *C. frutescens*, corrobora os resultados encontrados por Souza Sobrinho (1998), trabalhando com espécies do gênero

Meloidogyne em *Capsicum* spp. Porém, Fery e Dukes (1996), trabalhando com uma linhagem derivada da cv. Carolina Cayenne, relataram dois genes, um dominante e um recessivo, em seus estudos com herança genética. As diferenças nos resultados encontrados para o controle genético da resistência a nematoides podem ser explicadas em função da utilização de diferentes populações de nematoides e plantas nos estudos.

Considerando a distribuição das seis gerações dentro das avaliações de resistência ou suscetibilidade, nota-se que a herança se confirma monogênica e recessiva, como observado na apresentação dos histogramas, uma vez que, na F₁ todos os indivíduos foram suscetíveis, na geração F₂ ocorreu a proporção de 3 plantas suscetíveis para 1 planta resistente, aproximadamente, e no RC₁, proporção de 1:1 (Figura 7).

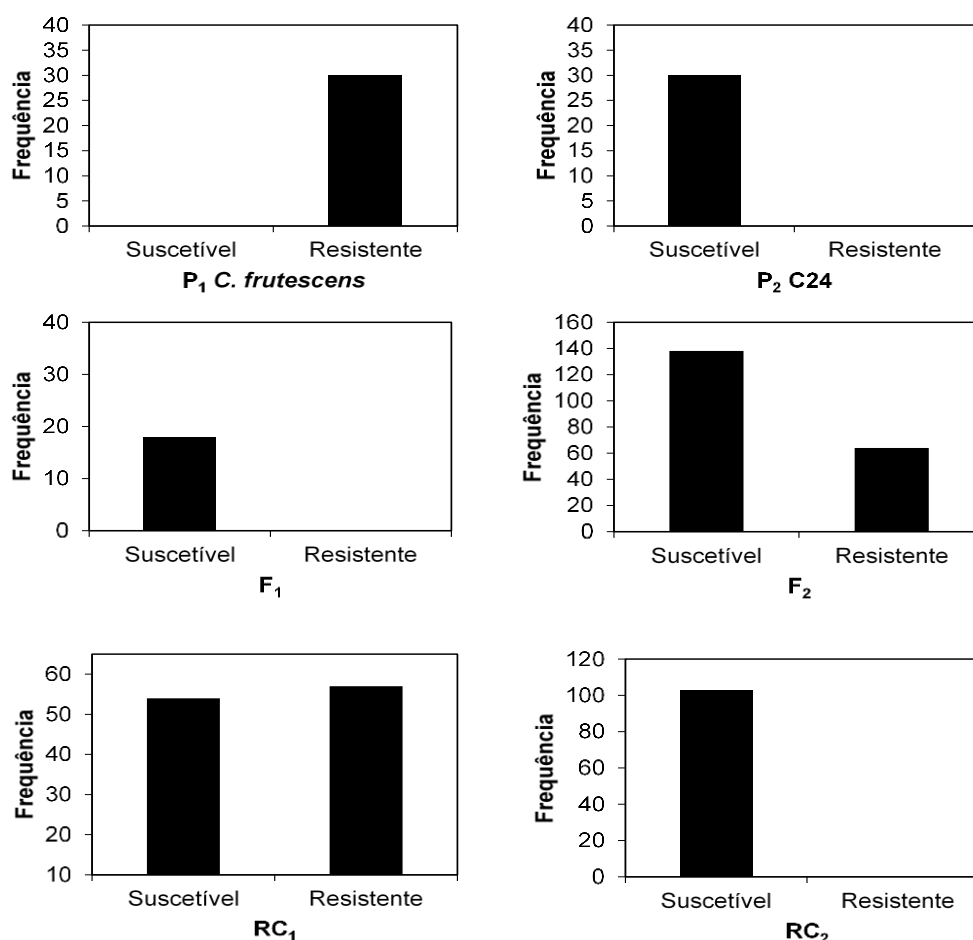


Figura 7. Distribuição de frequência do fator de reprodução (FR) nas seis gerações dos genótipos em estudo do controle genético da resistência do genótipo de *Capsicum frutescens* à *Meloidogyne enterolobii*.

Os resultados do estudo de herança da resistência de *C. frutescens* a *M. enterolobii*, feitos pelos testes da máxima verossimilhança, estão apresentados na Tabela 5. Comparando o modelo 1 com o modelo 2, que confronta a existência de um gene de efeito maior com efeito aditivo e de dominância mais polígenes com efeito aditivo e de dominância contra, a existência de um gene maior com polígenes com efeitos aditivos apenas, aceita-se a hipótese ($P>0,05$), portanto não havendo evidência de que existem polígenes com efeito de dominância.

Comparando o modelo 1 com o modelo 4, que confronta a existência de um gene maior com efeito aditivo e de dominância, mais polígenes com efeito aditivo e de dominância contra, um gene maior com efeito aditivo apenas mais polígenes com efeito aditivo apenas, aceita-se a hipótese de nulidade ($P>0,05$), portanto não existindo um gene maior com efeito de dominância e também polígenes com efeito de dominância.

