

**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
DOUTORADO EM MELHORAMENTO GENÉTICO DE PLANTAS**

ANA MARIA MACIEL DOS SANTOS

**METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE COENTRO
VISANDO MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne*
incognita RAÇA 1**

**Recife - PE
Julho de 2018**

ANA MARIA MACIEL DOS SANTOS

**METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE COENTRO
VISANDO MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne*
incognita RAÇA 1**

Tese apresentada à Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas”, para obtenção do título de Doutora.

Orientador: Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho

Coorientador (a): Prof. Dr. Dimas Menezes
Prof. Dra. Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho

Recife- PE

2018

ANA MARIA MACIEL DOS SANTOS

**METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE COENTRO
VISANDO MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne*
incognita RAÇA 1**

Tese defendida e aprovada pela banca examinadora em 31/07/2018:

ORIENTADOR:

Prof. Dr. José Luiz Sandes de Carvalho Filho
(DEPA - UFRPE)

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Kleyton Danilo da Silva Costa
(IFAL - PIRANHAS)

Prof. Dr. Gerson Quirino Bastos
(DEPA - UFRPE)

Prof. Dr. Péricles de Albuquerque Melo Filho
(DEPA - UFRPE)

Prof. Dr. Antonio Francisco de Mendonça Júnior
(DEPA - UFRPE)

Dedico a Deus, a minha amada irmã Priscila, minha querida prima e irmã Renata que sempre buscou me tranquilizar e ofertar ótimos momentos de descontração, meu namorado Rafael pelo carinho e apoio, meu orientador por toda a paciência e suporte, amigos que tanto me apoiaram, meus familiares e a todos que mesmo distantes sempre torceram pelas minhas conquistas...

O homem faz seus projetos, mas a resposta vem de Deus.

A pessoa pode achar que sua conduta é certa, mas é Deus quem examina as consciências.

Confie a Deus o que você faz, e seus projetos se realizarão.

Deus faz tudo para uma finalidade, até mesmo o injusto para o dia da desgraça.

Deus detesta o orgulhoso, que certamente não ficará sem castigo.

Com amor e fidelidade apaga-se a culpa, e com o temor de Deus se evita o mal.

Quando aprova a conduta de alguém, Deus o reconcilia até mesmo com os inimigos.

Mais vale pouco com justiça, do que muitos ganhos violando o direito.

O homem planeja o seu caminho, mas é Deus quem lhe dirige os passos.

...

(Provérbios, 16)

AGRADECIMENTOS

Agradeço,

A Deus, por ter me dado o privilégio da vida, me amar, sempre estar comigo, me dar sabedoria e entendimento e todas as coisas que tenho a oportunidade de vivenciar!

A minha amada e querida irmã Priscila, pessoa maravilhosa!

Aos meus pais, por tudo que fizeram por mim.

A minha prima e irmã Renatinha que a cada dia tem buscado fazer parte de mim!

Ao meu namorado Rafael por ser alguém em quem posso me confortar e tranquilizar!

A minha amada tia Matilde, por representar para mim um refúgio, que posso me aconchegar, por me compreender e me amar tanto.

O tio Ronivaldo e minha prima e irmã Lidiana por todo o apoio e carinho.

Ao meu tio Manassés, por todo apoio e confiança.

Aos meus irmãos e todos os familiares que sempre me apoiam e torcem por minhas realizações.

Ao meu amigo, irmão e companheiro Kleyton Danilo, pessoa de valor inestimável que tive o privilégio de conhecer.

A minha querida amiga Cristina, uma pessoa surpreendente, que passou a fazer parte de minha vida.

Aos colegas da UFRPE: Stella, Taciana, Tâmara, Kessyana, Lindomar, João, Fabian, Ricardo, Adônis, Islan, Djayran, Gersia, Carla, Antônio, Bianca, Vinícios, e todos os demais, pela amizade e pelos momentos de descontração.

Aos estagiários Erik, Élide, Jordana, Wesley, Rayhony, Juliana, Wagner e Gabriel por toda a contribuição e companheirismo.

A PNPJ Jacqueline Wanessa por toda a contribuição no trabalho.

Aos Professores do mestrado e doutorado Edson Silva; Francisco Oliveira; Gerson Quirino; José Luiz Sandes, Luísa, Pérciles, Valderéz Matos, Vivian Loges, Dimas Menezes, José Wilson, Carlos Antônio, Geysa e Rosimar

pelos ensinamentos e dedicação ao Programa de Melhoramento Genético de Plantas da UFRPE.

A professora Vivian Loges pelo apoio, carinho e espaço para realização de parte do experimento.

Ao professor Gerson Quirino, por todos os ensinamentos e conselhos.

Ao professor José Luiz Sandes de Carvalho Filho pela amizade, dedicação, confiança, paciência e orientação!

Ao professor Dimas Menezes pela amizade, carinho, ensinamentos e coorientação!

A professora Rejane Rodrigues da Costa Carvalho pela amizade, carinho e coorientação!

Ao professor Levy Paes por todos os ensinamentos!

Aos professores participantes da banca examinadora pelas contribuições.

À secretária Bernadete pela atenção, carinho e amizade.

Aos meninos da horta: Batistinha, Henrique, Davi e todos os demais, que são pessoas maravilhosas que contribuem imensamente na condução dos trabalhos de campo, além do carinho e amizade!

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que foi e sempre será minha casa, lugar que me sinto bem em estar, onde adquirei muito conhecimento e tenho a oportunidade de conhecer pessoas maravilhosas!

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de doutorado.

A todos que fizeram parte da realização desta etapa de minha vida. Muitíssimo obrigada!

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

METODOLOGIA PARA MELHORAMENTO GENÉTICO DO COENTRO VISANDO RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Tabela 1. Características físicas e químicas dos substratos Substrato comercial, Substrato comercial + fibra de coco e solo + areia + húmus.....55

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos caracteres incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) em cultivares de coentro, inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 1.....57

Tabela 3. Teste de agrupamento de Scott-Knott para a incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR), para a avaliação de cultivares de coentro em casa de vegetação para resistência ao *M. incognita* raça 1. Recife, UFRPE, 2016.....58

Tabela 4. Regressões, coeficientes de determinação (R^2) e estimativas dos tamanhos ótimos de parcelas (X_o) para cultivares de coentro, em casa de vegetação inoculadas com *M. incognita* raça 1.....65

CAPÍTULO III

REAÇÃO DE CULTIVARES DE COENTRO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE INÓCULO DE *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos caracteres incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e

fator de reprodução (FR) em cultivares de coentro, inoculadas com diferentes concentrações de *Meloidogyne incognita* raça 1.....79

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos caracteres porcentagem de plântulas emergentes (PPE), porcentagem de plantas sobreviventes (PPS) e comprimento do sistema radicular (CSR) em cultivares de coentro, inoculadas com diferentes concentrações de *Meloidogyne incognita* raça 1.....80

Tabela 3. Teste de agrupamento de Scott-Knott para as variáveis porcentagem de plântulas emergentes (PPE), porcentagem de plantas sobreviventes (PPS), comprimento do sistema radicular (CSR), incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) em cultivares de coentro em casa de vegetação inoculadas com diferentes concentrações de *M. incognita* raça 1.....80

CAPÍTULO IV

VIABILIDADE POLÍNICA, PRODUÇÃO DE FRUTOS E REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE COENTRO PARASITADOS POR *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Tabela 1. Meios utilizados visando à germinação dos grãos de pólen de coentro in vitro.....99

Tabela 2. Resumo da análise de variância do número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de plantas (NP), número de frutos (NF) e peso de 100 frutos (PF) em duas cultivares de coentro inoculadas com seis concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1.....102

Tabela 3. Teste de Scott-Knott do número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de plantas (NP), número de frutos (NF) e peso de 100 frutos

(PF) em duas cultivares de coentro inoculadas com seis concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1, cultivadas em casa de vegetação..102

Tabela 4. Resumo da análise de variância da porcentagem de grãos de pólen corados de duas cultivares de coentro inoculadas com quatro concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1.....106

Tabela 5. Teste de Scott-Knott da porcentagem de grãos de pólen corados, com dois corantes, de duas cultivares de coentro inoculadas com quatro concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1, cultivadas em casa de vegetação.....107

CAPÍTULO V

PARÂMETROS GENÉTICOS E REAÇÃO DE POPULAÇÃO DE COENTRO AO *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Tabela 1. Resumo da análise de variância do número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) de duas cultivares e 49 progênes de coentro inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 1.....121

Tabela 2. Teste de agrupamento de Scott-Knott e reação de duas cultivares e 49 progênes de coentro ao *M. incognita* raça 1, para as variáveis número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).....122

Tabela 3. Parâmetros genéticos estimados para os caracteres número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).....125

Tabela 4. Coeficientes de correlação fenotípica, genética e ambiental para os caracteres número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).....	127
---	-----

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO III

REAÇÃO DE CULTIVARES DE COENTRO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE INÓCULO DE *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Figura 1. Desenvolvimento do sistema radicular de cinco cultivares de coentro inoculadas com diferentes concentrações de inóculo (NO). A) 0 ovos/planta; B) 1.000 ovos/planta; C) 2.000 ovos/planta; D) 4.000 ovos/planta; E) 8.000 ovos/planta; F) 16.000 ovos/planta.....83

Figura 2. Sintoma de necrose na base do caule: a) planta da cultivar Tabocas inoculada com 8.000 ovos/planta; b) planta da cultivar Palmeira inoculada com 16.000 ovos/planta.....85

Figura 3. Fator de reprodução (FR) e número de galhas no sistema radicular (NGSR) de plantas de cinco cultivares de coentro, aos 30 dias após inoculação, em função de diferentes concentrações de inóculo.....86

CAPÍTULO IV

VIABILIDADE POLÍNICA E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE COENTRO INOCULADOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Figura 1. Plantas de coentro da cultivar Verdão e HTV Dom Luiz, aos 30 dias após a inoculação com diferentes concentrações de inóculo de *M. incognita* raça 1. A) 0 ovos/planta; B) 1.000 ovos/planta; C) 2.000 ovos/planta; D) 4.000 ovos/planta; E) 8.000 ovos/planta.....101

Figura 2. Número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de frutos (NF) e peso de frutos de plantas das cultivares Verdão e HTV Dom Luiz, em função de diferentes concentrações de inóculo.....104

Figura 3. Grãos de pólen de coentro corados com diferentes corantes. Solução de Alexander, A) grão de pólen viável, B) grão de pólen inviável. Carmim acético, C) grão de pólen viável, D) grão de pólen inviável. Solução de tetrazólio, E) grão de pólen inviável.....105

Figura 4. Avaliação do desenvolvimento do tubo polínico em cultivo in vitro. A) Ausência da emissão do tubo, resultado obtido para a maioria dos meios testados; B) início do desenvolvimento do tubo polínico, resultado obtido nos meios G, I e J; C) alongamento do tubo polínico, observado no meio C.....108

LISTA DE ABREVIATURAS

FR	Fator de reprodução
IG	Incidência de galhas
NGSR	Número de galhas no sistema radicular
NO	Número de ovos
SAH	Solo + areia + húmus
SC	Substrato comercial (Basaplant [®])
SCP	Substrato comercial (Basaplant [®]) + pó de coco

SUMÁRIO

RESUMO.....	XVIII
ABSTRACT.....	XXI
CAPITULO I.....	23
1. INTRODUÇÃO	24
2. REFERENCIAL TEÓRICO	25
2.1 CONSIDERAÇÕES GERAIS SOBRE A CULTURA DO COENTRO.....	25
2.2 OS NEMATOIDES DAS GALHAS	30
2.3 TIPOS DE RECIPIENTES E SUBSTRATO UTILIZADOS NA AVALIAÇÃO DA REAÇÃO DE ESPÉCIES CULTIVADAS AOS NEMATOIDES DAS GALHAS	32
2.4 CONCENTRAÇÃO DO INÓCULO.....	33
2.5 NÚMERO DE PLANTAS POR PARCELA EXPERIMENTAL	34
2.6 MELHORAMENTO GENÉTICO DO COENTRO NO BRASIL	37
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	41
CAPITULO II.....	49
METODOLOGIA PARA MELHORAMENTO GENÉTICO DO COENTRO VISANDO RESISTÊNCIA AO <i>Meloidogyne incognita</i> RAÇA 1.....	49
RESUMO.....	50
ABSTRACT.....	51
INTRODUÇÃO	52
MATERIAIS E MÉTODOS	54
RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	57
CONCLUSÕES	66
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	67
CAPÍTULO III.....	72
REAÇÃO DE CULTIVARES DE COENTRO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE INÓCULO DE <i>Meloidogyne incognita</i> RAÇA 1	72

RESUMO.....	73
ABSTRACT.....	74
INTRODUÇÃO.....	74
MATERIAIS E MÉTODOS.....	76
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	78
CONCLUSÕES.....	88
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	89
CAPITULO IV.....	93
VIABILIDADE POLÍNICA E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE COENTRO INOCULADOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE <i>Meloidogyne incognita</i> RAÇA 1.....	93
RESUMO.....	94
ABSTRACT.....	94
INTRODUÇÃO.....	95
MATERIAIS E MÉTODOS.....	97
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	100
CONCLUSÕES.....	109
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	111
CAPITULO V.....	115
PARÂMETROS GENÉTICOS E REAÇÃO DE POPULAÇÃO DE COENTRO AO <i>Meloidogyne incognita</i> RAÇA 1.....	115
RESUMO.....	116
ABSTRACT.....	117
INTRODUÇÃO.....	118
MATERIAIS E MÉTODOS.....	119
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	129

CONSIDERAÇÕES FINAIS133

PRINCIPAIS CONCLUSÕES 133

**METODOLOGIAS PARA SELEÇÃO DE GENÓTIPOS DE COENTRO
VISANDO MELHORAMENTO PARA RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne
incognita* RAÇA 1**

RESUMO

Devido à importância da identificação e/ou obtenção de genótipos de coentro resistentes aos nematoides das galhas, a tese objetivou propor metodologia que possa viabilizar tal processo e avaliar a reação de genótipos ao ataque do patógeno. Foram realizados quatro experimentos em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco. No primeiro experimento, avaliaram-se cinco cultivares de coentro - Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz -, manejadas em três tipos de recipientes - copo 400 mL, bandeja de 128 células e tubete de 116 mL - e três tipos de substratos – substrato comercial (SC), substrato comercial + pó de coco (SCP) e solo + areia + húmus (SAH) -, inoculadas aos 15 dias após a semeadura com 1.200 ovos por planta de *Meloidogyne incognita* raça 1, conduzidas em delineamento de blocos casualizados (DBC) com três repetições em arranjo de parcela subdividida e parcela experimental composta por 20 planta. Aos 45 dias após a inoculação, quantificou-se a incidência de galhas (IG), o número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (FR) e estimativa do fator de reprodução (FR) do patógeno, para cada planta. O segundo trabalho verificou o comportamento de cinco cultivares de coentro - Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz - inoculadas na semeadura com diferentes concentrações de inóculo de *M. incognita* raça 1 (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 ovos/planta), visando avaliar porcentagem de plântulas emergentes (PPE), porcentagem de plantas (PP), comprimento de raiz (CSR), IG, NGSR, NO e FR aos 30 dias após a inoculação, em experimento conduzido no delineamento inteiramente casualizado (DIC) com três repetições e parcela experimental composta por quatro planta. No terceiro experimento buscou-se verificar o número de galhas aos 30 dias após a inoculação, a sobrevivência de plantas até a fase reprodutiva, viabilidade polínica e produção de frutos em

plantas de coentro de duas cultivares - Verdão e HTV Dom Luiz - inoculadas na semeadura com seis concentrações de inóculo de *M. incognita* raça 1 (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 ovos/célula); avaliadas em DBC com 4 repetições e parcela experimental composta por uma planta. Finalizando, o quarto experimento verificou a eficiência da inoculação com 1.000 ovos/célula de *M. incognita* raça 1 na semeadura e avaliação aos 30 dias após a inoculação na diferenciação de 51 genótipos de coentro, por meio da quantificação do NGSr, NO, FR e parâmetros genéticos estimados; em DBC com 4 repetições e parcela composta por oito plantas. A partir dos dados obtidos verificou-se que o uso de bandeja de 128 células com o SC, parcela experimental constituída por oito plantas e concentração de inóculo com 1.000 ovos/planta é a metodologia mais indicada, por possibilitar um bom desenvolvimento do sistema radicular e classificar corretamente os genótipos por meio do FR. A presença do patógeno não influenciou na viabilidade polínica, com base nos resultados obtidos para os corantes Carmim acético e Alexander. O tetrazólio e os meios de germinação de pólen in vitro não foram eficientes na identificação da viabilidade polínica. A inoculação de 1.000 – 4.000 ovos/planta, na semeadura, não influenciou na produção de frutos nas plantas sobreviventes das cultivares Verdão e HTV Dom Luiz, possibilitando a inoculação na semeadura, avaliação do NGSr após 30 dias da inoculação e seleção entre e dentro de progênies com recombinação das plantas selecionadas. Com base na herdabilidade, que variou de 75,91 (NGSR) – 96,72 (NO), na relação CV_g/CV_a , de 2,71 para fator de reprodução e de 0,89 para o número de galhas no sistema radicular, e nas correlações genéticas acima de 0,80 indica-se a seleção com base no NGSr nos ciclos iniciais do programa de melhoramento genético do coentro para resistência ao *M. incognita* raça 1, por permite realizar a recombinação dos indivíduos selecionados no mesmo ciclo, reduzindo o tempo para obtenção de uma nova população melhorada e reiniciando um novo ciclo de seleção recorrente de progênies de meios-irmãos. Além disso, foi possível constatar que a inoculação na semeadura e avaliação aos 30 dias foi eficiente na diferenciação de

cultivares e progênies avaliadas, por meio da sintomatologia causada pela infecção do patógeno, possibilitando a seleção de 12 progênies superiores.

Palavras-chave: nematoides das galhas, *Coriandrum sativum* L., recipientes, substrato, nível de inóculo, viabilidade polínica.