Tabela 5. Testes de hipótese de herança monogênica por meio da função de máxima verossimilhança para resistência de *C. frutescens* a *M. enterolobii*.

¹ Modelo (s)	Grau de liberdade	χ^2_c	Probabilidade
1 vs. 2	1	0,5674	0,9038
1 vs. 4	4	0,5487	0,2408
1 vs. 7	5	0,7675	0,9790
2 vs. 6	2	4,9201	0,0854
2 vs. 7	2	0,2001	0,9047
8 vs. 9	1	0,5674	0,4512

¹Testes de razão de verossimilhança, feitos por meio da estatística LR, com o programa estatístico Monogen v. 0.1 (SILVA, 2003).

Comparando-se os modelos 1 e 7, existência de um gene maior com efeito aditivo e de dominância, mais polígenes com efeito aditivo e de dominância contra, Gene de efeito maior com efeitos aditivo e de dominância, não se rejeita a hipótese ($P>0,05$), não havendo a ação de polígenes nessa característica.

Para o teste dos modelos 2 e 6, existência de um gene de efeito maior com polígenes com efeitos aditivos apenas contra, polígenes com efeito aditivo apenas, aceita-se a hipótese ($P>0,05$), indicando a ausência de polígenes de efeito aditivo apenas.

A comparação do modelo 2 com o modelo 7, existência de um gene de efeito maior com efeitos aditivos e de dominância, mais polígenes com efeitos aditivos

apenas contra, gene maior com efeitos aditivo e de dominância, rejeita-se a hipótese ($P > 0,05$), indicando a ausência de gene maior com efeitos aditivos e de dominância.

Em certos casos, a variabilidade dentro de uma dada classe genotípica é resultado da ação de efeitos de ambiente e/ou de genes menores (polígenes). Como vimos no qui-quadrado, a segregação ocorrida em F₂ dificultou uma confirmação exata do que está ocorrendo dentro da população em estudo. Assim, é interessante estimar o valor genotípico médio de cada uma das três classes genotípicas, usando também os dados existentes dentro das gerações RC1, RC2 e F₂, uma vez que os três genótipos estão representados nestas populações, dois deles em cada um dos retrocruzamentos e todos os três na F₂.

Da interpretação do conjunto de resultados dos testes, é possível inferir que a resistência de *C. frutescens* a *M. enterolobii* é controlada por um gene de efeito maior, de efeito aditivo apenas.

A não existência desses efeitos nos resultados obtidos pelo teste da máxima verossimilhança auxiliou os resultados obtidos pelos métodos anteriores, caracterizando a resistência como de herança monogênica recessiva. Gonçalves et al., (2007), trabalhando com herança de açúcares em genótipos de tomateiro provenientes de cruzamento interespecífico, e Melo (2014), estudando a herança da resistência do meloeiro a *Rhizoctonia solani*, também obtiveram êxito na comparação dos métodos de estudo, possibilitando a confirmação do tipo de controle envolvido na característica.

5 CONCLUSÃO

A resistência à *M. enterolobii* em genótipo de *C. frutescens* é controlada por um gene recessivo.

A variância genética é predominantemente aditiva, e a herdabilidade, nos sentidos amplo e restrito, alta.

6 REFERÊNCIAS

- AGUILAR-MELÉNDEZ, A.; MORRELL, P. L.; ROOSE, M. L.; KIM, S. C. Genetic diversity and structure in semiwild and domesticated chiles (*Capsicum annuum*; Solanaceae) from Mexico. **American Journal of Botany**, Stanford, v. 96, n. 6, 1.190-1.202, 2009.
- ALMEIDA, E.J.; SOARES, P.L.M.; SILVA, A.R.; SANTOS, J.M. New records on *Meloidogyne mayaguensis* in Brazil and comparative study with *M. incognita*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 3, p. 236-241, 2008.
- ALVES, F. R.; CAMPOS, V. P. Efeito do aquecimento do solo na resistência de plantas a *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 25, n. 2, p. 153-162, 2001.
- AZEVEDO, S. M. **Herança da resistência ao vírus da mancha anelar do mamoeiro-estirpe melancia (PRVS-W) em melancia [*Citrullus lanatus* (Trunb.) Matsumara & Nakai]**. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG, 2001, 53p.
- BARAKAT, M. N. Estimation of genetic parameters for in vitro traits in wheat immature embryo cultures involving high X low regeneration capacity genotypes. **Euphytica**, Netherlands, v. 87, n. 2, p. 119-125, 1996.
- BENTO, C. S.; RODRIGUES, R.; GONÇALVES, L. S.; OLIVEIRA, H. S.; SANTOS, M. H.; PONTES, M. C.; SUDRÉ, C. P. Inheritance of resistance to *Pepper yellow mosaic virus* in *Capsicum baccatum* var. *pendulum*. **Genetics and molecular research**, Ribeirão Preto, v. 12, n. 2, p. 1.074-1.082, 2013.
- BITENCOURT, N. V.; SILVA, G. S. Reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em olerícolas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 34, n. 3, p. 181-183, 2010.
- BONETTI, S. I.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 553, 1981.
- BORÉM, A. **Melhoramento de Plantas**. Editora UFV, Viçosa. 547p, 1997.

CANDIDO, W. S. **Controle genético da resistência a *Meloidogyne incognita* em *Cucumis melo* L.** Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal - SP, 2013.

CANDOLE, B. L.; CONNER, P. J.; JI, P. Screening *Capsicum annuum* accessions for resistance to six isolates of *Phytophthora capsici*. **HortScience**, Virgínia, v. 45 n. 2, p. 254-259, 2010.

CANTU, R. R.; WILCKEN, S. R. S.; ROSA, J. M. O.; GOTO, R. Reação de porta-enxertos comerciais de tomateiro a *Meloidogyne mayaguensis*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 35, n.2, p. 216-218, 2009.

CARNEIRO, R. G.; MÔNACO, A. P. A.; MORITZ, M. P.; NAKAMURA, K. C.; SCHERER, A. Identificação de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 3, p. 293-298, 2006.

CARNEIRO, R. M. D. G. Uma visão mundial sobre a ocorrência e patogenicidade de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e outras culturas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XXIV, Petrolina-PE. **Resumos**, p. 22, 2003.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; BRAGA, R. S.; ALMEIDA, C. A.; GIORIA, R. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes à meloidoginose no Estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 81-86, 2006.

CARVALHO FILHO, J. L. S.; GOMES, L. A. A.; WESTERICH, J. N.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P.; FERREIRA, S. Inheritance of resistance of 'salinas 88' lettuce to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White). **Revista Brasileira Agrociência**, Pelotas, v. 14, n. 2, p. 279-289, 2008.

CARVALHO, R. de C. **Obtenção de híbridos de pimentão com resistência a múltiplos patógenos.** 2013. 59 p. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

CARVALHO, S.I.; BIANCHETTI, L.B. Botânica e recursos genéticos. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças. Cap. 5, p. 39-54, 2008.

COLLANGE, B.; NAVARRETE, M.; PEYRE, G.; MATEILLE, T.; TCHAMITCHIAN, M. Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: the challenge of an agronomic system analysis. **Crop Protection**, USA, v.30, n. 10, p.1.251-1.262, 2011.

COYNE, D. L.; FOURIE, H. H.; MOENS, M. Current and Future Management Strategies in Resource-poor Farming. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J.L (Ed.). **Root-knot Nematodes**. UK: CAB International, p.444-475, 2009.

COYNE, D. L.; NICOL, J. M.; CLAUDIUS-COLE, B. **Nematologia prática**: Um guia de campo e de laboratório. IITA, 2007.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J. Divergência genética, In: CRUZ, C.D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Editora UFV, Viçosa 390 p, 1997.

DAL'COL, L. H. L. A.; BOLIGON, L. A. A.; STORCK, S. J. L. L. Variabilidade da produção de frutos de pimentão em estufa plástica. **Ciência Rural**, Pelotas, v. 35, n. 2, 2005.

DE OLIVEIRA, F. D. A. **Cultivo de pimentão em ambiente protegido utilizando diferentes manejos de fertirrigação** (Doctoral dissertation, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz) Piracicaba, 223 p. 2012.

DE SOUZA-SOBRINHO, F.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A.; CAMPOS, V. P. Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita* race 2 in the hot pepper cultivar Carolina Cayenne (*Capsicum annuum* L.). **Genetic Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 3, p. 271-279, 2002.

DI DATO, F.; PARISI, M.; CARDI, T.; TRIPODI, P. Genetic diversity and assessment of markers linked to resistance and pungency genes in *Capsicum* germplasm. **Euphytica**, Wageningen, v. 204, n. 1, p.103-119, 2015.

DI VITO, M.; SACCARDO, F.; ERRICO, A.; ZEMA, V.; ZACCHEO, G. Genetics of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in *Capsicum chacoense*, *C. chinense* and *C. frutescens*. **Journal of Genetics & Breeding**, Roma, v. 47, n. 1, p. 23-26, 1993.

DINIZ, G. M. M.; CANDIDO, W. S.; SILVA, E. H. C.; MARIN, M. V. I.; FRANCO, C. A.; BRAZ, L. T.; SOARES, P. L. M. Screening melon genotypes for resistance to *Meloidogyne enterolobii*. **African Journal of Agricultural Research**, Nigéria, v. 11, n. 26, p. 2.271-2.276, 2016.

DUTRA, M. R.; CAMPOS, V. P.; TOYOTA, M. Manejo do solo e da irrigação para o controle de *Meloidogyne javanica* em Alface. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.27, n.1, p.29-34, 2003.

ECHER, M. D. M.; COSTA, C. P. da. Reaction of sweet pepper to the potato virus y (PVY m)1. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 59, n. 2, p. 309-314, 2002.

EISENBACK, J. D. Diagnostic characters useful in the identification of the four most common species of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. **An advanced treatise on Meloidogyne**: biology and control. Raleigh: North Carolina State University, p. 95-112, 1985.

EISENBACK, J. D. et al. **A guide to the four most common species of root-knot nematodes (Meloidogyne species)**. A Cooperative Publication of the Departments of Plant Pathology and Genetics, North Carolina State University and the United States Agency for International Development: Raleigh, NC, p. 4, 1981.

EMBRAPA HORTALIÇAS, **Sistema de produção 2**. ISSN 1078-880x. Versão eletrônica. 2007.