METODOLOGIES FOR SELECTION OF CORIANDER GENOTYPES AIMING FOR IMPROVEMENT IN RESISTENCE FOR *Meloidogyne incognita* RACE 1

ABSTRACT

Due to the importance of identification and/or attainment of genotypes of coriander resistant to root-knot nematoid, this work aimed on proposing a methodology that could make viable such process and to evaluate the reactions of genotypes to the pathogen's attack. Four experiments were carried out in a greenhouse at the Federal Rural University of Pernambuco. In the first experiment, it was evaluated five cultivars of coriander – Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz –, handled in three types of recipient – 400ml beaker, a tray of 128 cells and a 116ml tube – and three types of substrate – commercial substrate (CS), commercial substrate + coconut powder (CSP) and soil + sand + hummus (SSH) -, inoculated 15 days after seeding with 1,200 eggs per *Meloidogyne incognita* race 1 plant, conducted in a randomized block design (RBD) with three replications in a split-plot arrangement and experimental plot composed by 20 plants. 45 days after the inoculation, it was quantified the incidence of galls (IG), the number of galls in the root system (NGRS), the number of eggs (NE) and estimation of reproduction factor (RF) for each plant. The second work verified the behavior of five cultivars of coriander – Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz – inoculated at the seeding with different concentrations of *M. incognita* race 1 eggs (0; 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 and 16,000 eggs/plant), aiming to evaluate the percentage of emerging seedlings (PES), percentage of plants (PP) length of root (CSR), IG, NGRS, NE and RF 30 days after the inoculation, this experiment was conducted using a completely randomized design (CRD) with three replications and experimental plot composed by four plants. In the third experiment, we tried to verify the number of galls 30 days after the inoculation, the survival of the plant until the reproductive phase, the pollen viability and the fruit production in coriander plants from two cultivars – Verdão e HTV Dom Luiz – inoculated at the seeding with six different concentrations of *M. incognita* race 1 inoculum(0,

1,000, 2,000, 4,000, 8,000 and 16,000 eggs/cell); they were evaluated in RBD with four replications and an experimental plot composed by one plant. The fourth, and final, experiment verified the inoculation efficiency with 1,000 eggs/cell of *M. incognita* race 1 at the seeding and evaluation 30 days after the inoculation in the differentiation of 51 genotypes of coriander through the quantification of NGRS, NE, RF and estimated genetic parameters; RBD with four replications and experimental plot composed by eight plants. From the data attained we verified that the use of 128 cells tray with CS, experimental plot composed by eight plants and concentration of inoculum of 1,000 eggs/plant is the most indicated methodology since it allows a good development of the root system and to correctly classify the genotypes through the RF. The presence of the pathogen did not influence the pollen viability based on the results gathered from the Carmine Acetic and Alexander staining. Tetrazolium test and the in vitro pollen germination methods were not efficient in the identification of pollen viability. The inoculation of 1,000 – 4,000 eggs/plant, at the seeding, did not influence on the fruit production of the surviving plants of Verdão and HTV Dom Luiz cultivars, allowing the inoculation at the seeding, evaluation of NRRS 30 days after the inoculation and selection between and within the progenies with recombination of selected plants. According to the heritability, which varied of 75.91 (NGRS) – 96.72 (NE), on the CV_g/CV_a , of 2.71 for the reproduction factor and of 0.89 for the number of galls in the root system, and in the genetic correlations above 0.80 we indicate a selection based on NGRS in the initial cycles of the program of genetic improvement of coriander for the *M. incognita* race 1 resistance, that enables to perform a recombination of individuals selected in the same cycle, reducing the time to attain a new improved population and reinitiating a new cycle of recurrent selection of half-siblings progenies. Besides that, it was possible to determine that the inoculation at seeding and evaluation 30 days after was efficient in the differentiation of cultivars and progenies studied through the symptomatology caused by the pathogen's infection, allowing a selection of 12 superior progenies.

Keywords: root-knot nematoid, *Coriandrum sativum* L., recipients, substrate, inoculum level, pollen viability.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

CAPITULO I

INTRODUÇÃO E REFERENCIAL TEÓRICO

1. INTRODUÇÃO

O coentro é uma das hortaliças mais cultivadas na região Nordeste do Brasil (PINHEIRO & PEREIRA, 2016), possuindo grande importância socioeconômica com muitos produtores envolvidos em sua exploração (SOUSA et al., 2011) durante todo o ano. Por ser uma cultura anual de ciclo curto, com cultivares precoces como a Verdão cuja colheita ocorre em torno de 30 – 40 dias, possibilita rápido retorno econômico ao agricultor. As folhas e frutos são utilizados na culinária na composição de pratos e saladas; sendo a planta importante matéria prima na indústria farmacêutica e química.

Dentre os fatores bióticos que podem comprometer a produção do coentro há os nematoides: o *Rotylenchulus reniformis* que causa um acentuado nanismo nas plantas associado com clorose foliar que resulta em necrose nas bordas das folhas; e os nematoides do gênero *Meloidogyne* que induzem a formação de galhas nas raízes das plantas, comprometendo a capacidade de absorção de água e nutrientes o que causa deficiência nutricional, amarelecimento e nanismo, nos indivíduos parasitados (REIS & LOPES, 2016). O *M. incognita* (Kofoid e White) Chitwood raça 1 é a principal espécie de nematoides das galhas que ataca a cultura do coentro, apresentando atividade durante todo o ano em climas quentes e solos úmidos onde o juvenil de segundo estágio (J2) infectam as raízes do coentro (PINHEIRO & PEREIRA, 2016).

O controle do patógeno deve ser realizado pela integração de várias medidas sendo as principais: prevenção, rotação de culturas, alqueive, uso de plantas antagonistas, eliminação de restos culturais e tigueras, eliminação de plantas daninhas, uso da manipueira, utilização de matéria orgânica, solarização, controle biológico e uso de cultivares resistentes (PINHEIRO & PEREIRA, 2016). A resistência aos nematoides das galhas deve ser foco de programas de melhoramento genético do coentro no país (OLIVEIRA, 2013), pois embora haja no Brasil mais de 40 cultivares de coentro registradas no MAPA, pouco se conhece a respeito da reação destas aos nematoides das galhas (PINHEIRO & PEREIRA, 2016) sendo escassos os trabalhos de caracterização da resistência de coentro a *M. incognita* (DINIZ et al., 2018).

A utilização de metodologia que seja capaz de identificar a variação genética entre os genótipos em estudo para resistência ao nematoide das galhas é etapa fundamental aos programas de melhoramento, pois a metodologia interfere na reação dos genótipos em estudo, tendo como exemplo, o observado por Machado et al. (2015) avaliando mudas de cafeeiro cultivadas em vasos de 700 mL e inoculadas com diferentes concentrações de *M. incognita* (1, 2, 4, 8 e 16 ovos/cm³), sendo os maiores FR obtidos nas menores densidades populacionais do patógeno.

Desta forma, diversos fatores – concentração de inóculo; tipo de recipiente; tipo de substrato; tamanho de parcela experimental; entre outros - devem ser estudados a fim de se estabelecer uma metodologia capaz de expressar a variabilidade e a informação de dados os mais precisos possíveis, visando a expressão do real potencial genético dos indivíduos avaliados, evitando erros e conseqüentemente, comprometimento do processo seletivo efetuado pelo melhorista.

Devido a ausência de metodologia voltada a avaliação e seleção de genótipos de coentro visando a resistência ao *M. incognita* raça 1, foi realizado o presente estudo, buscando indicar uma metodologia a ser utilizada em programas de melhoramento genético do coentro, além de verificar a reação de genótipos ao patógeno a fim de identificar materiais superiores que possam ser fonte de resistência.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Considerações gerais sobre a cultura do coentro

O coentro (*Coriandrum sativum*) é uma espécie, possivelmente, originada da região situada entre a parte oriental da bacia do Mediterrâneo e o Cáucaso (ALMEIDA, 2006). A planta é herbácea e anual, com ciclo fenológico de 90 – 120 dias. Possui um sistema radicular bastante ramificado, apresenta heterofilia, sendo folhas dispostas em roseta onde as inferiores são normalmente ovadas e as superiores são recortadas, de cor verde-pálida (DIEDERICHSEN, 1996). Na fase vegetativa, a planta apresenta de 30 a 50 cm de altura podendo chegar até um metro.

Na fase reprodutiva, ocorre o desenvolvimento do caule cilíndrico, oco e ramificado de onde surgem as inflorescências, do tipo umbelas, compostas por três a dez raios que sustentam umbeletas que possuem de dez a vinte flores cada, cujas flores são pequenas com corola branca ou rosada (ALMEIDA, 2006), sendo as presentes no interior das umbeletas as estaminadas. As umbeletas de ordem superior geralmente contêm mais flores estaminadas do que as primeiras, e seu período de floração é mais curto (DIEDERICHSEN, 1996). As flores masculinas ocorrem misturadas as hermafroditas em toda a inflorescência do coentro, sendo a diferenciação dos dois tipos de flores considerada como um fenômeno epigenético (SINGH & RAMANUJAM, 1973).

A planta é alógama e a polinização é realizada por insetos (ALMEIDA, 2006). Semelhante a outras espécies da família Umbelliferae, o coentro é diploide com cariótipo constituído por 11 pares de cromossomos homólogos, $2n = 22$ (CAPRARU et al., 2006).

O fruto é um esquizocarpo globular estriado (ALMEIDA, 2006), compostos por duas sementes, que, dentre os constituintes, têm-se os óleos essenciais, em que o linalol tem a maior porcentagem, correspondendo a 73,11% (ZOUBIRI & BAALIOUAMER, 2010).

O coentro é cultivado em praticamente todos os países do mundo, sendo os maiores produtores a China, Índia e a antiga União Soviética, sendo a maior parte da produção voltada ao abastecimento dos mercados locais. O México é o maior produtor e exportador nas Américas, sendo os EUA, Canadá e alguns países da europeus os maiores consumidores (REIS & LOPES, 2016).

O mercado mundial de sementes de hortaliças movimentava em torno de U\$ 4,6 bilhões, formado pela cadeia de empresas pesquisadoras, traders internacionais, multiplicadoras, distribuidoras e revendedoras. Mais de 70% da comercialização de sementes de hortaliças ocorre na Ásia e na Europa, o que se pode atribuir à grande população, no caso da Ásia, e ao uso das sementes com maior potencial genético, no caso da Europa. Este mercado normalmente é dividido em seis grandes segmentos: o das solanáceas; bulbos e raízes; brássicas; sementes grandes; cucurbitáceas e folhosas, cujas principais são espinafre, alface e coentro (ABRASEM, 2014).

Já o mercado nacional de sementes está estimado em aproximadamente R\$ 10 bilhões, com uma indústria de sementes bastante sólida e robusta ficando atrás apenas dos Estados Unidos e China. Sendo verificado um crescimento e uma maior profissionalização de um segmento de grande importância como o mercado de sementes de forrageiras e de olerícolas, que atualmente representam 11% e 6% do mercado de sementes total, respectivamente (ABRASEM, 2015).

No Brasil, o coentro está entre as 12 hortaliças – alface, tomate, batata, alho, cenoura, beterraba, abóbora, cebola, abobrinha, pimentão, couve-flor e coentro - que hoje tem maior participação no mercado nacional com tendência de crescimento para os próximos anos. Com área de plantio de 73.938 hectares e produtividade de 15 t/ha, a produção em 2016 foi de 1.109.063 toneladas. O faturamento com a produção de sementes e mudas foi de \$10,99 e \$243,57 milhões de dólares, respectivamente (GARCIA FILHO et al., 2017).

O cultivo desta hortaliça folhosa é realizado, geralmente, por semeadura direta manual em canteiros utilizando mão de obra familiar (MACIEL, et al., 2012) por pequenos produtores, em hortas domésticas, escolares e comunitárias, em cultivo solteiro ou consorciado com outras hortaliças. O consórcio de coentro é agroeconomicamente viável com a beterraba (GRANGEIRO *et al.*, 2011), cebolinha (ZÁRATE *et al.*, 2005), alface (OLIVEIRA *et al.*, 2005), couve (RESENDE *et al.*, 2010) e tomate (TOGNI *et al.*, 2009).

Na região Nordeste do Brasil o coentro é uma das hortaliças mais cultivadas (PINHEIRO & PEREIRA, 2016). Envolve um grande número de produtores em sua exploração durante todo o ano, tornando-a de grande importância social e econômica. Geralmente, tem as folhas frescas e frutos secos utilizados na composição de pratos e temperos que fazem parte da culinária de diversos países (ALMEIDA, 2006), sendo também fonte de matéria prima para a indústria de alimentos, farmacêutica, na medicina alternativa (SAMOJLIK et al., 2010) e indústria de perfumaria (NEFFATI et al., 2011).

Cerca de cem empresas e instituições estão envolvidas em pesquisas no melhoramento de hortaliças. Empresas transnacionais com tecnologia de ponta, institutos, Universidades nos Estados Unidos, Israel e China, além de dezenas de pequenas e médias empresas privadas. Muitas dessas empresas estão localizadas nas principais regiões produtoras de hortaliças, como Estados Unidos, Itália, França,

China e Turquia, mas também em locais com tradição em pesquisa, como Israel e Japão, ou em comércio internacional, como a Holanda. Essas empresas realizam pesquisa de melhoramento em dezenas de espécies de hortaliças e frutas de ciclo curto, com o objetivo de desenvolver novas variedades que sejam melhor adaptadas às diferentes condições de cultivo no mundo e que atendam às expectativas de toda a cadeia produtiva: agricultor, processador, supermercado e consumidor final (ABRASEM, 2014).

No Brasil, as variedades cultivadas de coentro são divididas em dois grupos: tardias e precoces. As tardias são adaptadas ao clima subtropical ou temperado, sendo indicadas para as regiões Sudeste e Sul do País. Apresentam uma fase vegetativa mais longa em geral de 50 a 60 dias, estando incluídas neste grupo as cultivares Português, Santo, Asteca, Americano Gigante, Tapacurá, dentre outras. Já as cultivares precoces são mais adaptadas ao clima tropical, sendo indicadas para as regiões Norte e Nordeste do país. Possuem uma fase vegetativa em geral de 30 a 45 dias. Estão incluídas neste grupo as cultivares Verdão, Palmeira e Tabocas, que correspondem por mais de 80% da área cultivada com coentro (WANDERLEY JÚNIOR & NASCIMENTO, 2014).

Em diversos países, o cultivo do coentro é realizado visando a extração do óleo essencial presente nos frutos, sendo esta uma característica de interesse dos programas de melhoramento nos locais onde realiza-se tal atividade. No Brasil, o plantio desta olerícola visa a produção de massa verde, promovendo o desenvolvimento de cultivares que atendam a esta demanda, as quais devem apresentar, segundo Oliveira (2013), elevada relação folha/talo, maior tamanho e espessura da folha e obtenção de um período de conservação pós-colheita mais extenso, sendo estes foco dos programas de melhoramento do coentro no Brasil. Além disso, a resistência a estresses abióticos e bióticos são pontos indispensáveis nos processos seletivos de genótipos superiores.

Quanto aos estresses bióticos, têm-se as doenças que acometem a cultura do coentro, como o tombamento de mudas (*Rhizoctonia solani*); o apodrecimento do caule (*Sclerotinia sclerotiorum*); manchas foliares (*Alternaria dauci*); queimar foliar (*Alternaria dauci*); mancha amarela e mofo branco sobre as folhas (*Oidiopsis haplophyllii*); vira cabeça, com as plantas apresentando nanismo e folhas com anéis cloróticos, em que as apicais ficam necróticas e deformadas (*Groundnut ringspot*

vírus) diversas espécies de nematoides, com destaque para o gênero *Meloidogyne* (*M. incognita* e *M. javanica*) que induz a formação de galhas danificando o sistema radicular das plantas atacadas, com redução do desenvolvimento da parte aérea a qual apresenta amarelecimento e deficiência nutricional; e o nanismo nas plantas, as quais apresentam clorose foliar que evolui para um amarelecimento, resultando em necrose nas bordas das folhas (*Rotylenchulus reniformis*) (REIS & LOPES, 2016).

Praticamente em toda a região Nordeste utiliza-se a cultivar Verdão (BARROS JÚNIOR *et al.*, 2004), sendo a mais plantada no estado de Pernambuco por ter ciclo curto e resistência a doenças foliares (OLIVEIRA *et al.*, 2015). Foi desenvolvida a partir do cruzamento de plantas da cultivar Palmeira, tolerante a antracnose e alternaria, com plantas coletadas de agricultores nos estados do Piauí, Maranhão e Pernambuco. Sendo o nome Verdão atribuído devido à coloração verde escura que as suas folhas apresentam (OLIVEIRA, 2013). Embora líder de mercado, a cultivar Verdão apresenta características indesejáveis como pendoamento precoce (OLIVEIRA *et al.*, 2015) e suscetibilidade ao *M. incognita* raça 1 (DINIZ *et al.*, 2018). Sendo necessária a identificação de genótipos de coentro resistentes ao *Meloidogyne* spp. De acordo com Fiorini *et al.* (2005), a busca de genótipos resistentes aos nematoides das galhas nas espécies cultivadas é muito importante, principalmente entre cultivares comercializadas, ou a partir do desenvolvimento de novas cultivares que sejam adaptadas às diversas condições brasileiras, o que tem despertado a atenção de alguns pesquisadores, especialmente a partir do início da década de 1990.

Os trabalhos avaliando a reação de espécies vegetais cultivadas quanto ao parasitismo causado pelos nematoides do gênero *Meloidogyne* apresentam uma variação das metodologias utilizadas, desde os tipos de recipientes, substratos, tamanho de parcela experimental, concentração do inóculo, até o tempo para avaliação da infecção. A utilização de metodologia adequada na avaliação e seleção realizada nos programas de melhoramento genético vegetal é fundamental para obtenção de ganho, sendo necessário o estabelecimento de método conforme a espécie vegetal utilizada. Neste contexto, há ausência de metodologia adequada para realização da avaliação e seleção de genótipos de coentro resistentes ao *Meloidogyne incognita* raça 1, podendo esta ser obtida a partir da identificação do melhor recipiente, substrato, concentração do inóculo, momento da inoculação,

tamanho da parcela experimental e tempo para avaliação após a inoculação, a fim de viabilizar o tempo e aumentar a eficiência seletiva.

2.2 Os nematoides das galhas

Os nematoides pertencentes ao reino Animalia e o filo Nemata, o qual é composto por espécies de vida livre no solo, em água doce e no mar, além de parasitas do homem, dos animais e das plantas (GOMES, 2006). Neste filo encontram-se as espécies conhecidas como nematoides formadores de galhas do gênero *Meloidogyne* (FOGANHOLI, 2012), patógenos de difícil controle que causam danos às espécies cultivadas, promovendo perdas de aproximadamente 5% em colheita em todo o mundo em diversas culturas (MCCARTER, 2008).

Os nematoides das galhas são endoparasitas obrigatórios, sedentários e apresentam dimorfismo sexual, ocorrendo no desenvolvimento pós-embrionário diferenciação entre o corpo das fêmeas e dos machos, tendo o ciclo de vida afetado por fatores ambientais e espécie vegetal hospedeira, o que irá interferir na diferenciação sexual, na reprodução e na fecundidade (MOURA, 1996; GOMES, 2006; STROZE, 2013). O ciclo de vida é constituído por seis estádios de desenvolvimento: ovos, juvenis (J1, J2, J3, J4) e adulto, onde o ovo é depositado pela fêmea em uma matriz gelatinosa com desenvolvimento poucas horas após a oviposição até a formação do juvenil de primeiro estágio (J1), no qual ocorre uma ecdise originando o juvenil de segundo estágio (J2) que eclode e migra no solo a procura de raízes de plantas suscetíveis para hospedá-las (STROZE, 2013).

Após penetrar na raiz, o J2 migra para o tecido vascular e começa a se alimentar, introduzindo substâncias nas células da planta, que causa alterações morfológicas e fisiológicas, promovendo o aumento de tamanho e divisão dos núcleos sem que ocorra divisão da parede celular, acelerando o metabolismo, promovendo a formação de galhas e a obstrução física dos vasos condutores de água e minerais, o que resulta em sintomas de murcha prematura e de deficiência de nutrientes, provocando subdesenvolvimento da planta. Dentro da raiz o J2 sofre mais 3 ecdises chegando a fase adulta. Nesta fase, o macho sai da raiz, mas as fêmeas permanecem dentro da galha e colocam a massa de ovos fora da raiz (FREITAS et al., 2009).

A principal espécie de nematoide das galhas que ataca a cultura do coentro é o *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood raça 1, a qual, apresenta atividade durante todo o ano em climas quentes e solos úmidos (PINHEIRO & PEREIRA, 2016). No coentro, o ataque do patógeno promove o desenvolvimento de galhas isoladas e de pequenas dimensões, que ocorrem ao longo das raízes e apresentam geralmente apenas uma fêmea por galha e, muitas vezes, exibe massa de ovos externa ao tecido vegetal, devido o calibre das raízes serem quase capilares. As cultivares Palmeira, Verdão e Português são boas hospedeiras do *M. incognita* raça 1 (BIONDI et al., 2001). É uma espécie extremamente agressiva, possui cerca de 61 enzimas distintas capazes de degradar a parede celular, justificando a ampla gama de hospedeiro (MCCARTER, 2008).