ESBENSHADE, P. R.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. **Journal of Nematology**, College Park, v. 22, n.1, p. 10-15, 1990.

ESHBAUGH, W. H. Peppers: history and exploitation of a serendipitous new crop discovery, In: JANICK, J.; SIMON, J. E. (eds.), **New Crops**. Wiley, New York, USA, p. 132–139. 2013.

FASKE, T. R. Penetration, Post-penetration Development, and Reproduction of *Meloidogyne incognita* on *Cucumis melo* var. texanus. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 45, n. 1, p. 58-65, 2013.

FAZARI, A.; PALLOIX, A.; WANG, L.; YAN HUA, M.; SAGE-PALLOIX, A. M.; ZHANG, B. X.; DJIAN-CAPORALINO, C. The root-knot nematode resistance N-gene co-localizes in the *Me*-genes cluster on the pepper (*Capsicum annuum* L.) P9 chromosome. **Plant breeding**, Singapore, v. 131, n. 5, p. 665-673, 2012.

FEHR, R. W. **Principles of cultivar development**. MacMillan Publishing Company New York 95-105p, 1987.

FERREIRA, S.; GOMES, L. A. A.; MALUF, W. R.; CAMPOS, V. P.; DE CARVALHO FILHO, J. L. S.; SANTOS, D. C. Resistance of dry bean and snap bean cultivars to root-knot nematodes. **HortScience**, Alexandria, v. 45, n. 2, p. 320-322, 2010.

FERY, R. L.; DUKES, P. D. The inheritance of resistance to the southern root-knot nematode in 'Carolina Hot' Cayenne pepper. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Charleston, v.121, p. n. 6, 1.024-1.027, 1996.

FIGUEIREDO, G. 2011. **Panorama da produção em ambiente protegido**. Disponível em: <www.asbraer.org.br/arquivos/bibli/56-ca.produção.pdf> Acesso em: 20 abr. 2016.

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo Manual de Olericultura**: Agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. 3. ed. Viçosa-MG: UFV, 421 p, 2008.

GISBERT, C.; TRUJILLO-MOYA, C.; SÁNCHEZ-TORRES, P.; SIFRES, A.; SÁNCHEZ-CASTRO, E.; NUEZ, F. Resistance of pepper germplasm to *Meloidogyne incognita*. **Annals of applied biology**, v. 162, n. 1, p. 110-118, 2013.

GOMES, L. A. A. **Herança da resistência da alface (*Lactuca sativa* L.) cv. Grand Rapids ao Nematóide de Galhas *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood**. 1999. 70 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

GONÇALVES, L. D.; MALUF, W. R.; CARDOSO, M. D. G.; GOMES, L. A. A.; NASCIMENTO, I. D. Herança de acilaçúcares em genótipos de tomateiro provenientes de cruzamento interespecífico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n.5, 2007.

GONÇALVES, L. S. A.; GOMES, V. M.; ROBAINA, R. R.; VALIM, R. H.; RODRIGUES, R.; ARANHA, F. M. Resistência a *Meloidogyne enterolobii* em acessos de *Capsicum*

spp. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias (Agrária)**, Recife, v. 9 n.1, p. 49-52, 2014.

GUIMARÃES, L. M.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* em diferentes espécies botânicas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n.2, p. 139-145, 2003.

GUSMINI, G.; WEHNER, T. C.; DONAGHY, S. B. SAS Quant: A SAS Software Program to Estimate Genetic Effects and Heritabilities of Quantitative Traits in Populations Consisting of 6 Related Generations. **Journal of Heredity**, Stanford, v. 98, n. 4, p. 345–350, 2007.

HARE, W. W. Resistance to nematodes in pepper. **Phytopathology**, St. Paul, v. 41, n. 8, p. 16, 1951.

HAYMAN, B. I. The separation of epistatic from additive and dominance variation in generation means. **Heredity**, Stanford, v. 12, n. 1, p. 371-390, 1958.

HENDY, H.; POCHARD, E.; DALMASSO, A. Identification de deux nouvelles souches de résistance aux nématodes du genre *Meloidogyne* chez le piment, *Capsicum annuum* L. C.R. **Séances Académie d'Agriculture**, França, v. 69, p. 817-822, 1983.

HENDY, H.; POCHARD, E.; DALMASSO, A. Transmission hereditary de la resistance aux nématodes *Meloidogyne* Chitwood (Tylenchida) portée par 2 lignées de *Capsicum annuum* L., étude de descendances homozygotes issues d' androgenèse. **Agronomie**, Paris, v. 5, n. 2, p. 93-100, 1985.

HUNT, D. J.; HANDOO, Z. A. "Taxonomy, identification, and principal species". In ROLAND, N.; PERRY, M. M.; JAMES, L. S. **Root-knot Nematodes**. CAB International. p. 55–97, 2009.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Report**, St. Paul, v. 57, p. 1.025-1.028, 1973.

IEA. INSTITUTO DE ECONOMIA AGRÍCOLA. **Estatísticas de produção agropecuária paulista**, 2016. Disponível em: <http://ciagri.iea.sp.gov.br/nia1/subjetiva.aspx?cod_sis=1&idioma=1>. Acesso em: 20 maio de 2016.