O controle dos nematoides das galhas é difícil e de custo elevado, sendo propostas diversas formas de controle que vão desde o controle biológico até o uso de agrotóxicos. Em algumas culturas, geralmente, o controle é realizado através da aplicação de nematicidas, que serão progressivamente excluídos devido aos efeitos adversos causados à saúde humana e ao meio ambiente (WESEMAEL et al., 2011).

Na cultura do coentro, o controle dos nematoides não é tarefa fácil, pois os microrganismos são habitantes do solo e em condições favoráveis de temperatura e umidade multiplicam-se rapidamente, aliado a isso, o cultivo do coentro geralmente é realizado o ano todo intensivamente na mesma área, sendo necessária a adoção do manejo integrado com aplicação de medida de prevenção, rotações de culturas, pousio da área, plantio de plantas antagonistas, eliminação de restos culturais e tiguerras, eliminação de plantas daninhas, uso da manipueira, utilização de matéria orgânica, solarização, controle biológico e o uso de cultivares resistentes (PINHEIRO & PEREIRA, 2016).

Há no Brasil mais de 40 cultivares de coentro registradas no MAPA, contudo, pouco se conhece a respeito da reação destas aos nematoides das galhas e reniforme (PINHEIRO & PEREIRA, 2016). Biondi et al. (2001) avaliou a reação das cultivares Verdão, Palmeira e Português quanto a tolerância a *M. incognita* raça 1 e todas foram suscetíveis ao patógeno. Resultado semelhante foi obtido por Diniz (2012), que ao avaliar a reação das cultivares Português, Tabocas, Tapacurá, Verdão e Palmeira ao *M. incognita* raça 1, *M. incognita* raça 3 e *M. javanica*,

verificou que todas as cultivares foram suscetíveis a *M. incognita* raça 1 e todas foram resistentes a *M. incognita* raça 3 e a *M. javanica*.

Na avaliação de genótipos de coentro é fundamental a utilização de metodologia capaz de possibilitar a expressão da variabilidade e a informação de dados mais precisos possíveis, visando propiciar a expressão do patógeno e diferenciar os genótipos quanto à reação de infecção causada pelo nematoide.

2.3 Tipos de recipientes e substrato utilizados na avaliação da reação de espécies cultivadas aos nematoides das galhas

Segundo Almeida et al. (2017), dentre as dificuldades de avaliação de resistência da soja aos nematoides das galhas, há a variabilidade dos patógenos, a limitação de fontes de resistência, diferentes critérios para classificação de genótipos e a falta de padronização das metodologias, podendo resultar em informações contraditórias.

A falta de padronização está presente na avaliação da reação aos nematoides das galhas em diversas espécies de importância econômica. Em alface há experimentos conduzidos: em bandejas de polietileno expandido com 128 células e substrato comercial Plantmax[®]; vasos contendo 2 L de substrato obtido pela mistura de terra, areia e matéria orgânica (1:2:1), previamente autoclavado; copos plásticos contendo 700 cm³ de substrato formado pela mistura de solo e areia (1:1), previamente autoclavado (WILCKEN et al., 2005; SILVA et al., 2008; FERNANDES & KULCZYNSKI, 2009).

Na avaliação dos genótipos de soja TMG 115 RR (padrão suscetível) e BRS 316 RR (padrão resistente), semeadas em três tipos de recipientes plásticos: tubetes com capacidade para 290 mL, e vasos com capacidade para 1L e 2L de substrato, composto por mistura de solo e areia (1:3), verificou-se que o tipo de recipiente não interferiu no IG das cultivares. Entretanto, o maior FR para as duas cultivares foi observado quando estas foram cultivadas no vaso com capacidade de 1 L (ALMEIDA et al., 2017).

Avaliando a bananeira 'Prata Anã' em diferentes tipos de substratos e níveis de inóculo, verificou-se interação significativa entre estas duas fontes de variação quanto a massa seca da parte aérea das bananeiras, sendo observadas altas taxas

de multiplicação do nematoide em todos os substratos principalmente no 4 (textura média - 679 g de areia, 24 g de argila e 81 g de silte- 10 g de MO/dm³, pH 6,4 com adição de NPK de acordo com o recomendado por Malavolta et al. (1997)) e 5 (textura média - 679 g de areia, 24 g de argila e 81 g de silte - 10 g de MO / dm³, pH 5,6 com adição de NPK), os quais apresentaram maior número de nematoides por grama de raiz e maior fator reprodutivo (JESUS et al., 2009).

No feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) verificou-se que o tipo de recipiente influencia a expressão da reação de genótipos inoculados com o *M. incognita*, sendo o vaso plástico de 3 L o mais inviável quando comparado a caixa de isopor "Plantagil 1477" de 128 células de 70 cm³ e copos plásticos de 200 cm³, fato atribuído a dispersão de ovos devido ao grande volume do recipiente (CARNEIRO et al., 1992).

Em coentro também há uma variação quanto ao recipiente e substrato utilizado, sendo verificado desde o uso de solo, areia e húmus (3:1:1), Plantmax[®] e Substrato comercial[®]; com o cultivo realizado em bandejas de polietileno expandido de 128 células ou vaso de 2 L (BIONDI et al., 2001; DINIZ, 2012; SANTOS, 2014).

Diante do exposto, fica evidente que a depender do tipo de substrato e recipiente utilizado poderá ocorrer variação da expressão dos genótipos avaliados quanto à reação aos nematoides das galhas, podendo conduzir a resultados que classifiquem os indivíduos de forma errônea, sendo necessário o prévio estudo da melhor combinação de recipiente X substrato que possibilite uma boa interação genótipo X ambiente, classificando e diferenciando os genótipos quanto à resistência ao patógeno.

2.4 Concentração do inóculo

A concentração do inóculo utilizado em experimentos visando verificar a reação de espécies cultivadas aos nematoides das galhas é um importante fator a ser analisado, sendo necessários estudos que busquem identificar a concentração mais eficiente em caracterizar de forma representativa os genótipos avaliados, em cada espécie vegetal.

Em dois experimentos realizados na cultura da alface, sendo no primeiro efetuada a inoculação de aproximadamente 5000 ovos e juvenis do segundo estágio, enquanto que no segundo as plantas foram inoculadas com 1500 ovos e

juvenis, não foi verificada diferença na seleção de cultivares resistentes, pois praticamente não houve alteração na ordem de resistência das cultivares avaliadas, evidenciando que não é necessário o uso de altas concentrações do inóculo para realizar a avaliação da resistência em plantas de alface ao *Meloidogyne incognita* raça 2 (WILCKEN et al., 2005).

Na bananeira, ao se avaliar diferentes níveis de inóculo (0, 2.000, 1.0000 e 50000 ovos e juvenis infectantes) de *Meloidogyne incognita* raça 2, verificou-se que independente do substrato utilizado, o maior FR foi verificado nas plantas inoculadas com 2.000 ovos e juvenis (JESUS et al., 2009).

O estudo da concentração de inóculo a ser utilizada na avaliação de plantas de coentro quanto à reação de resistência aos nematoides das galhas é etapa fundamental em programas de melhoramento genético da cultura, a fim de classificar e selecionar os indivíduos que realmente apresentam resistência aos patógenos.

2.5 Número de plantas por parcela experimental

O tamanho da parcela experimental é de fundamental importância na avaliação da reação de plantas às infecções causadas pelos nematoides das galhas. De acordo com pesquisas realizadas com diferentes culturas sob condições de estresse causado pelo *M. incognita* percebe-se uma variação quanto ao tamanho da parcela experimental com uma planta em alface (FERNANDES & KULCZYNSKI, 2009); duas plantas em soja (TEIXEIRA, 2013); cinco plantas em pimenta (OLIVEIRA et al., 2009); seis plantas em batata-doce (MASSAROTO et al., 2010); área de 1 m² em cenoura (CHARCHAR et al., 2007); em coentro oito plantas (SANTOS, 2014), dez plantas (BIONDI et al., 2001) e 16 plantas (DINIZ, 2012)

No melhoramento genético vegetal, o tamanho mínimo da amostra é o número mínimo de elementos necessários para estimar com certa precisão a média e variância dos caracteres em estudo (WU et al., 1978). Sendo tal tamanho dependente da espécie em estudo, do ambiente e dos caracteres avaliados (BAKKE, 1988).

A estimação do número adequado de plantas por parcela pode ser realizado por diferentes métodos, cuja base é a relação entre o tamanho da parcela e a

variação residual; tais como método de Farifield Smith, método de inspeção visual da curvatura máxima, método da máxima curvatura modificado, método do modelo linear de resposta platô (MLRP), método da informação relativa, método de Pimentel Gomes, entre outros.

O método apresentado por Smith (1938) se baseia na relação empírica entre o tamanho das parcelas e a variância, estabelecendo uma relação pela expressão:

$$V_{\bar{x}_i} = \frac{V_1}{X_i^b},$$

onde: a $V_{\bar{x}_i}$ variância do rendimento médio por unidade básica para parcelas de X_i unidades; V_1 a variância do rendimento de parcelas com uma unidade básica; o número de unidades básicas da parcela de tamanho i ($i = 1, 2, \dots, n$) e b o coeficiente de heterogeneidade do solo. O autor calcula o tamanho ótimo da parcela associando o coeficiente de heterogeneidade do solo com os custos do experimento.

O método de inspeção visual da curvatura máxima foi proposto por Federer (1955) para determinar o tamanho ótimo da parcela experimental, sendo para isso, utilizados dados de um ensaio no qual os valores são obtidos em unidade experimental básica de tamanho X . Para cada tamanho de parcela (X) é calculado o coeficiente de variação ($CV_{(X)}$). O conjunto de pares ordenados ($X, CV_{(X)}$) são plotados em um gráfico sendo a curva formada pela união dos pontos. O tamanho ótimo da parcela é o ponto de máxima curvatura da curva, sendo este, determinado por inspeção visual.

O método da informação relativa proposto por Keller (1949) visa extrair a maior quantidade de informações de uma unidade de área. Sendo atribuído 100% de informação relativa (IR) a parcelas cujo tamanho fosse igual a uma unidade básica (UB) e nas demais parcelas (com tamanho diferentes da UB) as IR são obtidas a partir da divisão da variância da UB pelas variâncias comparáveis $VC_{(X)} = V_{(X)} / X$, que consiste no quociente entre as variâncias de um dado tamanho de parcela pelo número de UB do respectivo tamanho; sendo o IR obtida $IR = V_1 / VC_{(X)}$.

O método proposto por Pimentel-Gomes (1984) é indicado para experimentos com espécies arbóreas, fundamentando-se na minimização da variância da média de tratamentos $V(m)$, que é função do número de árvores úteis por parcela (k) e do número de linhas úteis por parcela (n). O tamanho ótimo da parcela consiste da combinação dos valores de (n) e (k) que torna mínimo o valor de $V(m)$. A estimação

de tal tamanho é com base no coeficiente de correção interclasse (ρ) e o índice de

$$\rho = \frac{K^{1-b} - 1}{K - 1} \quad (K > 1)$$

heterogeneidade do solo (b):

em que:

k é o número de subparcelas vizinhas, cujo valor deverá ser fixado;

b é o índice de heterogeneidade do solo.

Para $b = 0$, $\rho = 1$ e quando $b = 1$, $\rho = 0$.

O método do modelo linear de resposta platô, foi utilizado por Peixoto et al. (2011) como um novo método para o cálculo de tamanho ótimo de parcelas e utiliza o seguinte modelo de regressão:

$$CV_i = \begin{cases} \beta_0 + \beta_1 X_i + \varepsilon_i & \text{se } X_i \leq X_c \\ P + \varepsilon_i & \text{se } X_i > X_c \end{cases}$$

em que CV_i é o coeficiente de variação observado experimentalmente entre totais de parcela de tamanho de X_i unidades básicas; X_i é o tamanho da parcela em unidades básicas agrupadas, X_c é o tamanho ótimo de parcelas para o qual o modelo linear se transforma em um platô, em relação a abscissa; P é o coeficiente de variação no ponto correspondente ao platô; ε é o erro associado ao $CV_{(x)}$ considerado normalmente e independentemente distribuídos com média 0 e variância constante. O tamanho ótimo da parcela foi estimado pela expressão:

$$X_c = (\hat{P} - \hat{\beta}_0) / \hat{\beta}_1 ;$$

em que β_0 , β_1 , e P são estimativas dos parâmetros β_0 , β_1 , e P do modelo de regressão, obtidas por meio de métodos de regressão não linear, utilizando-se a função nls do software R.

O método da máxima curvatura modificado proposto por Lessman & Atkins (1963) consiste em representar a relação entre o coeficiente de variação (CV_{exp}) e o tamanho da parcela, com o uso da equação de regressão do tipo $Y = aX^b$ (em que Y representa o coeficiente de variação experimental; e X corresponde ao tamanho da parcela). A partir da função de curvatura, determina-se o valor da abscissa onde ocorre o ponto de máxima curvatura, conforme apresentado por Meier & Lessman (1971), por meio de:

$$X_{MC} = \left[\frac{a^2 b^2 (2b - 1)}{(b - 2)} \right]^{\frac{1}{2 - 2b}}$$

em que XMC = valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde à estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental; a = constante da regressão; e; b = coeficiente de regressão.

Mesmo utilizando o princípio do método da máxima curvatura, o método da máxima curvatura modificado é mais preciso que este, por estabelecer uma equação de regressão entre o número de plantas por parcela e o coeficiente de variação a fim de explicar a relação entre tais parâmetros (VIANA et al., 2002). Vários autores relataram eficiência de tal método na estimativa do número de plantas por parcela experimental, como em eucalipto (SILVA et al., 2003), cafeeiro (CIPRIANO et al., 2014), mamoeiro (BRITO et al., 2012) e alface (LÚCIO et al., 2011).

2.6 Melhoramento genético do coentro no Brasil

Diversos são os objetivos dos programas de melhoramento genético de coentro no Brasil, sendo estes, em função da região e destinação do produto. Neste contexto, há estudos voltados tanto à caracterização de acessos e cultivares quanto à busca por informações sobre características agronômicas e resistência a fatores bióticos e abióticos.

O estudo da variabilidade genética do coentro é fundamental para o planejamento dos programas de melhoramento genético da cultura. Neste sentido, a avaliação de 55 progênies obtidas da cultivar Verdão quanto ao pendoamento, presença de antocianina, massa média das folhas e altura da planta, apresentaram herdabilidade no sentido amplo de 7,19 (peso médio de plantas) a 81,09 (número de plantas pendoadas). Para os coeficientes de variação genético e ambiental (CVg /CVe), obteve-se de 0,27 (peso médio de plantas) a 2,07 (número de plantas pendoadas), indicando a viabilidade para seleção contra o pendoamento precoce em termos de ganhos genéticos imediatos (MELO et al., 2009).

Dentre os fatores abióticos de grande impacto na cultura do coentro têm-se a temperatura elevada. O pendoamento precoce é um dos principais problemas enfrentados pelos produtores de coentro, causando perda do produto agrícola (MACIEL et al., 2012), pois ao iniciar o pendoamento as reservas nutricionais são destinadas a formação do pendão floral, causando redução do tamanho e qualidades das folhas; devendo ser realizada a seleção de plantas que produzam

mais folhas no menor intervalo de tempo, aliado ao pendoamento mais tardio (MELO et al., 2009).

Em estudo avaliando a resistência ao pendoamento precoce em três linhagens (Guarani#1, Guarani#21 e Guarani#36) e a cultivar Verdão no sistema de plantio por mudas, verificou-se que as três linhagens apresentaram superioridade agrônômica em relação a cultivar Verdão, com início do pendoamento ocorrendo aos 60, 70, 60 e 22 dias após a semeadura, para Guarani#1, Guarani#21, Guarani#36 e Verdão, respectivamente. Esse pendoamento tardio das linhagens, proporcionou um acréscimo de 930,0 g no rendimento de massa verde por m², correspondendo a uma produção de 9,3 t a mais em relação à cultivar Verdão (MACIEL et al., 2012).

Oliveira et al. (2015) avaliando 85 progênies de meio-irmãos do segundo ciclo de seleção recorrente, obtidas da cultivar Verdão, obteve variabilidade genética para os caracteres número de dias para início do pendoamento, diâmetro do caule e massa fresca, os quais apresentaram herdabilidade de 89,08; 69,71 e 72,44; respectivamente. O que indicou a possibilidade destes caracteres serem explorados em futuros programas de melhoramento. Além disso, foi possível identificar 13 progênies superiores, com alelos favoráveis para as características avaliadas, podendo serem selecionadas para dar continuidade ao programa de melhoramento de coentro para tolerância ao calor.

Outro fator abiótico limitante ao desenvolvimento vegetal é a elevada concentração de sais no solo inibindo o crescimento e os processos envolvidos no metabolismo vegetal como: fotossíntese, captação de nutrientes e síntese proteica. Avaliando as respostas fisiológicas e bioquímicas das cultivares Verdão e Tabocas submetidas a diferentes concentrações de NaCl (0, 50 e 100 mM) em casa de vegetação, verificou-se que ambas as cultivares apresentaram efeitos deletérios da salinidade na maioria dos parâmetros de crescimento, ocorrendo uma redução de 31% e 56% na cultivar Tabocas e 26% e 47% na cultivar Verdão para as variáveis altura média e taxa de crescimento absoluto, respectivamente. Ocorreram distúrbios fisiológicos e bioquímicos, nas duas cultivares, devido à falta de capacidade em regular o fluxo de íons Na⁺ dentro da planta, ocorrendo acúmulo de íons Na⁺ nas folhas e raízes em resposta ao aumento da salinidade. O aumento dos níveis de NaCl promoveu acréscimo na concentração de carboidratos solúveis e açúcares redutores na matéria seca das plantas de ambas cultivares, fato associado a

tentativa de redução do potencial osmótico foliar. As plantas da cv. Tabocas quando submetidas a 100 mM de NaCl apresentaram concentração de prolina duas vezes maior que o controle. A cultivar Verdão foi a que apresentou melhor desenvolvimento nas condições de salinidade impostas (BONIFACIO et al., 2014) podendo ser uma opção no avanço de programas que visem a obtenção de genótipos resistentes a salinidade.

As doenças são problemas evidentes na cultura do coentro. Lesões necróticas no colo e raízes das plantas, provocando tombamento, têm causado perdas em campos de produção. Foram identificados como agentes causais um complexo de microrganismos, com as espécies *Rhizoctonia solani*, *Pythium irregulare*, *Fusarium inflexum*, *F. lacertarum* e *F. falciforme* (INFANTE, 2016). Avaliando as cultivares Verdão, Verdão Super, Português Super, Rei, Tabocas, Tapacurá e HTV Dom Luiz quanto à reação a isolados fungicos: *Pythium irregulare*, *Rhizoctonia solani* (AG-A), *Fusarium inflexum* complexo oxysporum, *F. lacertarum* complexo incarnatum-equiseti, *F. falciforme* complexo solan, obtidos de plantas com sintomas de tombamento, verificou-se que as cultivares encontram-se em um mesmo nível de resistência para as espécies fitopatogênicas estudadas, e que o *Pythium irregulare* foi o patógeno de maior virulência (ROCHA, 2017).

Os nematoides também são foco dos programas de melhoramento genético do coentro, dentre eles, os pertencentes ao gênero *Meloidogyne*. Trabalhos têm sido realizados a fim de identificar ou obter genótipo resistente ao patógeno, como o realizado por Diniz (2018), no qual avaliou a reação das cultivares Português, Tabocas, Tapacurá, Verdão, Palmeira e HTV-9299 ao *M. incognita*, raça 1 e 3, e *M. javanica*. Com base no fator de reprodução todas as cultivares foram suscetíveis a *M. incognita* raça 1 e resistentes a *M. incognita* raça 3 e *M. javanica*. Santos (2014) avaliando uma população composta por 46 progênies de meio-irmãos de coentro quanto a reação de resistência ao *M. incognita* raça 1, identificou seis progênies superiores com uma proporção de indivíduos resistentes superior a 70%, podendo estas serem utilizadas em programas de melhoramento para resistência ao patógeno.