ISHIKAVA, S. M. 2011. **Olerícolas para cultivo em ambiente protegido**. Disponível em: www.asbraer.org.br/arquivos/bibli/56-ca.produção.pdf. Acesso em: 20 abr. de 2016.

IWAHORI, H.; TRUC, N. T. N.; BAN, D. V.; ICHINOSE, K. First report of root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* on guava in Vietnam. **Plant Disease**, St. Paul v.93, n. 6, p. 675, 2009.

JUHÁSZ, A. C. P.; SILVA, D. J. H. D.; ZERBINI JÚNIOR, F. M.; CARNEIRO, P. C. S.; SOARES, B. O.; CRUZ, C. D. Resistance genetic basis of a wild tomato access to pepper yellow mosaic virus. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.43, n.6, p. 713-720, 2008.

KARSSSEN, G.; LIAO, J.; KAN, Z.; VAN HEESE E.Y.J; DEN NIJS L.J.M.F. On the species status of the root-knot nematode *Meloidogyne mayaguensis* Rammah & Hirschmann, 1988. **ZooKeys**, Sophia, v. 181, p. 67–77, 2012.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematodes In: PERRY, R. N.; MOENS, M. editors. **Plant Nematology**, CABI Publishing, p. 59–90, 2006.

KIM, J. S.; AHN, J.; LEE, S. J.; MOON, B.; HA, T.Y.; KIM, S. Phytochemicals and antioxidant activity of fruits and leaves of paprika (*Capsicum annuum* L., var. special) cultivated in Korea. **Journal of Food Science**, Singapore, v. 76, n. 2, p. 193-198, 2011.

KRAFT, K. H.; BROWN, C. H.; NABHAN, G. P.; LUEDELING, E.; RUIZ, J. D. J. L.; D'EECKENBRUGGE, G. C.; GEPTS, P. Multiple lines of evidence for the origin of domesticated chili pepper, *Capsicum annuum*, in Mexico. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 111, n. 17, p. 6.165-6.170, 2014.

LANDE, R. The minimum number of genes contributing to quantitative variation between and within populations. **Genetics**, Bethesda, v. 99, p. 541-553, 1981.

LIMA, I. M.; DOLINSKI, C. M.; SOUZA, R. M. Dispersão de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeiras de São João da Barra (RJ) e relato de novos hospedeiros dentre as plantas invasoras e cultivadas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n. 2, p. 257-258, 2003.

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

MARINO, R. H.; GOMES, L. A. A.; OLIVEIRA CRUZ, E. M.; SILVA, A. D. C.; BIANCHINI, F. G.; MENESES, T. N.; BLANK, A. F. Controle de *Meloidogyne incognita* raça 1 com óleo essencial de *Lippia alba*. **Scientia Plena**, Sergipe v. 8, p. 1-8, 2012.

MATHER, K.; JINKS, J. L. **Biometrical genetics**. The study of continuous variation. London: Chapman and Hall 396 p, 1982.

MELO, D. R. M. **Inoculation methods, reaction of accessions and inheritance of resistance of melon plant to *Rhizoctonia solani***. Tese (Doutorado em Agricultura Tropical) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, 101 p. 2014.

MELO, L. F.; GOMES, R. L. F.; SILVA, V. B.; MONTEIRO, E. R.; LOPES, A. C. A.; PERON, A. P. Potencial ornamental de acessos de pimenta. **Ciência Rural**, Pelotas, v. 44, n. 11, p. 2.010-2.015, 2014.

MELO, O. D. D.; MALUF, W. R.; GONÇALVES, R. J. D. S.; GONÇALVES NETO, Á. C.; GOMES, L. A. A.; CARVALHO, R. D. C. Screening vegetable crop species for resistance to *Meloidogyne enterolobii*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 46, n. 8, p. 829-835, 2011.

MIRANDA, G. B.; SOUZA, R. D.; GOMES, V. M.; FERREIRA, T. D. F.; ALMEIDA, A. M. Avaliação de acessos de *Psidium* spp. quanto à resistência a *Meloidogyne enterolobii*. **Bragantia**, Campinas, v. 71 n.1, p. 52-58, 2012.

MO, H. S.; JANG, K. S.; HWANG, J. E.; JEON, S. G.; KIM, B. S. Horticultural and chemical quality characterization of accessions selected from four species of *Capsicum*. **Horticulture, Environment, and Biotechnology**, Korean, v. 56, n. 1, p. 54-66, 2015.

MODD, A. M.; GRAYBILL, F. A.; BOES, D. C. **Introduction to the theory of statistics**. Tóquio: McGraw-Hill Kogakusha, 3. ed, 1974. 564 p.

MOREIRA, G. R.; CALIMAN, F. R. B.; SILVA, D. J. H.; RIBEIRO, C. S. C. Espécies e variedades de pimenta. **Informe Agropecuário**, EPAMIG, Belo Horizonte, v. 27, p. 16-29, 2006.

MOSCONI, E. A.; SCALDAFERRO, M. A.; GRABIELE, M.; CECCHINI, N. M.; GARCÍA, Y. S.; JARRET, R.; DAVIÑA, J. R.; DUCASSE, D. A.; BARBOZA, G. E.; EHRENDORFER, F. The Evolution of Chili Peppers (*Capsicum* – Solanaceae): a Cytogenetic Perspective. VI the International Solanaceae Conference. **Acta Horticulturae**, Korbeek-Lo, v. 745, p. 138-139, 2007.

MOURA, M. F.; MARUBAYASHI, J. M.; MITUTI, T.; GIORIA, R.; KOBORI, R. F.; PAVAN, M. A.; KRAUSE-SAKATE, R. Análise comparativa da região codificadora para a proteína capsial de isolados de PepYMV e PVY coletados em pimentão. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 38, p. 93-96. 2012.

NASCIMENTO, R. S. M.; LOPES, E. A.; SANTOS, C. E. M. D.; MAGALHÃES, V. M. B. S.; CARDOSO, J. A. Host status of progenies of yellow passion fruit to *Meloidogyne incognita* race 2. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 16, n.2, 153-157, 2016.

NOGUEIRA, D. W. **Seleção assistida por marcadores moleculares e capacidade combinatória de linhagens de pimentão com resistência múltipla a doenças**. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 83 p. 2014.

NYCZEPIR, A. P.; THOMAS, S. H. Current and Future Management Strategies In Intensive Crop Production Systems. In: PERRY, R.N.; MOENS M.; STARR, J.L (Ed.). **Root-knot Nematodes**. UK: CAB International, p. 412-435, 2009.

OLIVEIRA, C. D. **Enxertia de plantas de pimentão em *Capsicum* spp. no manejo de nematoides de galha**. 2007. 134 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

OLIVEIRA, C. D.; BRAZ, L. T.; SANTOS, J. M.; BANZATTO, D. A.; OLIVEIRA, P. R. Resistência de pimentas a nematoides de galha e compatibilidade enxerto/ porta-enxerto entre híbridos de pimentão e pimentas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 4, p. 520-526, 2009.

OLIVEIRA, R. D. L.; SILVA, R. V.; PARIZZI, P. **Análise de risco de pragas não quarentenárias regulamentadas**. 2010. Disponível em: <<http://extranet.agricultura.gov.br/sislegisconsulta/servlet/VisualizarAnexo?id=15150>>. Acesso em 05 jun. 2016.

OOSTENBRINK, M. **Major characteristics of the relation between nematodes and plants**. Mededelingen Landbouw, v. 66, p. 1-46, 1966.

PAES, V. D. S.; SOARES, P. L.; MURAKAMI, D. M.; SANTOS, J. M. D.; BARBOSA, B. F.; NEVES, S. S. Occurrence of *Meloidogyne enterolobii* on muricizeiro of (*Byrsonima cydoniifolia*). **Tropical Plant Pathology**, Viçosa, v. 37, n. 3, p. 215-219, 2012.

PEIXOTO, J. R. **Melhoramento de pimentão (*Capsicum annuum* L.) visando a resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* spp.** Doctoral thesis, Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG, Brasil, 1995.

PERRY, R. N.; MOENS, M.; STAR, J. L. **Root-Knot nematodes**. CABI, Wallingford, 475 p, 2009.

PICKERSGILL, B. Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: TSUCHIYA, T.; GUPTA P. K. **Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution**, part B. Elsevier, Amsterdam, 139-160, 1991.

PINHEIRO, B. J.; AMARO, G. B.; PEREIRA, R.B. **Ocorrência e controle de nematoides em hortaliças folhosas**. EMBRAPA, Brasília, 10p. 2010. (EMBRAPA. Circular Técnica, 89).

PINHEIRO, J. B.; BOITEUX, L. S.; ALMEIDA, M. R. A.; PEREIRA, R. B.; GALHARDO, L. C. S.; CARNEIRO, R. M. D. G. First Report of *Meloidogyne enterolobii* in *Capsicum* Rootstocks Carrying The *Me1* and *Me3/Me7* Genes in Central Brazil. **Nematropica**, Florida, v. 45, n. 2, p. 184-188, 2015.

PINHEIRO, J. B.; REIFSCHNEIDER, F. J. B.; PEREIRA, R. B.; MOITA, A. W. Reação de genótipos de *Capsicum* ao nematoide-das-galhas. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 371-375, 2014.

PODESTÁ, G. S. D. **Interação entre *Pochonia chlamydosporia* e rizobactérias no controle de *Meloidogyne javanica***, Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 73 p. 2015.

POZZOBON, M. T.; SCHIFINO-WITTMANN, M. T.; BIANCHETTI, L. B. 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**, Malden, v.151, n. 2, p. 259–269, 2006.

POZZOBON, M. T.; WITTMANN, M. T. A meiotic study of the wild and semidomesticated Brazilian species of genus *Capsicum* L. (Solanaceae). **Cytologia**, Tokio, v. 71 n.3, p. 275–287, 2006.

RAMALHO, M. A. P.; SANTOS, J. B. dos.; ZIMMERMANN, M. J. D. E. O. **Genética quantitativa em plantas autógamas: aplicações ao melhoramento do feijoeiro**. Goiânia: UFMG, 217p, 1993.