Além dos fatores expostos, há necessidade do melhoramento genético do coentro visando à resistência vira cabeça; ao nematoide reniformes; caracteres organolépticos como: aroma, cor e brilho; maior relação folhas/talo; maior

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

durabilidade pós-colheita e maior produtividade. A elaboração de um ideótipo é uma opção a ser seguida como padrão nos processos de seleção dos programas de melhoramento genético da cultura.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Mudas (2014) **Anuário**. Disponível: <http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anu%C3%A1rio-Abrasem-2014.pdf>. Anuário. Acesso em agosto de 2016. 52 p.

ABRASEM - Associação Brasileira de Sementes e Mudas (2015) **Anuário**. Disponível: http://www.abrasem.com.br/wpcontent/uploads/2013/09/Anuario_ABRASEM_2015.pdf. Anuário. Acesso em agosto de 2016. 56 p.

Almeida AA, Santiago DC, Ribeiro NR and Ishikawa MS (2017) Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* cultivadas em diferentes recipientes. **Anais do XXXIV Congresso Brasileiro de Nematologia**. Vitória, ES.

Almeida D (2006) **Manual de culturas hortícolas**. Editorial Presença, 1ª edição, Lisboa. 346 p.

Bakke AO (1988) **Tamanho e forma ótimos de parcelas em delineamentos experimentais**. Dissertação (Mestrado em Estatística e Experimentação Agronômica) – Escola Superior de Agricultura de Luiz de Queiroz, Piracicaba. 142 p.

Barros Júnior AP, Bezerra Neto F, Negreiros MZ, Oliveira EQ, Silveira LM and Câmara MJT (2004) Desempenho agrônomico de cultivares comerciais de coentro em cultivo solteiro sob condições de temperatura elevada e ampla luminosidade. **Caatinga 17**: 82-86.

Biondi CM, Prado MDC, Medeiros JE, Pedrosa EMR and Romero MM (2001) Tolerância do Coentro ao Parasitismo do Nematóide *Meloidogyne incognita* Raça 1. **Nematologia Brasileira 25**: 239-241.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Bonifacio A, Silva Júnior GS, Silva LE, Rodrigues AC, Willadino LG and Camara TJR (2014) Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro submetidas à salinidade. **II INOVAGRI International Meeting**, Fortaleza/BR. 5482 - 5489.

Brito MCM, Faria GA, Moraes AR, Souza EM and Dantas JLL (2012) Estimação do tamanho ótimo de parcela via regressão antitônica. **Rev. Bras. Biom.**, **30**: 353-366.

Capraru G, Cimpeanu M, Cimpeanu C and TOMA C (2006) Comparative karyotype analysis in members of Apiaceae (Umbelliferae) family. University of Iasi. **Romania** 113 – 119.

Carneiro RG, Ferraz S and Regazzi AJ (1992) Estudos de métodos de avaliação de resistência em variedades de feijoeiro. **Nematologia Brasileira** **16**: 53-63.

Charchar JM, Gonzaga V, Vieira JV, Oliveira VR, Moita AW and Aragão FAZ (2007) Efeito da Rotação de Culturas no Controle de *Meloidogyne* spp. em Cenoura na Região Norte do Estado de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira** **31**: 173 - 179.

Cipriano PE, Ferreira Junior JB, Almeida SLS and Campos KA (2014) Tamanho útil de parcela para produtividade de cafeeiro adulto. **Revista da Estatística UFOP** **3**: 734-738.

Diederichsen A (1996) **Coriander (*Coriandrum sativum* L.)**. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 3. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/ International Plant Genetic Resources Institute, Rome. 82 p.

Diniz GMM (2012) **Resistência do coentro (*Coriandrum sativum* L.) à *Meloidogyne incognita* (Raça 1 e 3) e *Meloidogyne javanica***. Dissertação de mestrado - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 69 p.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Diniz GMM, Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Oliveira CL, Chagas WFT and Santos LS (2018) Reação de cultivares de coentro ao nematoide das galhas. **Ciência Agrícola 16**: 61-68.

Federer WT (1955) **Experimental desing**. New York: Macmillan. 544 p.

Fernandes AM and Kulczynski SM (2009) Reações de cultivares de alface a *Meloidogyne incognita* *Host status of lettuce cultivars to Meloidogyne incognita*. **Agrarian 2**: 143-148.

Fiorini AVA, GOMES LAA, Maluf WR, Fiorini IVA, Duarte RPF and Licursi V (2005) Avaliação de populações F2 de alface quanto a resistência aos nematoides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira 23**: 299-302.

Foganholi APAM (2012) **Hospedabilidade de *Meloidogyne paranaensis* em plantas medicinais, composição química do óleo essencial de *Mentha pulegium* e efeito do parasitismo de *M. paranaensis* sobre as substâncias fenólicas e *M. pulegium***. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 122 p.

Freitas LG, Lima R, D'Arc and Ferraz S (2009) **Introdução à nematologia**. Editora UFV, 5ª reimpressão. 84 p.

Garcia Filho E, Nakatani JK, Pinto MJA, Neves MF, Caserta PG, Kalaki RB and Gerbasi T (2017) **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - Brasília: CNA. 79p.

Gomes ACMM (2006) **Resistência e caracterização histológica de acessos de *Pfaffia glomerata* a *Meloidogyne incognita***. Dissertação (Mestrado em Ciências Agrárias) - Universidade de Brasília, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Brasília. 58 p.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Grangeiro LC, Santos AP, Freitas F, Simão LMC and Bezerra Neto F (2011) Avaliação agroeconômica das culturas da beterraba e coentro em função da época de estabelecimento do consórcio. **Revista Ciência Agronômica 42**: 242-248.

Infante NB (2016) **Etiologia do damping-off na cultura do coentro no município de Arapiraca-AL e efeito da interação dos patógenos na incidência da doença**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas - Rio Largo. 55p.

Jesus AM, Wilcken SRS, Kano C and Grassi Filho H (2009) Patogenicidade de *Meloidogyne incognita* Raça 2 a Bananeira 'Prata Anã' em Diferentes Substratos. **Nematologia Brasileira 33**: 37-44.

Keller k (1949) Uniformity trials on hops, *Humulus lupulus* L. for increasing the precision of field experiments. **Agronomy Journal 41**:17-21.

Lessman KJ and Atkins RE (1963) Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. **Crop Science 3**: 477-481.

Lúcio AD, Haesbaert FM, Santos D and Benz V (2011) Estimativa do tamanho de parcela para experimentos com alface. **Horticultura Brasileira 29**: 510-515.

Machado ACZ, Bicalho AC and Silva SA (2015) Ajuste de datas de avaliação e densidades populacionais de *Meloidogyne incognita* visando a avaliação da resistência de cafeeiros. **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Curitiba – PR. Disponível em: <http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4128/106_IX-SPCB-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acessado em setembro de 2017.

Maciél GM, Costa CP and Sala FC (2012) Linhagens de coentro com pendoamento tardio sob dois sistemas de plantio. **Horticultura Brasileira 30**: 607-612.

Massaroto JA, Gomes LAA, Maluf WR, Silva RR and Gomes ARVA (2010) Reação

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

de clones de batata-doce ao *Meloidogyne incognita* raça 1. **Revista de Ciências Agro-Ambientais 8**: 1- 8.

Mccarter JP (2008) The genome sequence of the plant-parasitic roundworm *Meloidogyne incognita* opens new avenues to boosting food production. **Nature Biotechnology 26**: 882 – 884.

Meier VD and Lessman RJ (1971) Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science 11**: 648-645.

Melo RA, Menezes D, Resende LV, Wanderley Júnior LJG, Santos VF, Mesquita JCP and Magalhães AG (2009) Variabilidade genética em progênies de meios-irmãos de coentro. **Horticultura Brasileira 27**: 325-329.

Moura RM (1996) Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte I. In: LUZ, W. C. **Revisão Anual de Patologia de Plantas 4**: 209-244.

Neffati M, Sriti J, Hamdaoui G, Kchouk ME and Marzouk B (2011) Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. **Food Chemistry 124**:221–225.

Oliveira CD, Braz LT, Santos JM, Banzatto DA and Oliveira PR (2009) Resistência de pimentas a nematoides de galha e compatibilidade enxerto/porta-enxerto entre híbridos de pimentão e pimentas. **Horticultura Brasileira 27**: 520-526.

Oliveira EQ, Bezerra Neto F, Negreiros MZ, Júnior APBJ, Freitas KKC, Silveira LM and Lima JS (2005) Produção e valor agroeconômico no consórcio entre cultivares de coentro e de alface. **Horticultura Brasileira 23**: 285-289.

Oliveira NS (2013) **Parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor**. Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pós-Graduação em Melhoramento genético de plantas, Recife. 48 p.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Oliveira NS, Carvalho Filho JLS, Silva DO, Pastoriza RJG, Melo RA, Silva JW and Menezes D (2015) Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira** **33**: 319 – 323.

Peixoto APB, Faria GA and Moraes AR (2011) Modelos de regressão com platô na estimativa do tamanho de parcelas em experimento de conservação in vitro de maracujazeiro. **Ciênc. Rur.**, **41**: 1907-1913.

Pimentel-Gomes F (1984) O problema de tamanho das parcelas em experimentos com plantas arbóreas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **19**: 1507-1512.

Pinheiro JB and Pereira RB (2016) **Manejo de nematoides na cultura do coentro e salsinha**. Circular Técnica 149. Embrapa Hortaliças, Brasília. 8 p.

Reis A and Lopes CA (2016) **Doenças do coentro no Brasil**. Circular Técnico 157. Brasília - DF. 6p.

Resende ALS, Viana AJS, Oliveira RJ, Menezes ELA, Ribeiro RLD, Ricci MSF and Guerra JGM (2010) Consórcio couve-coentro em cultivo orgânico e sua influência nas populações de joaninhas. **Horticultura Brasileira** **28**: 41-46.

Rocha AO (2017) **Manejo da podridão de raiz e colo em coentro (*Coriandrum sativum* L.)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas - Rio Largo. 55p.

Samojlik L, Lakic N, Mimica-Dukic N, Dakovic-Svajcer K and Bozin B (2010) Antioxidant and Hepatoprotective Potential of Essential Oils of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and Caraway (*Carum carvi* L.) (Apiaceae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** **58**: 8848-8853.

Santos AMM (2014) **Comportamento de população melhorada de coentro quanto à reação de resistência à *Meloidogyne incognita* raça 1**. Dissertação

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas” da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 33 p.

Silva RL, Xavier A, Leite HG and Pires IE (2003) Determinação do tamanho ótimo da parcela experimental pelos métodos da máxima curvatura modificado, do coeficiente de correlação intraclasses e da análise visual em testes clonais de eucalipto. **R. Árvore** **27**: 669-676.

Silva RR, Gomes LAA, Monteiro AB, Maluf WR, Carvalho Filho JLS and Massaroto JÁ (2008) Linhagens de alface-crespa para o verão resistentes ao *Meloidogyne javanica* e ao vírus mosaico-da-alface. **Pesq. Agropec. Bras.**, **43**: 1349-1356.

Singh VP and Ramanujam S (1973) Expression of andromoeicy in Coriander, *Coriandrum sativum* L. **Euphytica** **22**: 181-188.

Smith FH (1938) An empirical law describing heterogeneity in the yield of agricultural crops. **Journal Agricultural Science** **28**: 1-23.

Sousa TV, Alkimim ER, David AMSS, Sá JR, Pereira GA, Amaro HTR and Mota WF (2011) Época de colheita e qualidade fisiológica de sementes de coentro produzidas no Norte de Minas Gerais. **Rev. Bras. Pl. Med.**, **13**: 591 - 597.

Stroze CT (2013) **Resistência de Plantas Medicinais a *Meloidogyne javanica* e *M. paranaensis***. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina. 62 p.

Texeira RA (2013) **Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica***. Tese apresentada ao Programa de Pós- Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás. Goiânia, GO – Brasil. 60 p.

Togni PHB, Frizzas MR, Medeiros MA, Nakasu YET, Pires CSS and Sujii CER (2009) Dinâmica populacional de Bemisia tabaci biótipo B em tomate monocultivo e

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

consorciado com coentro sob cultivo orgânico e convencional. **Horticultura Brasileira 27**: 183-188.

Viana AES, Sedyama T, Cecon PR, Lopes SC and Sedyama MAN (2002) Estimativas de tamanho de parcela em experimentos com mandioca. **Horticultura Brasileira 20**: 58-63.

Wanderley Júnior LJG and Nascimento WM (2014) **Produção de sementes de coentro**. Disponível em: <http://www.abhorticultura.com.br/downloads/Luiz%20Jorge-2_Prod_%20sem_coentro.pdf>. Acesso em agosto de 2016.

Wesemael WML, Viaene N and Moens M (2011) Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. **Nematology 13**: 3-16.

Wilcken SRS, Garcia MJM and Silva N (2005) Resistência de Alface do Tipo Americana a *Meloidogyne incognita* raça 2. **Nematologia Brasileira 29**: 267-271.

Wu KK, Heinz DJ, Meyer HK and Ladd SL (1978) Minimum sample size for estimating progeny mean and variance. **Crop Science 18**: 57-62.

Zarate NAH, Vieira MC, Ono FB and Souza CM (2005) Produção e renda bruta de cebolinha e de coentro, em cultivo solteiro e consorciado. **Ciências Agrárias 26**: 149-154.

Zoubiri P and Baaliouamer A (2010) Essential oil composition of *Coriandrum sativum* seed cultivated in Algeria as food grains protectant. **Food Chemistry 122**: 1226-1228.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

CAPITULO II

METODOLOGIA PARA MELHORAMENTO GENÉTICO DO COENTRO VISANDO RESISTÊNCIA AO *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Metodologia para melhoramento genético do coentro visando resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Ana Maria Maciel dos Santos, Kleyton Danilo da Silva Costa, Jackson da Silva, Jacqueline Wanessa de Lima Pereira, Dimas Menezes, José Luiz Sandes de Carvalho Filho

RESUMO

Nos trabalhos de avaliação de plantas aos nematoides das galhas há uma ampla variação quanto à metodologia utilizada na condução, como diferentes tipos de recipientes, substratos, tamanho de parcela experimental, dentre outras características. O ambiente influencia na expressão do genótipo, sendo necessária a utilização de metodologia que possa representar o real potencial genético dos genótipos avaliados quanto a resistência ao patógeno. Assim, o presente trabalho visa propor uma metodologia a ser utilizada em programas de melhoramento genético do coentro para resistência ao *M. incognita* raça 1. O experimento foi realizado em casa de vegetação na Universidade Federal Rural de Pernambuco. Avaliou-se cinco cultivares de coentro (Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz), manejadas em três tipos de recipientes (copo de 400 mL, tubete de 116 mL e bandeja de 128 células) e três tipos de substratos (substrato comercial, substrato comercial + pó de coco e solo + areia + húmus), totalizando 45 tratamentos. Aos 15 dias após a semeadura realizou-se a inoculação com 1.200 ovos por planta, conduzidas em delineamento de blocos casualizados com três repetições em arranjo de parcela subdividida no espaço. Aos 45 dias após a inoculação, iniciou-se a avaliação, quantificando a incidência de galhas, o número de galhas no sistema radicular, número de ovos e estimação do fator de reprodução do patógeno, para cada planta. O uso de bandeja de 128 células com o substrato comercial e parcela experimental constituída por oito plantas, valor obtido a partir da estimação pelo método da máxima curvatura modificado, foi a metodologia que apresentou melhores resultados podendo ser utilizada na seleção de genótipos de coentro para resistência ao *M. incognita* raça 1.

Palavras-chaves: *Coriandrum sativum* L.; *Meloidogyne incognita* raça 1; tamanho da parcela experimental.

Methodology for genetic improvement of the coriander aiming the resistance to *Meloidogyne incognita* race 1

ABSTRACT

The evaluation studies of root-knot nematodes have a wide range of methodologies, such as different types of receptors, substrates, experimental plot size, among other characteristics. The environment influences the expression of the genotype, being necessary the use of methodology that can represent the real genetic potential of the evaluated genotypes as pathogen's resistance. Thus, the present study aims to propose a methodology to be used in programs of genetic improvement of coriander for resistance to *M. incognita* race 1. The experiment was carried out in a greenhouse at the Federal Rural University of Pernambuco. Five cultivars of coriander (Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira and HTV Dom Luiz) were evaluated in three types of containers (400 mL beaker, 116 mL tube and 128 cell tray) and three types of substrates (commercial substrate, commercial substrate + coconut powder, and soil + sand + humus), adding up to 45 treatments. At 15 days after sowing with an inoculation of 1,200 eggs per plant, it was conducted in a randomized block design with three replications in a split-plot arrangement regarding space. At 45 days after inoculation, an evaluation was started, quantifying the incidence of galls nematodes, number of galls in the root system, number of eggs and an estimation of the pathogen reproduction factor for each plant. The use of a tray with 128 cells with the commercial substrate and experimental plot composed by eight plants, value obtained from the estimation by the maximum modified curvature method, was the methodology that presented the best results and it could be used in the selection of coriander genotypes for resistance to *M. incognita* race 1.

Keywords: *Coriandrum sativum* L.; *Meloidogyne incognita* race 1; experimental plot size.

INTRODUÇÃO

No Brasil, especialmente na região Nordeste, o cultivo do coentro (*Coriandrum sativum*) é realizado por um grande número de produtores durante todo o ano, tornando-a uma cultura de grande importância social e econômica. Os campos de cultivo são destinados para produção de biomassa verde ou sementes. Juntamente com o espinafre e a alface, o coentro está entre as folhosas de maior relevância no mercado mundial de sementes de hortaliças (ABRASEM, 2014).

A cultivar de coentro mais utilizada no Brasil é a Verdão, tal denominação é devido à coloração verde escura que as suas folhas apresentam (BARROS JÚNIOR et al., 2004; OLIVEIRA, 2013). Esta cultivar foi desenvolvida a partir da seleção de plantas da cultivar Palmeira, que se apresentaram tolerantes as manchas de antracnose e alternaria, e cruzadas com acessos de coentro crioulos coletados em propriedades nos Estados do Piauí, Maranhão e Pernambuco (OLIVEIRA, 2013).

Dentre os fatores bióticos que podem comprometer a produção do coentro há os nematoides, com destaque aos pertencentes ao gênero *Meloidogyne*, especialmente a espécie *M. incognita*. Este patógeno tem o juvenil de segundo estágio como a forma infectante que penetra na raiz pela região meristemática (CORDEIRO et al., 2005), migra até a periferia do cilindro central, onde estabelece seu sítio de alimentação no parênquima vascular iniciando um complexo relacionamento com a planta (TAYLOR & SASSER, 1983). Um dos sintomas da presença do patógeno no hospedeiro é a formação de galhas no sistema radicular com consequente redução na absorção de nutrientes e translocação de água, acarretando em menor desenvolvimento da parte aérea do vegetal (TIHOHOD, 2000), impactando na produção das lavouras de coentro o que causa prejuízos significativos aos produtores. Desta forma, a resistência aos nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) torna-se foco de programas de melhoramento genético do coentro no país, sendo também, indispensável a seleção para características agrônômicas, como as citadas por Oliveira (2013) : relação folha/talo, maior tamanho e espessura da folha e obtenção de um período de conservação pós-colheita mais extenso.

Segundo McCarter (2008), os nematoides estão entre os patógenos que causam danos às espécies cultivadas, causando perdas de aproximadamente 5%

em colheita em todo o mundo em diversas culturas, além disso, são de difícil controle. O *M. incognita* é uma espécie dentro do seu gênero, extremamente agressiva, possui 61 enzimas distintas capazes de degradar a parede celular, justificando a ampla gama de hospedeiro. Fiorini et al. (2005) destacaram que identificar fontes de resistência ao gênero *Meloidogyne*, principalmente entre cultivares comercializadas, ou a partir do desenvolvimento de novas cultivares que sejam adaptadas às diversas condições brasileiras, tem sido preocupação de alguns pesquisadores desde o início da década de 1990.

O desenvolvimento dos programas de melhoramento para resistência aos nematoides é um processo que demanda recursos e metodologia adequada, que permitam obter ganhos com a seleção de genótipos superiores. Na literatura há diversos trabalhos avaliando a reação dos genótipos aos nematoides das galhas, porém, observa-se variação nas metodologias aplicadas principalmente em relação aos tipos de recipientes: vasos, tubetes e bandejas de poliestireno expandido; e de substratos: misturas de solo e areia (1:1); solo, areia e húmus (3:1:1) e substrato comercial (BIONTI et al., 2001; PAIVA & SANTOS, 2004; FERNANDES & KULCZYNSKI, 2009; CARVALHO FILHO et al., 2011). Além disso, observa-se variação na área da parcela experimental e no número de plantas, sendo constituídas desde 1-10 plantas até área cultivada de 1 m² (BIONTI et al., 2001; CHARCHAR et al., 2007; FERNANDES & KULCZYNSKI, 2009).

A busca por metodologia que seja capaz de identificar a variação genética entre os genótipos em estudo para resistência ao *M. incognita* raça 1 é etapa fundamental aos programas de melhoramento genético do coentro. Tendo em vista que o uso de metodologia inadequada pode limitar a agressão do patógeno, levando a erros e conseqüentemente, comprometendo o processo seletivo efetuado pelo melhorista, causando perdas de recursos e tempo.

Com o objetivo de estabelecer uma metodologia para o melhoramento genético do coentro visando a resistência ao *M. incognita* raça 1 foi realizado o presente estudo, buscando indicar o substrato, recipiente e tamanho da parcela experimental que possam caracterizar corretamente os indivíduos e otimizar o processo seletivo de genótipos resistentes ao nematoide.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) com localização a 8°54'47''S, 34°54'47''W, altitude de 6 m, no período de agosto a outubro de 2015. A média durante a condução do trabalho para as temperaturas mínimas foram de 21,7°C e máximas de 29,5°C, segundo dados obtidos da estação meteorológica do Recife - Curado (INMET, 2016). O delineamento experimental foi de blocos casualizados com três repetições em arranjo de parcela subdividida no espaço, cuja parcela foi composta pelos tipos de recipiente e a subparcela o fatorial entre substratos e cultivares, resultando desta forma em 45 tratamentos (5 cultivares X 3 substratos X 3 recipientes), onde a parcela experimental foi constituída por 20 plantas, totalizando 2700 indivíduos avaliados.

Foram avaliadas as reações das cultivares de coentro Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz, inoculadas com *M. incognita* raça 1 e manejadas em três tipos de recipientes: copo de 400 mL, tubete de 116 mL e bandeja de poliestireno expandido de 128 células com volume aproximado por célula de 29 mL; e três tipos de substratos: Substrato comercial (casca de pinus, turfa, carvão, vermiculita, adubação inicial com NPK e micronutrientes), mistura de Substrato comercial[®] + pó de coco (1:1) e a mistura de solo + areia + húmus (3:1:1). O solo foi esterilizado por meio de autoclavagem a 120°C por duas horas intermitentes.

Foram determinadas características físicas e químicas dos substratos (Tabela 1), como porosidade, espaço de aeração, densidade, pH e condutividade elétrica (CE). Para determinar a porosidade e espaço de aeração utilizou-se o método do vaso. As densidades dos substratos úmidos e de suas amostras secas ao ar foram obtidas pelo método da autocompactação. O pH e a CE foram obtidos a partir da leitura, com potenciômetro, das soluções obtidas por meio das mistura de 20 mL de cada substrato com 50 mL de água deionizada (FERMINO, 2014).

TABELA 1. Características físicas e químicas dos substratos Substrato comercial, Substrato comercial + fibra de coco e solo + areia + húmus.

Substratos X Recipientes	Características					
	Densidade úmida	Densidade da amostra seca ao ar	Porosidade%	Espaço de aeração %	pH	CE mS/cm
Célula x S+A+H	1,25	1,12	11	21	7,8	1,33
Célula x SC+PC	0,61	0,33	39	27	5,7	0,57
Célula x SC	0,63	0,59	41	29	5,3	1,32
Tubete x S+A+H	1,25	1,31	24	10	7,8	1,33
Tubete x SC+PC	0,61	0,33	20	4	5,7	0,57
Tubete x SC	0,63	0,59	23	4	5,3	1,32
Copo x S+A+H	1,25	1,31	29	5	7,8	1,33
Copo x SC+PC	0,61	0,33	24	4	5,7	0,57
Copo x SC	0,63	0,59	28	4	5,3	1,32

SC- Substrato comercial; PC- Pó de Coco; S- Solo; A- Areia; H- Húmus.

Para verificar a eficiência do inóculo, em cada repetição foi estabelecida uma parcela com tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Santa Clara, que é padrão de suscetibilidade aos nematoides das galhas.

O semeio foi realizado a 1 cm de profundidade, colocando-se três frutos de coentro ou três sementes de tomate por recipiente, sendo o desbaste realizado após a germinação quando as plantas apresentaram a primeira folha definitiva, deixando-se uma planta.

A irrigação foi realizada manualmente, a depender da necessidade hídrica da cultura. Após a germinação, por três dias da semana realizou-se fertirrigação com solução nutritiva adaptada a partir da proposta por Furlani et al. (1999), composta por macro e micronutrientes.

Aos 15 dias após a semeadura, com o auxílio de seringa veterinária, foi realizada a inoculação de 1200 ovos por recipiente a uma distância de aproximadamente 0,5 cm do colo da planta, diretamente no substrato. O inóculo foi obtido de fontes mantidas em tomateiros, cultivar Santa Clara.

A avaliação das plantas iniciou aos 45 dias após a inoculação, determinando-se a incidência de galhas nos torrões, que posteriormente foram lavados em água parada. Em seguida as galhas foram novamente contabilizadas e procedeu-se a extração dos ovos de cada planta isoladamente, segundo a metodologia proposta por Hussey & Barker (1973) e modificada por Boneti & Ferraz (1981), sendo estes armazenados com água, em recipientes identificados e colocados na câmara fria até a realização da contagem do número de ovos por planta. Na quantificação do número de ovos utilizou-se lamina de Peters e microscópio com o aumento de 40X.

Foram utilizadas as escalas de notas para as características incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR) e número de ovos (NO). Para o caráter IG, nota 1 = zero galhas; 2 = uma ou duas galhas; 3 = três a dez galhas; 4 = onze a 30 galhas e 5 = mais de 30 galhas. Para o NGSR, nota 1 = número de galhas ≤ 10 ; 2 = número de galhas ≥ 11 e ≤ 20 ; 3 = número de galhas ≥ 21 e ≤ 30 ; 4 = número de galhas ≥ 31 e ≤ 40 e 5 = número de galhas ≥ 40 (DINIZ et al., 2018). Para o NO, nota 1 = número de ovos < 1200 ; 2 = número de ovos de 1200 – 2400; 3 = número de ovos de 2401 – 3600; 4 = número de ovos de 3600 – 4800 e 5 = número de ovos ≥ 4801 (DINIZ, 2012).

O fator de reprodução (FR) foi utilizado para verificar a reação das cultivares de coentro ao *M. incognita* raça 1 segundo a escala proposta por Oostenbrink (1966), sendo consideradas resistentes as progênies com $FR < 1$ e suscetível as que apresentarem $FR > 1$, sendo o fator de reprodução o quociente entre a população final (Pf) e inicial do nematoide (Pi).

Os dados foram transformados em \sqrt{x} para atender as pressuposições da análise de variância, sendo as médias dos tratamentos agrupadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. As análises foram realizadas pelo aplicativo computacional SISVAR (FERREIRA, 2011).

Visando obter o tamanho ótimo da parcela experimental, foram utilizados os dados das parcelas originalmente instaladas para realizar 2.000 amostragens aplicadas em simulações a fim de estimar o $CV\%_e$ para os tamanhos das parcelas,

iniciando com duas plantas e incremento de uma planta, até alcançar 20 plantas por parcela. Para tal processo utilizou-se o programa estatístico GENES (CRUZ, 2013). O tamanho ótimo da parcela experimental foi determinado pelo método da máxima curvatura modificado proposto por Lessman & Atkins (1963). Neste, a relação entre o coeficiente de variação e o tamanho da parcela com X unidades básicas é explicado pelo modelo de regressão $CV = aX^{-b}$, em que a e b são os parâmetros a serem estimados. A partir da função de curvatura dada por esse modelo, determinou-se o valor da abscissa onde ocorre o ponto de máxima curvatura, dada por: $X_0 = [a.b(2.b+1)/b+2]^{1/2+2b}$, em que X_0 é o valor da abscissa no ponto de máxima curvatura, o qual corresponde à estimativa do tamanho ótimo da parcela experimental (MEIER & LESSMAN, 1971).

RESULTADOS E DISCUSSÕES

Houve diferenças significativas para a interação tripla, cultivares X recipientes X substratos, ao nível de 5 % de probabilidade para incidência de galhas e número de galhas no sistema radicular e a 1% de probabilidade para número de ovos e fator de reprodução (Tabela 2). Os coeficientes de variação experimental variaram de 13,52%, para incidência de galhas, a 24,68% para número de ovos.

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos caracteres incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) em cultivares de coentro, inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 1.

FV	GL	QM			
		IG	NGSR	NO	FR
Bloco	2	0,07	1,64	1,12	0,20
Recipiente	2	20,73**	5,70**	12,81**	2,76**
Erro 1	4	0,40	0,90	0,16	0,03
Substrato	2	3,70**	1,76*	8,76**	3,11**
Substrato * Recipiente	4	2,58**	0,95*	0,74	0,52**
Cultivar	4	0,27	14,73**	2,50**	0,86**
Cultivar * Recipiente	8	0,31*	0,90*	1,87**	0,37**

Cultivar * Substrato	8	0,06	0,91*	2,44**	0,45**
Cultivar * Recipiente * Substrato	16	0,28*	0,72*	2,24**	0,28**
Erro 2	88	0,1328	0,3822	0,3862	0,0449
CV (%)		13,52	17,53	24,68	14,14
Média		2,6956	3,5270	2,5185	1,4990

* Significativo a 5% de probabilidade

** Significativo a 1% de probabilidade

As cultivares Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz responderam aos tratamentos utilizados, expressando diferenças nas médias obtidas para todas as variáveis em estudo. Na Tabela 3 encontram-se os resultados obtidos pelo teste de Scott-Knott para as variáveis incidência de galhas, número de galhas no sistema radicular, número de ovos e fator de reprodução das cinco cultivares avaliadas.

Tabela 3. Teste de agrupamento de Scott-Knott para a incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR), para a avaliação de cultivares de coentro em casa de vegetação para resistência ao *M. incognita* raça 1. Recife, UFRPE, 2016.

Variáveis	Recipientes	Substratos	Cultivares				
			Verdão	Tabocas	Tapacurá	Palmeira	HTV
IG	Copo	SC	2,15 aA α	2,68 aB α	2,60 aA α	2,17 aA α	2,27 aA α
		SC + PC	1,93 aA α	2,37 aB α	2,42 aA α	2,17 aA α	2,85 aB α
		S + A + H	2,20 aA β	1,82 aA α	3,33 bB β	2,47 aA β	2,17 aA β
	Tubete	SC	2,85 aB β	2,50 aB α	2,82 aB α	2,63 aB α	2,50 aB α
		SC + PC	2,67 aB β	2,65 aB α	2,78 aB α	3,00 aB β	2,37 aB α
		S + A + H	1,22 aA α	1,48 aA α	1,42 aA α	1,40 aA α	1,30 aA α
	Bandeja	SC	3,62 aA γ	3,45 aA β	3,47 aA β	3,78 aA β	3,43 aA β
		SC + PC	3,90 aA γ	3,28 aA β	3,63 aA β	3,55 aA β	3,35 aA β
		S + A + H	3,38 aA γ	3,53 aA β	3,20 aA β	3,40 aA γ	3,15 aA γ
	Copo	SC	4,95 dA α	3,55 cA β	4,03 cA α	2,82 bA α	1,72 aA α
		SC + PC	4,45 aA α	3,63 aA α	3,38 aA α	3,94 aB α	4,40 aB β

NGSR	Tubete	S + A + H	4,70 bA α	3,02 aA β	3,75 aA β	3,02 aA α	3,62 aB β
		SC	4,97 cA α	2,40 aA α	3,75 bB α	2,97 aA α	2,32 aA α
		SC + PC	5,00 bA α	2,87 aA α	2,83 aA α	3,40 aA α	2,52 aA α
	Bandeja	S + A + H	4,97 bA α	2,02 aA α	2,25 aA α	2,27 aA α	2,32 aA α
		SC	4,77 aA α	3,95 aA β	3,48 aA α	4,15 aA β	3,95 aA β
		SC + PC	4,69 bA α	3,32 aA α	3,63 aA α	3,97 aA α	3,28 aA α
NO	Copo	S + A + H	4,92 bA α	3,17 aA β	3,33 aA β	3,10 aA α	3,17 aA β
		SC	2,33 aB α	3,00 bA α	3,33 bB β	2,33 aA α	2,00 aA α
		SC + PC	1,00 aA α	4,33 dB β	2,33 bA α	3,00 cA α	3,33 cA α
	Tubete	S + A + H	1,00 aA α	2,00 aA α	3,67 bB γ	1,67 aA α	2,67 bA β
		SC	2,33 aB α	2,00 aB α	2,00 aB α	2,33 aA α	2,33 aB α
		SC + PC	2,33 aB β	3,00 aB α	2,33 aB α	2,33 aA α	2,67 aB α
Bandeja	S + A + H	1,00 aA α	1,00 aA α	1,00 aA α	2,00 aA α	1,00 aA α	
	SC	2,67 aA α	5,00 cB β	2,33 aA α	3,67 bB β	2,33 aA α	
	SC + PC	4,00 bB γ	4,00 bB β	3,67 bB β	2,00 aA α	2,67 aA α	
FR	Copo	S + A + H	2,00 aA α	1,67 aA α	2,33 aA β	4,67 bB β	2,67 aA β
		SC	1,37 aB α	1,80 bB α	1,88 bA β	1,47 aA α	1,28 aA α
		SC + PC	0,76 aA γ	2,44 cC γ	1,61 bA α	1,72 bA α	1,75 bB α
	Tubete	S + A + H	0,63 aA α	1,20 bA β	1,94 cA γ	1,18 bA α	1,67 cB β
		SC	1,35 aB α	1,47 aB α	1,46 aB α	1,50 aA α	1,49 aB α
		SC + PC	1,51 aB β	1,68 aB α	1,58 aB α	1,49 aA α	1,61 aB α
Bandeja	S + A + H	0,42 aA α	0,57 aA α	0,74 aA α	1,32 bA α	0,47 aA α	
	SC	1,69 aB α	2,42 cC β	1,59 aA α	2,01 bB β	1,54 aA α	
	SC + PC	1,97 bB α	2,05 bB β	1,94 bB α	1,50 aA α	1,56 aA α	
		S + A + H	1,21 aA β	1,29 aA β	1,42 aA β	2,28 bB β	1,63 aA β

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, maiúscula para substrato e grega para recipiente na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. SC- Substrato comercial; PC- Pó de Coco; S- Solo; A- Areia; H- Húmus.

Dentro das cultivares houve ampla variação entre os tratamentos utilizados (Tabela 3). Na cultivar Verdão, para incidência de galhas, o uso de bandeja com qualquer dos substratos diferiu significativamente dos demais recipientes, apresentando as maiores médias, enquanto que na variável número de galhas no sistema radicular os recipientes X substratos não diferiram entre si. Para número de

ovos a bandeja com Substrato comercial + fibra de coco e copo ou tubete com Substrato comercial apresentaram diferenças significativas dos demais e maiores médias, enquanto que para o fator de reprodução o uso do Substrato comercial diferiu significativamente dos outros substratos, apresentando as maiores médias. Desta forma, para realizar a seleção dentro da cultivar Verdão pode ser utilizado o substrato Substrato comercial com qualquer um dos três recipientes.

Na cultivar Tabocas, para incidência de galhas, o uso de bandeja com qualquer dos substratos apresentou as maiores médias, enquanto que na variável número de galhas no sistema radicular os tratamentos bandeja com Substrato comercial, bandeja com solo + areia + húmus e copo com Substrato comercial apresentaram as maiores médias. Para número de ovos, os tratamentos bandeja com Substrato comercial + pó de coco, bandeja com Substrato comercial e copo com Substrato comercial + pó de coco foram os que apresentaram maiores médias, enquanto que para o fator de reprodução apenas a bandeja com Substrato comercial e o copo com Substrato comercial + pó de coco promoveram as maiores médias. Com isso, para realizar a seleção dentro da cultivar Tabocas o melhor tratamento a ser utilizado é a bandeja com Substrato comercial, por ser o que expressa os melhores resultados para as variáveis avaliadas.

Observando o desempenho dentro da cultivar Tapacurá para incidência de galhas, percebe-se que os tratamentos composto pela bandeja com qualquer um dos três substratos expressaram as maiores médias. Já para número de galhas no sistema radicular, a maioria dos tratamentos não diferiram entre si, exceto os compostos pelo tubete com Substrato comercial + pó de coco e solo + areia + húmus. O número de ovos teve suas maiores médias nos tratamentos copo com Substrato comercial, copo com solo + areia + húmus e bandeja com Substrato comercial + pó de coco. Para o fator de reprodução os tratamentos bandeja com Substrato comercial, bandeja com solo + areia + húmus, tubete com Substrato comercial e tubete com solo + areia + húmus expressaram médias inferiores. Levando em consideração as quatro variáveis em estudo, os tratamentos copo com Substrato comercial ou solo + areia + húmus promoveu a obtenção de resultados superiores possibilitando a seleção dentro da cultivar Tapacurá.

Para a cultivar Palmeira, na variável incidência de galhas os tratamentos compostos por bandeja com qualquer dos substratos e tubete com Substrato

comercial + pó de coco apresentaram as maiores médias. Já para o número de galhas no sistema radicular, a bandeja com Substrato comercial apresentou média superior às demais. Enquanto que para o número de ovos e fator de reprodução os tratamentos que apresentaram médias superiores foram bandeja com Substrato comercial ou solo + areia + húmus. Desta forma, o uso de bandeja com Substrato comercial é o tratamento no qual se obtêm as maiores médias para as variáveis em estudo.

Na cultivar HTV Dom Luiz para incidência de galhas o uso de bandeja com qualquer um dos três substratos obtiveram as maiores médias. Para número de galhas no sistema radicular, os tratamentos em bandeja com Substrato comercial ou solo + areia + húmus e copo com solo + areia + húmus diferiram dos demais, obtendo os melhores desempenhos. Já para número de ovos e fator de reprodução os tratamentos que apresentaram médias inferiores foram tubete com solo + areia + húmus, para ambas as variáveis, e copo com Substrato comercial apenas para o fator de reprodução. O tratamento bandeja com Substrato comercial ou solo + areia + húmus é o que apresentou bons resultados para as quatro variáveis avaliadas, sendo desta forma, indicados para a seleção dentro da cultivar HTV Dom Luiz.