RAMMAH, A.; HIRSCHMANN, H. *Meloidogyne mayaguensis* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode from Puerto Rico. **Journal of Nematology**, Flórida, v. 20, n.1, p. 58-69, 1988.

REIFSCHNEIDER, F. J. B.; NASS, L. L.; HENZ, G. P. **Uma pitada de biodiversidade na mesa dos brasileiros**. Brasília-DF. 21 ed. 156 p. 2014.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum. Pimentas e pimentões no Brasil**. Brasília. 113p., 2000.

RESENDE, J. T. V. **Teores de açúcares mediadores da resistência a pragas e sua herança em folíolos de tomateiro, obtidos a partir do cruzamento interespecífico *Lycopersicon esculentum* x *L. pennellii***. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 1999. 56 p.

RIBEIRO, C. S. C.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. Genética e melhoramento. In: RIBEIRO, C. S. C.; LOPES, C. A.; CARVALHO, S. I. C.; HENZ, G. P.; REIFSCHNEIDER, F. J. B. **Pimentas Capsicum**. Brasília: Embrapa Hortaliças. p.55–69, 2008.

RIVA, E. M.; RODRIGUES, R.; PEREIRA, M. G.; SUDRÉ, C. P.; KARASAWA, M.; AMARAL JÚNIOR, A. T. Inheritance of bacterial spot disease in *Capsicum annuum* L. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 4, n. 4, p. 490-494, 2004.

ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. *Meloidogyne enterolobii* reproduction on vegetable crops and plants used as green manure. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 46, n. 4, p. 826-835, 2015.

ROSA, J. M. O.; WESTERICH, J. N.; WILCKEN, S. R. S. Reação de híbridos e cultivares de milho a *Meloidogyne enterolobii* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 36, p. 10-14, 2012.

SAKATA Seeds Sudameria Ltda, 2012. Disponível em: <http://www.sakata.com.br/index.php?action=catalogo&cultura=4&produto=1098&language=pt>. Acessado em: 03 dez. 2015.

SANTOS FILHO, H.P.; JUNQUEIRA, N.T.V. (Ed.). **Maracujá: fitossanidade**. EMBRAPA INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA, Brasília, p.49–55, 2003.

SANTOS H. S. Histórico da enxertia em Hortaliças: utilização e pesquisa. In: GOTO, R.; SANTOS, H.S.; GAÑIZARES K. A. L. (eds). **Enxertia em hortaliças**. São Paulo: UNESP, cap. 2. p.11-14, 2003.

SANTOS, H. S.; WILCKEN, S. R. S.; GOTO, R. Reprodução de *Meloidogyne incognita* raça 2 em diferentes porta-enxertos de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 26, n. 2, p. 209-211, 2002.

SAS INSTITUTE INC. SAS/STAT®. User's Guide. Cary, NC: SAS Institute Inc. 8640. Scott JW, Jones JB (1989) Inheritance of resistance to foliar bacterial spot of tomato incited by *Xanthomonas campestris* pv. *vesicatoria*. **Journal of the American Society Horticultural Science**, Charleston, v. 114, p. 111-114, 2011.

SEDIYAMA, M. A. N.; VIDIGAL, S. M.; JACOB, L. L. Nutrição e produtividade de plantas de pimentão colorido, adubadas com biofertilizante de suíno. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 6, p. 588-594, 2014.

SILVA NETO, J. J. D.; RÊGO, E. R. D.; NASCIMENTO, M. F.; SILVA FILHO, V. A. L.; ALMEIDA NETO, J. X. D.; RÊGO, M. M. D. Variability in a base population of pepper (*Capsicum annuum* L.). **Revista Ceres**, Viçosa, v. 61, n. 1, p. 84-89, 2014.

SILVA, C.; SILVA, R. A.; VALE, W. G.; MELLO, A. C. T. Reação de cultivares de girassol (*Helianthus annuus* L.) A *Meloidogyne incognita* raça 3 e *Meloidogyne javanica*. **Global Science and Technology**, Rio Verde, v. 7, n. 1, 2014.

SILVA, W.P. **Estimadores de máxima verossimilhança em misturas de densidades normais**: uma aplicação em genética. 2003. 60p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras, Lavras. Disponível em: <<http://www.posgrad.ufla.br/ASP/Teses/pesquisa.asp>>. Acesso em: 15 jul. 2016.

SOARES, P. L. M.; BARBOSA, B. F. F.; BECARO, C. K.; GIMENES, R.; FERRAZ, M. P. S.; SANTOS, J. M.; BARBOSA, J. C.; MÚSCARI, A. M. Estudo do controle biológico de *Meloidogyne incognita* na produção comercial de pimentão cv. 'Margarita' em ambiente protegido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 26. 2006, Rio de Janeiro. **Anais...** Brasília: Sociedade Brasileira de Nematologia, p. 65. Resumo 18, 2006.

SOBRINHO-SOUZA, F.; MALUF, W. R.; GOMES, L. A. A.; CAMPOS, V. P.; Inheritance of resistance to *Meloidogyne incognita* race 2 in the hot pepper cultivar Carolina Cayenne (*Capsicum annuum* L.). **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 1, n. 3, p. 271-279, 2002.

SOUSA, W. R. D. N.; LOPES, A. C. D. A.; CARVALHO, R. D.; GOMES, R. L. F.; PERON, A. P. Karyotypic characterization of *Capsicum* sp. accessions. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.37, n.2, 147-153, 2015.

SOUZA SOBRINHO, F. S. **Herança da reação de resistência à raça 2 de *Meloidogyne incognita* na pimenta *Capsicum annuum* L. cv. Carolina Cayenne**. 1998. 56 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

SOUZA, R. M.; NOGUEIRA, M. S.; LIMA, I. M.; MELARATO, M.; DOLINSKI, C. M. Management of the guava root-knot nematode in São João da Barra, Brazil, and report of new hosts. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 2, p. 165-169, 2006.

STARR, J. L.; MERCER, C. F. Development of Resistant Varieties. In: PERRY R.N.; MOENS M.; STARR J.L (Ed.). **Root-knot Nematodes**. UK: CAB International, p.326-335, 2009.

SUDRÉ, C. P.; GONÇALVES, L. S. A.; ROFRIGUES, R.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; RIVA-SOUZA E. M.; BENTO, C. S. Genetic variability in domesticated *Capsicum* spp. as assessed by morphological and agronomic data in mixed statistical analysis. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 9, n.1, p. 283-294, 2010.

SYNGENTA. **Pimentão Snooker**: Porta Enxerto. 2012. Disponível em: <http://www.syngenta.com/country/br/pt/produtosemarcas/sementes/vegetais/Pages/pimentao-snookerporta-enxerto.aspx>. Acessado em: 03 dez. 2015.

TAYLOR, A. L.; NETSCHER, C. An improved technique for preparing perineal patterns of *Meloidogyne* spp. **Nematologica**, New Orleans, v. 20, n. 2, p. 268-269, 1974.

TORRES, G.R.C.; MEDEIROS, H.A.; SALES JÚNIOR, R.; MOURA, R.M. *Meloidogyne mayaguensis*: novos assinalamentos no Rio Grande do Norte associados à goiabeira. **Caatinga**, Mossoró, v. 20, n. 2, p.106-112, 2007.

TRANI, P. E.; PASSOS, F. A.; AZEVEDO FILHO, J. A. Berinjela, jiló, pimenta-hortícola e pimentão. In: RAIJ, B. Van. CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendação de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 173, 1997 (Boletim Técnico, 100).

VENCOVSKY, R.; BARRIGA, P. **Genética biométrica no fitomelhoramento**. Ribeirão Preto: Sociedade Brasileira de Genética, 1992. 496p.

VILLELA, J. C.; BARBIERI, R. L.; CASTRO, C. M.; NEITZKE, R. S.; VASCONCELOS, C. S.; CARBONARI, T.; PRIORI, D. Molecular characterization of landraces of peppers (*Capsicum baccatum*) with SSR markers. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 2, p. 131-137, 2014.

VOLPE, C. A. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, UNESP - Câmpus de Jaboticabal (**Comunicação pessoal**), 2005.

WARNER, J. N. A method for estimating heritability. **Agronomy Journal**, Madison, v. 44, p. 427-430, 1952.

WESTERICH, J. N.; ROSA, J. M. O.; WILCKEN, S. R. S. Estudo comparativo da biologia de *Meloidogyne enterolobii* (*M. mayaguensis*) e *Meloidogyne javanica* em tomateiros com gene *Mi*. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 37, n. 1, p. 35-41, 2011.

WILCKEN, S. R. S.; ROSA, J. M.; WESTERICH, J. N.; GARCIA, M. J. D. M.; CARDOSO, A. I. I. Reproduction of *Meloidogyne enterolobii* in rootstocks and cucumber hybrids. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.31, n.4, p. 618-621, 2013.

WILLERS, P. First record of *Meloidogyne mayaguensis* Rammah and Hirschmann, 1988: Heteroderidae in commercial crops in the Mpumalanga Province, South Africa. In: **ligtings bulletin Instituut vir Tropiese en Subtropiese Gewasse**, v. 294, p.19-20, 1997.

WRIGHT, S. The genetics of quantitative variability. In: WRIGHT, S. **Evolution and genetics of populations**. Chicago University of Chicago Press v. 1, p. 373-420, 1968.

XU, J.; LIU, P.; MENG, Q.; LONG, H. Characterization of *Meloidogyne* species from China using isozyme, phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism. **European Journal of Plant Pathology**, GX Dordrecht, v. 110, n. 3, p. 309- 315, 2004.

YANG, B.; EISENBACK, J. D. *Meloidogyne enterolobii* sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitising pacara earpod tree in China. **Journal of Nematology**, College Park, v. 15, n. 3, p. 381-391, 1983.

ZAMORA, E.; BOSLAND, P. W. 'Carolina Cayenne' as a source of resistance to *Meloidogyne incognita* races 1, 2, 3, 4. **HortScience**, Alexandria, v. 29, n. 10, p. 1.184-1.185, 1994.

ZHUO, K.; HU, M.X.; LIAO, J.L. First report of *Meloidogyne enterolobii* on arrowroot in China. **Plant Disease**, St. Paul, v. 94, n. 3, p. 271, 2010.