Entre as cultivares, para a variável incidência de galhas não houve diferença significativa para a maioria dos tratamentos, exceto para copo com solo + areia + húmus onde a cultivar Tapacurá apresentou média superior às demais. Por apresentar baixa capacidade de identificar diferença entre os genótipos, tal variável não é uma boa opção para seleção entre cultivares. Na variável número de galhas no sistema radicular, não houve diferença significativa entre as cultivares apenas nos tratamentos copo com Substrato comercial + pó de coco e bandeja com Substrato comercial. A cultivar Verdão apresentou médias superiores às demais, sendo o tratamento copo com Substrato comercial o que foi capaz de identificar maior diferença entre as cultivares avaliadas. Para as variáveis número de ovos e fator de reprodução, nos tratamentos com tubete não houve diferença significativa entre as cultivares, enquanto que todos os demais tratamentos foram capazes de diferenciá-las, sendo o uso de copo com Substrato comercial + pó de coco e bandeja com Substrato comercial os que apresentaram maior capacidade em diferenciar os genótipos em estudo.

A avaliação quanto à resistência a meloidoginose exige a adoção de método eficiente, rápido e prático para que grandes populações de plantas possam ser analisadas em pouco tempo (CARNEIRO et al., 1992). Logo, a escolha da interação recipiente X substrato que expresse maior variabilidade (genética) possível é fundamental para aumentar a herdabilidade ($h^2 = \sigma_g / \sigma_t$) e, conseqüentemente, o ganho com a seleção. Pois, a herdabilidade influencia diretamente sobre o ganho com a seleção ($G = i \cdot \sigma_p \cdot h^2$) (BORÉM & MIRANDA, 2013), desta forma, quanto maior a herdabilidade maior o ganho. Com base no exposto, o uso de copo com Substrato comercial e bandeja com Substrato comercial apresentaram as maiores médias para realizar a seleção entre as cultivares, possibilitando a diferenciação dos genótipos (Tabela 3). Os tratamentos que diferiram dos demais, com médias superiores, são os mais indicados, por possibilitar o desenvolvimento do patógeno e capacidade de infectar da planta, sendo os genótipos com baixos valores para as variáveis relacionadas a sintomatologia da doença, os que apresentam comportamento superior aos demais genótipos quanto a resistência ao nematoide.

Embora as cinco cultivares avaliadas sejam suscetíveis ao nematoide, os resultados obtidos indicaram que o uso do fator tubete X solo + areia + húmus para a maioria das cultivares, exceto a Palmeira, iria mascarar os genótipos em estudo, os quais seriam classificados como resistentes por obterem $FR < 1$. Da mesma forma nos tratamentos copo com Substrato comercial + pó de coco e solo + areia + húmus na cultivar Verdão também apresentaram $FR < 1$. Tais resultados não foram devido a resistência genética das cultivares, mas ao efeito do ambiente, especificamente a estrutura do tubete que possivelmente desfavoreceu o patógeno, interferindo no processo seletivo efetuado pelo melhorista (Tabela 3).

Jesus et al. (2009) verificaram variação do FR em função do tipo de substrato, mesmo sob baixas densidades populacionais (2.000 ovos), nessas condições as plantas de bananeira 'Prata Anã' apresentaram porte raquítico. O tipo de recipiente também influencia na expressão da reação de genótipos inoculados com o *Meloidogyne incognita*, fato evidenciado por Carneiro et al. (1992) em *Phaseolus vulgaris* L., comparando o efeito de três recipientes (caixa de isopor "Plantagil 1477" de 128 células de 70 cm³, copos plásticos de 200 cm³ e vasos plásticos de 3000 cm³) na expressão da resistência de feijoeiro verificaram que o vaso plástico de 3 L foi o mais inviável, devido a dispersão de ovos em seu grande volume, feita pela

água de irrigação. Com isso, a depender do tipo de substrato e recipiente utilizados pode haver variação do fator de reprodução, acarretando em classificação errônea dos genótipos, sendo fundamental a identificação da interação (recipiente X substrato) capaz de identificar o real potencial genético dos genótipos em avaliação.

As perdas causadas por nematoides estão diretamente relacionadas às suas populações, à idade da planta, ao tipo de solo, e às condições climáticas (DAVIDE, 1980; QUÉNÉHERVÉ, 1988). Desta forma, o tipo de substrato utilizado em experimento avaliando genótipos de plantas quanto à resistência a nematoides, influenciam no desenvolvimento do patógeno e na capacidade de infecção, assim, o Substrato comercial destacou-se como melhor opção entre os substratos utilizados, devido sua praticidade, facilidade de remoção do sistema radicular e capacidade de expressar o potencial dos genótipos quanto a resistência ao patógeno; viabilizando a quantificação das galhas e extração dos ovos do nematoide.

A combinação Substrato comercial + pó de coco apresentou médias superiores em alguns dos tratamentos, porém, o pó de coco se adere ao sistema radicular de tal forma que dificulta a contagem de galhas e extração de ovos, inviabilizando o uso desse substrato. Além disso, Carrijo (2002) ressalta o potencial da fibra de coco na composição de condicionadores de solo com características nematicidas, entretanto, no presente trabalho, o uso do pó de coco associada ao Substrato comercial não afetou a infestação do patógeno, possivelmente isto ocorreu por esta não estar integrada no sistema solo.

Nos resultados obtidos para as análises físicas dos substratos, as maiores densidades foram obtidas para o substrato solo + areia + húmus, resultando na menor porosidade e espaço de aeração, características importantes para a planta e o patógeno. A diferença entre a densidade úmida e da amostra seca ao ar foi maior para Substrato comercial + pó de coco, sendo esse um substrato com boa retenção de umidade devido principalmente à presença do pó de coco. Tanto para porosidade quanto para espaço de aeração, o Substrato comercial X célula (bandeja) apresentou os maiores valores (Tabela 1).

Diversos fatores, como temperatura, umidade, pH e textura de solo, influenciam na duração do ciclo de vida das espécies do gênero *Meloidogyne* (RIBEIRO *et al.*, 2009), sendo fundamental a manutenção de filmes de água no solo para possibilitar a movimentação dos nematoides (LEWIS, 2002), onde a drenagem

em excesso é um limitante ao deslocamento do patógeno. Embora o Substrato comercial X célula (bandeja) tenha apresentado maior espaço de aeração, correspondente a 29% da porosidade, há 71% do espaço poroso destinado ao armazenamento de água e/ou solução nutritiva, não limitando o deslocamento, e consequente capacidade de parasitar as raízes da planta, pois é importante tanto o fornecimento de umidade quanto a oxigenação, conforme o exposto por Kung et al. (1990) que ressalta a baixa aeração como um fator que reduz significativamente a sobrevivência dos nematoides entomopatogênicos. Independente do substrato utilizado a interação do copo e do tubete, com esses, resultou em valores de aeração inferiores aos apresentados para bandeja, sendo esse o recipiente com melhor capacidade de aeração e retenção de água e/ou solução nutritiva.

As análises químicas dos substratos, presentes na tabela 1, apresentaram pH de 7,8 (solo + areia + húmus), 5,7 (Substrato comercial + pó de coco) e 5,3 (Substrato comercial). De acordo com Massaroto & Yamashita (2011) a maioria dos nematoides desenvolvem-se melhor em pH variando entre 5,5 e 6,0, valores de pH acima de 7,0 um limitante ao desenvolvimento de nematoides. Desta forma, o substrato solo + areia + húmus foi o único que apresentou o pH acima da faixa favorável para o nematoide. Os valores de CE variaram de 0,57 (Substrato comercial + pó de coco) a 1,33 (solo + areia + húmus), todos inferiores aos utilizados por Rebouças *et al.* (2013) que foram entre 2,55 e 12,34 dS.m⁻¹, onde foi observado que o aumento da CE promoveu redução linear para o crescimento e a produção do coentro. Assim, nenhum dos substratos avaliados apresentaram CE que pudesse limitar o desenvolvimento da cultura.

As estimativas dos pontos de máxima curvatura foram obtidas de valores algebricamente arredondados (optando-se por arredondar para cima), a partir das regressões cujos valores dos coeficientes de determinação (R^2) foram superiores a 90% (Tabela 4). Tais valores indicam que as regressões são capazes de explicar os valores obtidos para o tamanho ótimo da parcela. Houve uma variação entre as variáveis e cultivares em relação ao tamanho ótimo estimado. Na variável incidência de galhas o menor valor obtido foi para a cultivar Verdão ($X_0 = 1,76$) e o maior foi observado em Tapacurá ($X_0 = 4,58$). Entre as três características avaliadas incidência de galhas, número de galhas no sistema radicular e número de ovos, esta última foi a que apresentou maiores valores para X_0 , sendo por este motivo,

escolhida para determinar o tamanho ótimo que possa ser utilizado em programas de melhoramento de coentro que visem avaliar os mesmos caracteres utilizados no presente trabalho. Assim, o maior valor obtido foi $X_0 = 4,74 \approx 5,00$ plantas por parcela.

TABELA 4. Regressões, coeficientes de determinação (R^2) e estimativas dos tamanhos ótimos de parcelas (X_0) para cultivares de coentro, em casa de vegetação inoculadas com *M. incognita* raça 1.

Variáveis	Cultivares					
	Verdão	Tabocas	Tapacurá	Palmeira	HTV Dom Luiz	
IG	Regressão	$y = 22,03x^{-0,117}$	$y = 23,74x^{-0,153}$	$y = 19,93x^{-0,3}$	$y = 20,49x^{-0,174}$	$y = 24,77x^{-0,124}$
	$R^2(\%)$	94	95	98	96	94
	X_0	1,76	2,57	4,58	2,50	2,14
NGSR	Regressão	$y = 26,45x^{-0,105}$	$y = 27,34x^{-0,107}$	$y = 27,88x^{-0,103}$	$y = 28,40x^{-0,078}$	$y = 32,97x^{-0,08}$
	$R^2(\%)$	91	93	93	92	95
	X_0	1,92	2,03	1,99	1,52	1,83
NO	Regressão	$y = 33,57x^{-0,18}$	$y = 23,65x^{-0,241}$	$y = 29,26x^{-0,145}$	$y = 27,52x^{-0,162}$	$y = 36,73x^{-0,118}$
	$R^2(\%)$	96	97	95	96	93
	X_0	4,74	4,43	3,09	3,28	3,16

IG – incidência de galhas; NGSR – número de galhas no sistema radicular; NO – número de ovos.

O ponto de máxima curvatura deve ser interpretado como um limite inferior de tamanho de parcela, ao invés de tamanho ótimo da parcela experimental (HENRIQUES NETO et al., 2004). Desta forma, o menor tamanho a ser utilizado são 5 plantas por parcela, porém,

a utilização de 8 plantas seria a mais adequada, conforme metodologia do presente estudo, uma vez que as bandejas de 128 células são compostas em cada linha vertical por 8 células. Logo, cada linha vertical representará uma progênie ou cultivar em avaliação, facilitando o manejo experimental. Além disso, a parcela representada por oito plantas possibilita a avaliação de um maior número de indivíduos dentro de cada progênie, sendo interessante para a seleção recorrente de meios-irmãos, comumente utilizada em programas de melhoramento genético do coentro.

CONCLUSÕES

A metodologia com melhor eficiência em diferenciar cultivares de coentro, visando resistência ao *M. incognita* raça 1, consistiu no uso de bandeja de poliestireno expandido de 128 células com o Substrato comercial e parcela experimental constituída por oito plantas. O estudo da interação genótipos X ambientes é fundamental em programas de melhoramento genético de plantas que visem a obtenção de genótipos resistentes ao *M. incognita* raça 1, possibilitando maiores ganhos com a seleção a partir da adoção de ambiente adequado.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRASEM – Associação Brasileira de sementes e Mudas (2014) **Anuário**. Disponível em: <<http://www.abrasem.com.br/wp-content/uploads/2013/09/Anu%C3%Alrio-Abrasem-2014.pdf>>. Acessado em: 16 de agosto de 2016. 52 p.

Barros Júnior AP, Bezerra Neto F, Negreiros MZ, Oliveira EQ, Silveira LM and Câmara MJT (2004) Desempenho agrônômico de cultivares comerciais de coentro em cultivo solteiro sob condições de temperatura elevada e ampla luminosidade. **Caatinga 17**: 82-86.

Biondi CM, Prado MDC, Medeiros JE, Pedrosa EMR and Moura RM (2001) Tolerância do coentro ao parasitismo do nematoide *Meloidogyne incognita* Raça 1. **Nematologia Brasileira 25**: 239-241.

Bonetti JIS and Ferraz S (1981) Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira 6**: 553.

Borém A and Miranda GV (2013) **Melhoramento de Plantas**. 6^a ed. Editora UFV. 523p.

Carneiro RG, Ferraz S and Regazzi AJ (1992) Estudos de métodos de avaliação de resistência em variedades de feijoeiro. **Nematologia Brasileira 16**: 53-63.

Carrijo OA, Liz RS and Makishima N (2002) Fibra da casca do coco verde como substrato agrícola. **Horticultura Brasileira 20**: 533-535.

Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Silva RR, Ferreira S, Carvalho RRC and Maluf WR (2011) Parâmetros populacionais e correlação entre características da resistência a nematoides de galhas em alface. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias 6**: 46 - 51.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Charchar JM, Gonzaga V, Vieira JV, Oliveira VR, Moita AW and Aragão FAS (2007) Efeito da rotação de culturas no controle de *Meloidogyne* spp. em cenoura na região norte do estado de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira** 31: 173 – 179.

Cordeiro MJZ, Matos AP and Kimati H (Ed.) (2005) Doenças da Bananeira. In: Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A and Camargo LEA. **Manual de Fitopatologia: Doenças das Plantas Cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, p. 99-117.

Cruz CD (2013) GENES - a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Versão 2015. 5.0. **Acta Scientiarum Agronomy** 35: 271 – 276.

Davide RG (1980) Influence of cultivars, age, soil texture, and pH on *Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis* in banana. **Plant Disease** 64: 571-573.

Diniz GMM (2012) **Resistência do coentro (*Coriandrum sativum* L.) à *Meloidogyne incognita* (Raça 1 e 3) e *Meloidogyne javanica***. Dissertação apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento genético de plantas” – UFRPE, Recife, 56 p.

Diniz GMM, Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Oliveira CL, Chagas WFT and Santos LS (2018) Reação de cultivares de coentro ao nematoide das galhas. **Ciência Agrícola** 16: 61-68.

Fermino MH (2014) **Substratos: composição, caracterização e método de análise**. Guaíba: Agrolivros, 112 p.

Fernandes AM and Kulczynski SM (2009) Reação de cultivares de alface a *Meloidogyne incognita*. **Agrarian** 2: 143-148.

Ferreira DF (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** 35: 1039 – 1042.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Fiorini AVA, Gomes LAA, Maluf WR, Fiorini IVA, Duarte RPF and Licursi V (2005) Avaliação de populações F2 de alface quanto a resistência aos nematoides das galhas e tolerância ao florescimento precoce. **Horticultura Brasileira** **23**: 299-302.

Furlani PR, Silveira LCP, Bolonhezi D and Faquin V (1999) **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas, Instituto Agrônomo de Campinas IAC. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

Henriques Neto D, Sedyama T, Souza MA, Cecon PR, Yamanaka CH, Sedyama MAN and Viana AES (2004) Tamanho de parcelas em experimentos com trigo irrigado sob plantio direto e convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** **39**: 517-524.

Hussey RS and Barker KR (1973) A comparasion of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter** **57**: 1025-1028.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia** (2016). Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>>. 04 de abril 2016.

Jesus AM, Wilcken SRS, Kano C and Grassi Filho H (2009) Patogenicidade de *Meloidogyne incognita* Raça 2 a Bananeira ‘Prata Anã’ em Diferentes Substratos. **Nematologia Brasileira** **33**: 37-44.

Kung SP, Gaugler R and Kaya HK (1990) Soil type and entomopathogenic nematodes persistence. **Journal of Invertebrate Pathology** **55**: 401-406.

Lessman KJ and Atkins RE (1963) Optimum plot size and relative efficiency of lattice designs for grain sorghum yield test. **Crop Science** **3**: 477- 481.

Lewis EE, Campbell JF and Sukhdeo MVK (2002) **The behavioural ecology of parasites**. 1^a ed. CABI. 384p.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Massaroto JA and Yamashita OM (2011) Propriedades do solo relacionadas à inundação para o controle de nematoides. **Revista de Ciências Agro-Ambientais** **9**: 153-163.

McCarter JP (2008) The genome sequence of the plant-parasitic roundworm *Meloidogyne incognita* opens new avenues to boosting food production. **Nature Biotechnology** **26**: 882 - 884.

Meier VD and Lessman RJ (1971) Estimation of optimum field plot shape and size for testing yield in *Crambe abyssinica* Hochst. **Crop Science** **11**: 648-645.

Oliveira NS (2013) **Parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor**. Dissertação apresentada a Universidade Federal Rural de Pernambuco. Pós-Graduação em Melhoramento genético de plantas, Recife. 48 p.

Oostenbrink M (1966) Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen Van De Landbouwhogeschool Te Wageningen** **66**: 1 – 46.

Paiva TCG and Santos MA (2004) Reação de cultivares de ervilha a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Bioscience Journal** **20**: 73-76.

Quénéhervé P (1988) Population of nematodes in soils under banana cv. Poyo in the Ivory Coast, 2. Influence of soil texture, pH and organic matter on nematode populations. **Revue de Nématologie** **1**: 245-251.

Rebouças JRL, Ferreira Neto M, Dias NS, Souza Neto ON, Diniz AA and Lira RB (2013) Cultivo hidropônico de coentro com uso de rejeito salino. **Irriga** **18**: 624-634.

Ribeiro RCF, Costa CC, Xavier AA, Figueiredo FP, Oliveira FG, Campo VP, Dias-Arieira CR and Mizobutsi EH (2009) Efeito de diferentes lâminas de irrigação sobre a população de *Meloidogyne javanica* e a produtividade de bananeira no norte de Minas Gerais. **Revista Brasileira Fruticultura** **31**: 090-095.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Taylor DT and Sasser JN (1983) **Biología, identificación y control de los nematodos de nódulo de la raíz (*Meloidogyne* species)**. North Carolina State University and USAID. 111 p.

Tihohod D (2000) **Nematologia agrícola aplicada**. 2^a ed. Jaboticabal: Funep. 372p.

CAPÍTULO III

REAÇÃO DE CULTIVARES DE COENTRO EM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE INÓCULO DE *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Reação de cultivares de coentro em diferentes concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1

Ana Maria Maciel dos Santos, Kleyton Danilo da Silva Costa, Cristina dos Santos Ribeiro Martins, Jordana Antônia dos Santos Silva, Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho, José Luiz Sandes de Carvalho Filho

RESUMO

A busca por genótipos resistentes aos nematoides tem sido foco de diversos programas de melhoramento genético no país, para diferentes espécies cultivadas. O coentro está entre as hortaliças folhosas mais produzidas e consumidas no Brasil, especialmente nas regiões Norte e Nordeste. Contudo, a presença de nematoides tem sido fator limitante a sua produção, causando prejuízos aos produtores. A resistência aos nematoides das galhas é uma característica indispensável para as novas cultivares de coentro a serem lançadas no mercado. Sendo fundamental a utilização de metodologia adequada na avaliação das cultivares e acessos disponíveis aos programas de melhoramento. Com isso, o presente trabalho avaliou cinco cultivares de coentro (Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz) inoculadas na sementeira com diferentes concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1 (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 ovos/planta), em um experimento conduzido no delineamento inteiramente causalizado com três repetições e parcela experimental constituída por quatro plantas. Após a sementeira iniciou-se a avaliação da germinação e manutenção do estande. Aos 30 dias após a inoculação verificou-se o comprimento do sistema radicular, a incidência de galhas, o número de galhas no sistema radicular, o número de ovos e fator de reprodução. Com base nas variáveis analisadas, a concentração de inóculo com 1.000 ovos/planta é a mais indicada, por possibilitar um bom desenvolvimento do sistema radicular e classificar corretamente os genótipos por meio do fator de reprodução do patógeno. Observou-se também que a inoculação na sementeira e avaliação aos 30 dias foram suficientes para diferenciar as cultivares avaliadas e verificar a infecção causada pelo nematoide.

Palavras-chaves: *Coriandrum sativum* L., nematoides das galhas, melhoramento vegetal.

**Reaction of coriander cultivars at different inoculum concentrations of
Meloidogyne incognita race 1**

ABSTRACT

The search for nematode-resistant genotypes has been the focus of several genetic improvement programs in the country for different cultivated species. Coriander is among the most produced and consumed potherbs in Brazil, especially in the Northern and Northeastern regions. However, the presence of nematodes has been a limiting factor in their production, causing losses to producers. Resistance to the root-knot nematodes is an essential feature of the new coriander cultivars to be commercialized. The use of adequate methodology in the evaluation of the cultivars and easy accesses to breeding programs is fundamental. The present study evaluated five cultivars of coriander (Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira and HTV Dom Luiz) inoculated in sowing with different inoculum concentrations of *Meloidogyne incognita* race 1 (0, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 and 16,000 eggs/plant), in an experiment conducted in and completely randomized design with three replicates and experimental plot consisting of four plants. After sowing, the germination and maintenance of the stand began to be evaluated. At 30 days after inoculation, the root system length, the incidence of galls, the number of galls in the root system, the number of eggs and the reproduction factor were verified. Based on the analyzed variables, the concentration of inoculum with 1,000 eggs/plant is the most indicated, since it allows a good development of the root system and correctly classify the genotypes through the reproduction factor of the pathogen. It was also observed that inoculation at seeding and evaluation at 30 days were sufficient to differentiate the evaluated cultivars and to verify the infection caused by the nematoid.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., root-knot nematodes, vegetable improvement.

INTRODUÇÃO

Nos sistemas produtivos de hortaliças folhosas são diversos os fatores limitantes à produção, que vão desde os estresses abióticos aos estresses causados por pragas e doenças, como as causadas por nematoides.

Dentre os vários gêneros de nematoides presentes em áreas produtoras de hortaliças folhosas causando prejuízos aos produtores, destacam-se os nematoides *Xiphinema* spp., *Longidorus africanus*, *Pratylenchus penetrans*, *Rotylenchus robustus* e os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp). No Brasil, os nematoides das galhas são causadores dos maiores problemas nas hortaliças folhosas, com ênfase para as espécies *M. incognita* e *M. javanica*, com ampla distribuição nas regiões produtoras (PINHEIRO et al., 2010a).

O coentro é uma das folhosas atacadas pelos nematoides das galhas sendo o *M. incognita* raça 1 o de maior importância. Esse patógeno apresenta atividade durante todo o ano em locais de climas quentes e solos úmidos, sendo os juvenis de segundo estágio (J2) as formas de vida que infectam as raízes da cultura formando galhas isoladas, de pequenas dimensões, distribuídas ao longo da raiz (PINHEIRO & PEREIRA, 2016).

Apesar dos nematoides das galhas serem responsáveis por perdas de aproximadamente 5% na agricultura mundial, as tecnologias para controlá-los avançaram pouco nos últimos 30 anos (MCCARTER, 2008). Na tentativa de controlar tais patógenos, diversos métodos são utilizados: culturais, físicos, biológicos (SANTOS et al., 2006), químico (FERREIRA et. al., 2013) e o uso de cultivares resistentes, nem sempre disponíveis no mercado (MCCARTER, 2008), como é o caso do coentro.

As metodologias para verificar o comportamento das espécies vegetais quanto à reação aos nematoides das galhas baseiam-se na inoculação dos ovos do patógeno aos 13 – 15 dias após a sementeira (*Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne mayaguensis*, *Meloidogyne javanica*, e *M. Paranaensis*), com avaliação da incidência de galhas, número de galhas, número de ovos e fator de reprodução aos 45-60 dias após a inoculação (PINHEIRO et al., 2010; DIAS-ARIEIRA et al., 2009). Embora tal metodologia seja utilizada para diferentes espécies vegetais (alface, tomate, pimentão, coentro, cenoura, girassol, entre outras), é importante levar em consideração o ciclo da cultura e técnica de cultivo, a fim de estabelecer a metodologia que se adeque a cada situação específica. Neste sentido, as perdas

causadas por nematoides nas plantas, estão diretamente relacionadas às populações do patógeno (concentração do inóculo), à idade da planta, ao tipo de solo e às condições climáticas (QUÉNÉHERVÉ, 1988 & DAVIDE, 1980).

Neste sentido, a busca por identificar a concentração de inóculo mais indicada para realizar a avaliação da reação de resistência em espécies cultivadas tem motivado trabalhos em diferentes culturas, como maracujazeiro (EL-MOOR et al., 2009), cafeeiro (SANTOS, 2017), soja (TEIXEIRA, 2013), entre outras.

Para otimizar o processo seletivo e identificação de genótipos de coentro resistentes ao nematoide das galhas é fundamental o estudo de metodologia que possibilite a avaliação dos genótipos sem subestimar ou superestimar seus reais potenciais genéticos. Nesta finalidade, a inoculação do patógeno na semeadura pode ser uma opção que possibilite a seleção de indivíduos capazes de germinar e se desenvolver na presença do nematoide, limitando ou impedindo a infecção causada pelo mesmo, conseqüentemente mantendo o estande da cultura. Pois, o coentro é uma cultura implantada em canteiros por meio de semeio direto em sulcos onde as plantas permanecem até a fase de colheitas das folhas ou frutos (MAKISHIMA et al., 2010), estando desta forma, em contato com o nematoide desde a germinação.

Diante do exposto, o trabalho objetivou verificar a reação de cinco cultivares de coentro inoculadas na semeadura com diferentes concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na casa de vegetação da área de Fitotecnia do departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) com localização a 8°54'47''S, 34°54'47''W, altitude de 6 m, no período de abril a maio de 2016. As médias mensais de temperaturas registradas pela estação meteorológica do Recife Curado (automática) variaram em média entre 22,5 – 30,6°C, para temperatura mínima e máxima, respectivamente (INMET, 2018).

Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado com três repetições em arranjo fatorial composto pela interação entre cinco cultivares de coentro (Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz) e seis concentrações de inóculo de

M. incognita raça 1 (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 ovos/planta), sendo a parcela experimental composta por quatro plantas, totalizando 360 indivíduos.

Foram utilizados tubetes de 116 mL preenchido com o substrato Substrato comercial, onde foi realizada a semeadura de 2 sementes por tubete, a aproximadamente 1 cm de profundidade, seguindo-se da irrigação com água e posterior inoculação do patógeno com auxílio de uma seringa veterinária, diretamente no substrato. Obteve-se o inóculo de fontes mantidas em tomateiros, cultivar Santa Clara, sendo utilizada a metodologia proposta por Hussey & Barker (1973) e modificada por Boneti & Ferraz (1981) para extração dos ovos do *M. incognita* raça 1.

A irrigação manual e diária foi realizada em quantidade suficiente para atender a demanda hídrica da cultura, tomando as devidas precauções para evitar a drenagem, evitando a lixiviação do inóculo. Após a germinação, verificou-se a porcentagem de plântulas emergentes (PPE), e por três dias da semana, realizou-se fertirrigação com solução nutritiva (200 g/1.000 L de MAP, 400 g/1.000 L de sulfato de magnésio, 25 g/1.000 L de Quelatec, 25 g/1.000 L de Ultraferro, 750 g/1.000 L de nitrato de cálcio e 450 g/1.000 L de nitrato de potássio.). Quando as plântulas apresentavam a primeira folha definitiva, procedeu-se o desbaste, deixando uma plântula por tubete.

Aos 30 dias após a inoculação do patógeno, foram realizadas as avaliações das variáveis: porcentagem de plantas sobreviventes (PPS), comprimento do sistema radicular em cm (CSR), incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e a estimação do fator de reprodução (FR). Utilizaram-se escalas de notas para as características incidência de galhas, número de galhas e número de ovos, sendo todas constituídas por cinco notas. Para incidência de galhas, nota 1 = zero galhas; 2 = uma ou duas galhas; 3 = três a dez galhas; 4 = onze a 30 galhas e 5 = mais de 30 galhas. Para o número de galhas, nota 1 = número de galhas ≤ 10 ; 2 = número de galhas ≥ 11 e ≤ 20 ; 3 = número de galhas ≥ 21 e ≤ 30 ; 4 = número de galhas ≥ 31 e ≤ 40 e 5 = número de galhas ≥ 41 . Para o número de ovos, nota 1 = número de ovos < 1200 ; 2 = número de ovos de 1200 – 2400; 3 = número de ovos de 2401 – 3600; 4 = número de ovos de 3600 – 4800 e 5 = número de ovos ≥ 4801 (Diniz, 2012).

Os ovos foram extraídos do sistema radicular, segundo a metodologia proposta por Hussey & Barker (1973) e modificada por Boneti & Ferraz (1981), posteriormente armazenados com água em recipientes identificados e colocados na câmara fria até a realização da contagem do número de ovos por planta. A quantificação do número de ovos foi realizada colocando-se 2 mL da suspensão de ovos em lâmina de Peters, sendo em seguida utilizado o microscópio com o aumento de 40X para visualização e contagem, utilizando contador mecânico com quatro dígitos.

Quanto à reação das cultivares de coentro ao patógeno foi utilizada a escala de Oostenbrink (1966), sendo consideradas resistentes as cultivares com $FR < 1$ e suscetível as que apresentarem $FR > 1$.

O valor obtido para cada variável na parcela foi resultante da média aritmética das plantas presentes em cada parcela experimental. Os dados obtidos foram transformados por \sqrt{x} adequando-se as suposições da análise de variância, exceto para as variáveis: emergência das plântulas, porcentagem de plantas e comprimento do sistema radicular. Posteriormente, submetidos à análise de variância, sendo as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Efetuou-se a análise de regressão visando compreender o efeito das diferentes concentrações de inóculo sobre o número de galhas no sistema radicular e fator de reprodução em cada um dos genótipos de coentro avaliados. As análises foram feitas usando o aplicativo estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), sendo os gráficos das regressões significativas a 1% ou 5%, elaborados no Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação cultivares*inóculos foi significativa a 5% de probabilidade para as variáveis NGSR e FR. Para IG e NO a interação entre as fontes de variação não foi significativa. Entretanto, ocorreram diferenças significativas nas fontes de variação cultivares e inóculos ao nível de 1% de probabilidade. Os coeficientes de variação oscilaram entre 16,92 % (IG) a 43,24 % (FR) (Tabela 1).

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos caracteres incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) em cultivares de coentro, inoculadas com diferentes concentrações de *Meloidogyne incognita* raça 1.

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		IG	NGSR	NO	FR
Cultivares	4	1,114**	1,320**	1,441**	2,525**
Inóculos	4	1,147**	1,256**	0,902**	7,987**
Cultivares*Inóculos	16	0,098 ^{ns}	0,112*	0,147 ^{ns}	0,419*
Erro	50	0,065	0,055	0,107	0,187
CV(%)_e		16,92	15,32	20,38	43,24
Média		1,50	1,53	1,61	0,99

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

* Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

^{ns} Não significativo pelo teste F.

Para a reação de genótipos de coentro ao *M. incognita* raça 1 quanto ao número de ovos e fator de reprodução, tem-se obtido valores de CV%_e acima de 20, como os encontrados por Diniz (2012) e Santos (2014) de 30,96 para número de ovos e 40,99 para o fator de reprodução, respectivamente. Isso demonstra que os resultados obtidos no presente estudo estão dentro dos observados para a cultura nos caracteres em questão.

Em trabalhos avaliando diferentes concentrações dos nematoides das galhas quanto a reação de genótipos de tomate cereja (BELAN et al., 2011), soja (TEIXEIRA, 2013) e algodoeiro (ABRÃO & MAZZAFERA, 2001) verificou-se reações distintas dos genótipos em função da concentração do inóculo, evidenciando que a depender do genótipo dentro da mesma espécie há diferentes comportamentos perante o patógeno, sendo necessária a identificação da concentração de inóculo a ser utilizada em experimentos que possibilite resultados mais confiáveis e obtenção de genótipos resistentes.

Para as variáveis PPE e CSR a interação cultivares*inóculos foi significativa a 5% e 1% de probabilidade, com coeficientes de variação de 6,64% e 3,60%, respectivamente. Já para PPS não houve interação significativa entre as fontes de variação, entretanto, ocorreu diferença nas fontes de variação cultivares e inóculos

ao nível de 1% de probabilidade, apresentando coeficiente de variação de 29,71% (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância dos caracteres porcentagem de plântulas emergentes (PPE), porcentagem de plantas sobreviventes (PPS) e comprimento do sistema radicular (CSR) em cultivares de coentro, inoculadas com diferentes concentrações de *Meloidogyne incognita* raça 1.

FV	GL	Quadrados médios		
		PPE	PP	CSR
Cultivares	4	277,78 ^{**}	9281,25 ^{**}	108,24 ^{**}
Inóculos	5	77,78 ^{ns}	7466,67 ^{**}	173,83 ^{**}
Cultivares*Inóculos	20	77,78 [*]	539,58 ^{ns}	22,69 ^{**}
Erro	60	41,67	354,17	0,17
CV (%)		6,64	29,71	3,60
Média		97,22	63,33	11,60

^{**} Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F. ^{*} Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} Não significativo pelo teste F.

A porcentagem de plântulas emergentes não diferiu significativamente entre as cultivares para a maioria das concentrações do inóculo, exceto para as concentrações 1.000 ovos/planta e 4.000 ovos/planta, em que as cultivares Palmeira e Tapacurá apresentaram as menores médias, respectivamente (Tabela 3).

Tabela 3. Teste de agrupamento de Scott-Knott para as variáveis porcentagem de plântulas emergentes (PPE), porcentagem de plantas sobreviventes (PPS), comprimento do sistema radicular (CSR), incidência de galhas (IG), número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) em cultivares de coentro em casa de vegetação inoculadas com diferentes concentrações de *M. incognita* raça 1.

Variáveis	Concentração ovos/planta	Cultivares				
		Verdão	Tabocas	Tapacurá	Palmeira	HTV Dom Luiz
PPE (%)	0	100 a	100 a	100 a	100 a	100 a

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

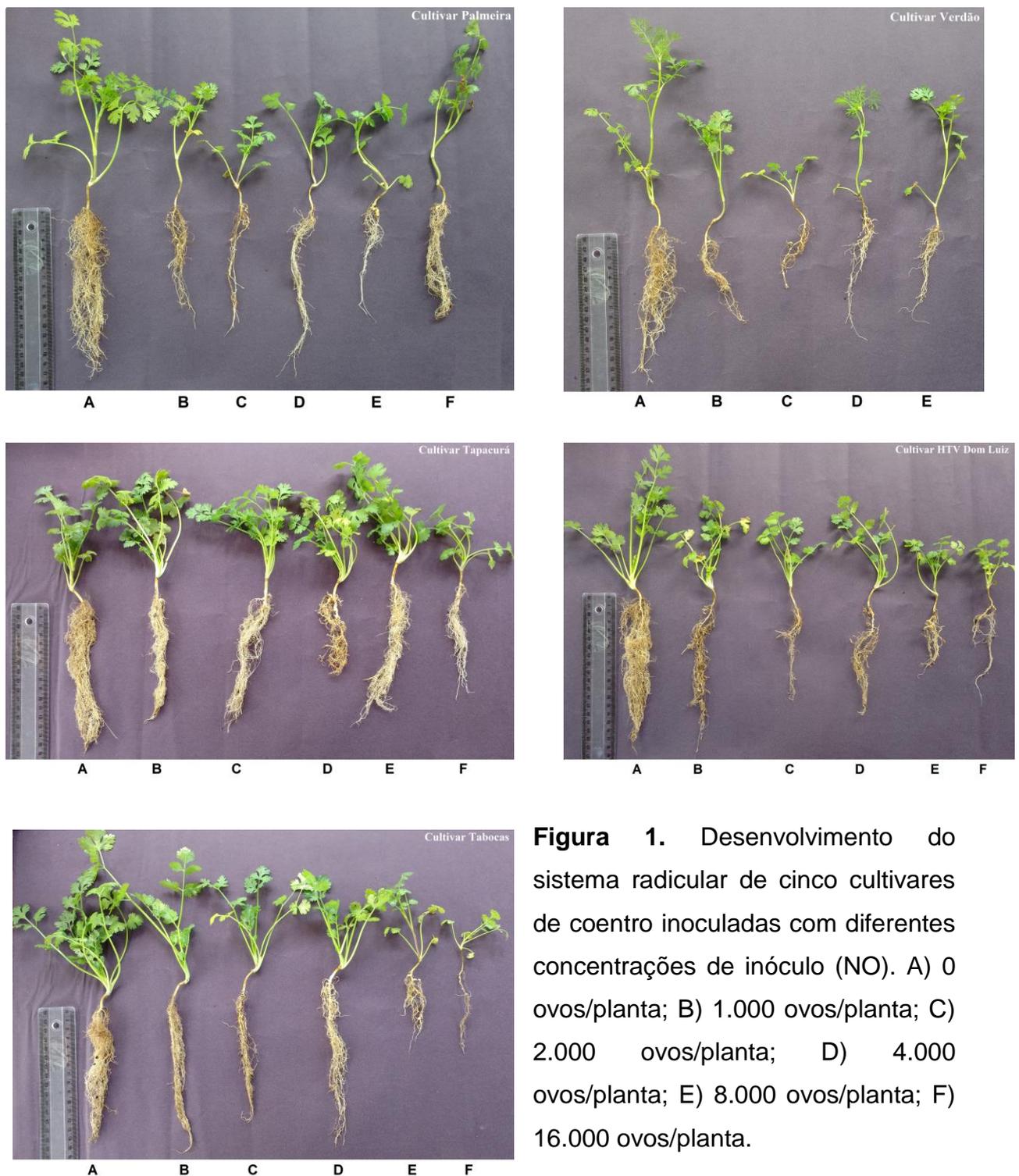
	1.000	100 b	100 b	100 b	83,33 a	100 b
	2.000	100 a	100 a	100 a	91,67 a	100 a
	4.000	100 b	100 b	75,00 a	91,67 b	100 b
	8.000	100 a	100 a	91,67 a	91,67 a	100 a
	16.000	100 a	100 a	100 a	91,67 a	100 a
PPS (%)	0	100 a	100 a	91,67 a	75 a	100 a
	1.000	58,33 a	100 a	83,33 a	75 a	100 a
	2.000	33,33 a	83,33 b	100 b	41,67 a	83,33 b
	4.000	16,67 a	83,33 b	66,67 b	25 a	83,33 b
	8.000	0 a	66,67 b	41,67 b	8,33 a	75 b
	16.000	8,33 a	58,33 b	58,33 b	25 a	58,33 b
CSR (cm)	0	14,73 a	16,70 c	15,60 b	17,13 c	20,54 d
	1.000	8,47 a	15,13 c	13,30 b	12,13 b	18,97 d
	2.000	4,83 a	11,48 b	12,80 c	14,43 d	13,00 c
	4.000	10,77 b	13,30 d	7,90 a	11,80 c	13,77 d
	8.000	0,00 a	4,87 b	11,77 e	11,03 d	8,73 c
	16.000	8,87 b	3,77 a	9,20 b	10,73 c	12,10 d
IG	1.000	2,99 b	3,65 b	3,31 b	1,61 a	3,65 b
	2.000	2,22 a	4,00 b	4,00 b	1,90 a	3,31 b
	4.000	2,29 a	3,96 b	4,00 b	1,30 a	3,65 b
	8.000	1,00 a	2,50 b	1,00 a	1,00 a	2,50 b
	16.000	1,00 a	2,22 a	1,54 a	1,00 a	1,30 a
NGSR	1.000	2,31 a	4,32 b	4,00 b	1,90 a	3,96 b
	2.000	2,62 a	3,65 b	4,32 b	2,22 a	3,65 b
	4.000	1,00 a	4,67 b	3,24 b	1,00 a	4,32 b
	8.000	1,00 a	2,79 b	1,61 b	1,00 a	1,90 b
	16.000	1,00 a	1,99 a	1,61 a	1,30 a	1,30 a
NO	1.000	2,31 a	5,02 b	2,99 a	1,30 a	4,67 b
	2.000	2,35 a	5,05 b	3,96 b	1,61 a	5,02 b
	4.000	3,35 b	4,67 b	3,06 b	1,00 a	3,96 b
	8.000	1,00 a	2,40 a	1,61 a	1,53 a	2,49 a
	16.000	1,30 a	2,31 a	1,90 a	1,90 a	1,90 a

	1.000	2,19 a	6,67 b	3,03 a	1,08 a	8,52 b
	2.000	0,92 a	3,57 b	2,22 b	0,41 a	5,86 c
FR	4.000	1,30 b	2,28 b	1,02 b	0,03 a	1,02 b
	8.000	0,00 a	0,21 a	0,11 a	0,05 a	0,25 a
	16.000	0,02 a	0,13 a	0,13 a	0,06 a	0,12 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Não houve diferenças significativas entre as cultivares para a variável porcentagem de plantas sobreviventes nas concentrações 0 ovos/planta e 1.000 ovos/planta; enquanto nas demais concentrações, as cultivares Palmeira e Verdão não diferiram entre si, apresentando as menores médias em relação as demais cultivares. Com exceção da HTV Dom Luiz, as demais cultivares apresentaram comportamento diferenciado em função da concentração do inóculo. As cultivares Palmeira e Verdão apresentaram as menores médias nas concentrações 2.000 – 16.000 ovos/ planta. Já a cultivar Tapacurá expressou menores médias nas concentrações de 4.000 – 16.000 ovos/planta, enquanto que a Tabocas obteve menores média em 8.000 e 16.000 ovos/planta. As maiores PPS em todas as cultivares foram obtidas nas concentrações até 2.000 ovos/planta.

A presença do patógeno promoveu variação no comprimento do sistema radicular entre as cultivares, em que a cultivar HTV Dom Luiz diferiu significativamente das demais, apresentando maior comprimento na maioria das concentrações do inóculo, exceto nas concentrações de 2.000 e 8.000 ovos/planta, nas quais as cultivares Palmeira e Tapacurá apresentaram maiores desenvolvimentos radiculares, respectivamente. Para todas as cultivares a ausência do patógeno (0 ovo/planta) resultou em maior desenvolvimento do sistema radicular, sendo as concentrações até 4.000 ovos/planta as que promoveram maior crescimento do sistema radicular, possibilitando uma avaliação mais precisa quanto a reação dos genótipos a infecção causada pelo nematoide (Figura 1).



Na cultivar de algodão 'Acala' foi observado resultado divergente ao obtido para coentro, em que o aumento do inóculo possibilitou maior crescimento de raiz, o que provavelmente aconteceu devido à emissão de raízes secundárias nos pontos

de penetração do nematoide e pela formação de galhas (ABRÃO & MAZZAFERA, 2001).

Contudo, a ocorrência de elevado número de galhas, geralmente está associada à escassez de radículas secundárias e terciárias, importantes na absorção de água e nutrientes (FERRAZ & BROWN, 2016). A redução do sistema radicular é resultante de uma desorganização fisiológica causada pelo parasitismo do *Meloidogyne* spp. (CAMPOS, 2000), que segundo Belan et al. (2011), o subdesenvolvimento do sistema radicular implicou em redução de características de crescimento como matéria seca das folhas, matéria seca do caule e matéria seca total da maioria dos acessos de tomate cereja avaliados. Fato semelhante foi observado no presente estudo, onde o aumento do nível do inóculo promoveu uma redução do sistema radicular e paralelamente da parte aérea das cultivares analisadas (Figura 1), pois o crescimento de uma planta é inversamente proporcional a densidade populacional inicial de espécies do gênero *Meloidogyne* spp. (KINLOCH, 1982).

Na incidência de galhas houve diferença significativa entre as cultivares para as concentrações utilizadas, exceto em 16.000 ovos/planta. Na concentração 1.000 ovos/planta a cultivar Palmeira apresentou a menor média, diferindo significativamente das demais. Em 2.000 e 4.000 ovos/planta as cultivares Palmeira e Verdão apresentaram médias inferiores aos demais genótipos em estudo. Em 8.000 ovos/planta, as cultivares Verdão, Tapacurá e Palmeira apresentaram as menores médias. A concentração de inóculo até 2.000 ovos/planta resultou nas maiores médias de notas para IG na maioria das cultivares (Tabela 3).

Para o número de galhas no sistema radicular, houve diferença significativa entre as cultivares para as concentrações utilizadas, onde as cultivares Verdão e Palmeira apresentaram as menores médias, exceto em 16.000 ovos/planta já que não houve diferença entre as cultivares.

Na variável número de ovos não houve diferença significativa entre as cultivares nas concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/planta, possivelmente devido ao subdesenvolvimento dos sistemas radiculares nestas concentrações. Na concentração de 1.000 ovos/planta as cultivares Verdão, Tapacurá e Palmeira apresentaram as menores médias. Em 2.000 ovos/planta as cultivares Verdão e

Palmeira expressaram as menores médias, enquanto que em 4.000 ovos/planta apenas a Palmeira apresentou média inferior as demais cultivares.

Considerando a variação existente entre as cultivares, no fator de reprodução houve comportamento semelhante ao observado para o número de ovos. Já a nível de cultivar, a Verdão, Tabocas e Tapacurá obtiveram menores médias para as concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/planta. A HTV Dom Luiz obteve as menores médias nas concentrações de 4.000 – 16.000 ovos/planta, enquanto que para a Palmeira não houve diferença entre as concentrações avaliadas.

Nas concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/planta foi verificada em todas as cultivares necrose na base do caule da planta e necrose do sistema radicular, levando as plantas a morte (Figura 2). Em algumas culturas, o ataque dos nematoides de galhas pode tornar as plantas mais suscetíveis a ocorrência de outros agentes causais de doenças, como os fungos, que em algumas cultivares de algodoeiro parasitado por *M. incognita* promovem doença vascular de natureza fúngica, a Fusariose ou Murcha Fusariana, acarretando na morte da planta (Ferraz & Brown, 2016).



Figura 2. Sintoma de necrose na base do caule: a) planta da cultivar Tabocas inoculada com 8.000 ovos/planta; b) planta da cultivar Palmeira inoculada com 16.000 ovos/planta.

Observando os gráficos de regressão (Figura 3), todas as cultivares apresentaram os maiores fatores de reprodução (acima de 1) na concentração de 1.000 ovos/planta, havendo a redução do FR e NGSR a medida que aumentou-se a concentração do inóculo. Teixeira (2013) observou comportamento semelhante nas cultivares de soja BRSGO Santa Cruz e BRSGO Paraíso inoculadas com *M. incognita*, as quais apresentaram uma redução na penetração de J2 e presença de J3 em concentrações de inóculo acima de 3640 e 2821 ovos/planta, respectivamente. O aumento das concentrações de inóculo possivelmente promove a competição entre os nematoides por sítios de alimentação, limitando tanto a penetração quanto o desenvolvimento do patógeno (TEIXEIRA, 2013), havendo um

crescimento exponencial inicialmente, em baixos níveis populacionais, porém, a competição por alimento resulta em menores taxas de crescimento ao passar do tempo (FERRAZ, 2001).

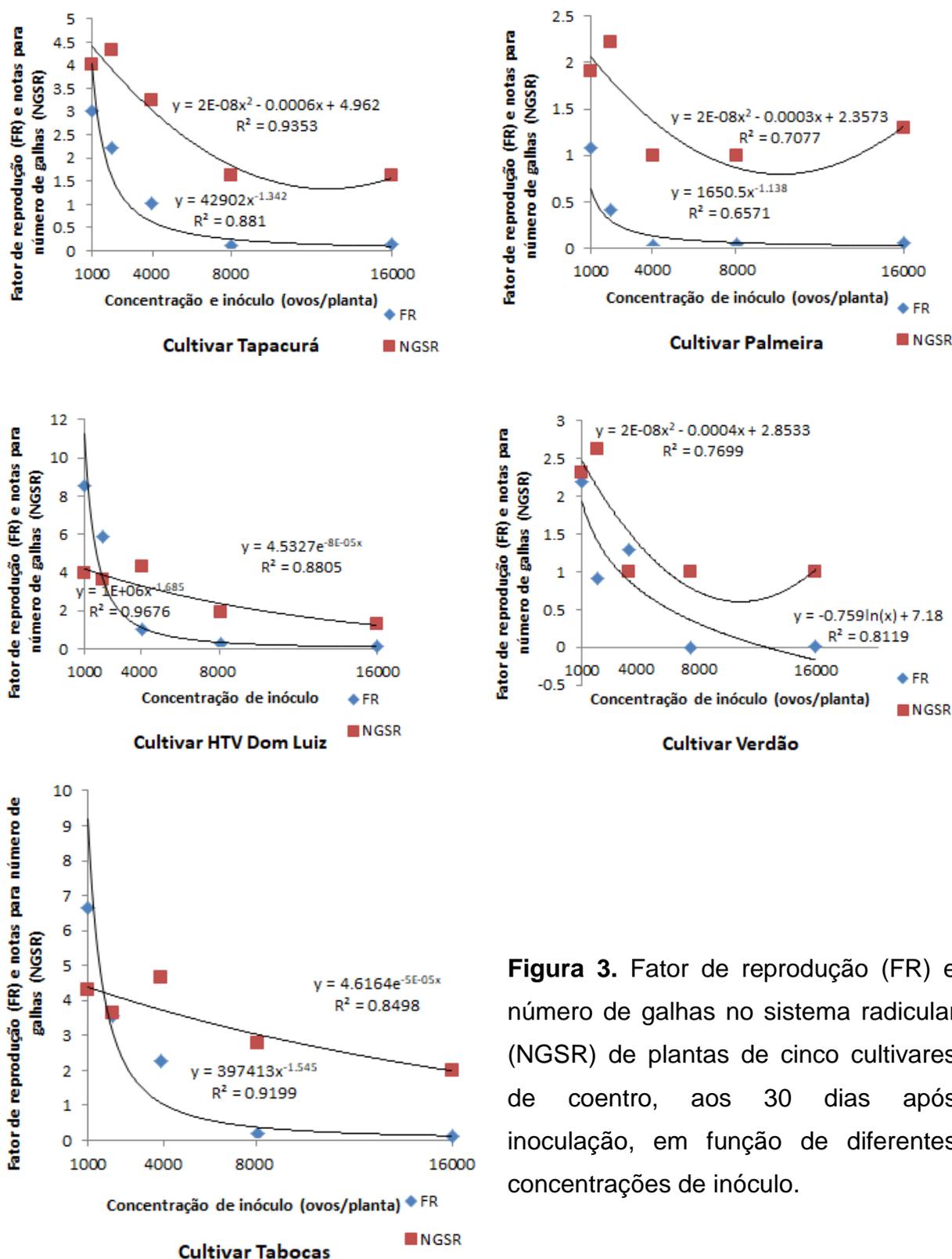


Figura 3. Fator de reprodução (FR) e número de galhas no sistema radicular (NGSR) de plantas de cinco cultivares de coentro, aos 30 dias após inoculação, em função de diferentes concentrações de inóculo.

Com aumento da concentração, o fator de reprodução poderá classificar os genótipos como sendo resistentes sem serem, apresentando um falso positivo. Na concentração de 1.000 ovos/planta todas as cultivares apresentaram $FR > 1$ sendo consideradas suscetíveis pela classificação de Oostenbrik (1966), enquanto que na concentração de 2.000 ovos/planta as cultivares Verdão e Palmeira apresentaram $FR < 1$. Em 8.000 e 16.000 ovos/planta todas as cultivares apresentaram $FR < 1$, e seriam classificadas como resistentes, sendo na realidade suscetíveis (Tabela 3). Resultados semelhantes foram observados em mudas de cafeeiro cultivadas em vasos de 700 mL e inoculadas com diferentes concentrações de *M. incognita* (1, 2, 4, 8 e 16 ovos/cm³), em que os maiores FR foram obtidos nas menores densidades populacionais do patógeno (MACHADO et al., 2015).

Segundo Greco & Di Vito (2009), em populações iniciais muito elevadas do nematoide, ocorre um dano severo as raízes da planta hospedeira devido a competição entre os indivíduos por sítios de alimentação no hospedeiro, resultando em $FR < 1$, o que caracterizaria uma reação de resistência, mesmo em plantas suscetíveis ao nematoide. Isto justifica os resultados encontrados para os FR encontrados no presente estudo.

Além disso, em altas densidades populacionais do nematoide, a resposta de cultivares tidas como resistentes pode ser de suscetibilidade, por apresentarem intolerância ao patógeno ou reação de resistência do tipo hipersensibilidade, com morte celular atrelada ao mecanismo de resistência, como já observado para a relação café x *M. exigua* (ANTHONY et al., 2005), gerando resultados pouco confiáveis ao melhoramento da cultura (GRECO & DI VITO, 2009). Desta forma, é fundamental a busca pela concentração de inóculo que promova uma classificação dos indivíduos de forma a representar ao máximo o potencial genético quanto à reação de resistência aos nematoides das galhas, dentro de cada espécie, tendo em vista a diferenciação da relação hospedeiro X patógeno entre e dentro das espécies vegetais.

A utilização da concentração de 1.000 ovos/plantas de *M. incognita* raça 1 na semeadura é mais adequada para a avaliação de genótipos de coentro quanto a reação ao patógeno, devido a obtenção de maiores valores do FR, caracterizando de forma mais representativa as cultivares avaliadas no presente trabalho, com base

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

nas variáveis PPE, PPS, CSR, IG, NGSR, NO e FR. A inoculação na semeadura e avaliação aos 30 dias permitiu a diferenciação entre os genótipos.

CONCLUSÕES

As populacionais de *M. incognita* raça 1 limitam o desenvolvimento das plantas de coentro a depender da concentração de patógeno, onde populações muito elevada de nematoide pode resultar em um subdesenvolvimento extremo causando a morte da planta, sendo por isso, a concentração de 1.000 ovos/planta a mais indicada a ser utilizada em avaliações de genótipos de coentro quanto a reação de resistência ao patógeno.

Os resultados obtidos são promissores e possibilita uma nova abordagem para a avaliação de genótipos de coentro na busca de indivíduos resistentes, onde a inoculação na semeadura e avaliação aos 30 dias após inoculação permite uma redução de aproximadamente 50% do tempo que normalmente é necessário nas metodologias que são utilizadas, geralmente, para realização desta etapa fundamental dos programas de melhoramento genético da cultura em relação à resistência ao nematoide para as variáveis IG, NGSR, NO e FR.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abrão MM and Mazzafera P (2001) Efeitos do nível de inóculo de *Meloidogyne incognita* em algodoeiro. **Bragantia** **60**: 19-26.

Anthony F, Topart P, Martinez A, Silva M and Nicole M (2005) Hypersensitive-like reaction conferred by the Mex-1 resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology** **54**: 476-482.

Belan LL, Alves FR, Costa DC, Fonseca SO, Moraes WB, Souza AF and Jesus Junior WC (2011) Efeitos de densidades crescentes de inóculo de *Meloidogyne javanica* no desenvolvimento vegetativo de genótipos de tomateiro cereja. **Revista Tropica: Ciências Agrárias e Biológicas** **5**: 22-30.

Bonetti JIS and Ferraz S (1981) Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira** **6**: 553.

Campos VP (2000) **Doenças causadas por nematoides em tomate**. In: ZAMBOLIM, L., F.X.R. do VALE & H. COSTA (Ed). Controle de Doenças de Plantas – Hortaliças. Vicososa, MG. p.801-842.

Davide RG (1980) Influence of cultivars, age, soil texture, and pH on *Meloidogyne incognita* and *Radopholus similis* in banana. **Plant Disease** **64**: 571-573.

Dias-Arieira CR, Santana SM, Silva ML, Furlanetto C, Ribeiro RCF and Lopes EA (2009) Reação de cultivares de Mamona (*Ricinus communis* L.) e Girassol (*Helianthus annuus* L.) a *Meloidogyne javanica*, *M. incognita* e *M. Paranaensis*. **Nematologia Brasileira** **33**: 61-66.

Diniz GMM (2012) **Resistência do coentro (*Coriandrum sativum* L.) à *Meloidogyne incognita* (Raça 1 e 3) e *Meloidogyne javanica***. Dissertação

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento genético de plantas” – UFRPE, Recife, 56 p.

El-Moor RD, Peixoto JR, Ramos MLG and Mattos JKA (2009) Reação de genótipos de maracujazeiro-azedo aos nematoides de galhas (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*). **Biosci. J.**, **25**: 53-59.

Ferraz LCCB (2001) **As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro**. In: Silva JFV (Org.) Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia. p. 15-38.

Ferraz LCCB and Brown DJF (2016) **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora. 251p.

Ferreira DF (2011) Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia** **35**: 1039 – 1042.

Ferreira S, Gomes LAA, Gasparino FC, Carvalho Filho JLS and Maluf WR (2013) Caracterização de famílias F 2:3 de alface para resistência ao nematoides das galhas. **Revista Agrogeoambiental** **5**: 35-42.

Greco N and Di Vito M (2009) **Population dynamics and damage levels**. In: Perry RN, Moens M and Starr JL (Eds). Root-knot nematodes, CAB International, p 246-274.

Hussey RS and Barker KR (1973) A comparasion of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter** **57**: 1025-1028.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia** (2018) Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=82900&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/04/2016&mRelDtFim=31/05/2016&mAtributos=,,,,,,1,,1,1, Acesso em julho de 2018.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Kinloch RA (1982) The relationship between soil populations of *Meloidogyne incognita* and yield reduction of soybean in the coastal plain. **Journal of Nematology** 14: 162-167.

Machado ACZ, Bicalho AC and Silva SA (2015) Ajuste de datas de avaliação e densidades populacionais de *Meloidogyne incognita* visando a avaliação da resistência de cafeeiros. **IX Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Curitiba – PR. Disponível em: <
http://www.sbicafe.ufv.br/bitstream/handle/123456789/4128/106_IX-SPCB-2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

Makishima N, Melo LAS, Coutinho VF and Rosa LL (2010) **Projeto horta solidária: cultivo de hortaliças**. Embrapa Meio Ambiente. 24p.

McCarter JP (2008) The genome sequence of the plant-parasitic roundworm *Meloidogyne incognita* opens new avenues to boosting food production. **Nature Biotechnology** 26: 882 - 884.

Oostenbrink M (1966) Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mendelingen Landbouwhogeschool Wageningen** 6: 1- 46.

Pinheiro JB and Pereira RB (2016) **Manejo de nematoides na cultura do coentro e salsa**. Circular Técnica 149. Embrapa Hortaliças, Brasília. 8 p.

Pinheiro JB, Amaro GB and Pereira RB (2010a) **Ocorrência e controle de nematoides em hortaliças folhosas**. Circular Técnica 89. Embrapa Hortaliças, Brasília. 10 p.

Pinheiro JB, Carvalho ADF and Vieira JV (2010) **Reação de cultivares de cenoura a *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Meloidogyne mayaguensis***. Brasília, DF: Embrapa Hortaliças - Embrapa Hortaliças. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 69. 20 p.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Quénéhervé P (1988) Population of nematodes in soils under banana cv. Poyo in the Ivory Coast, 2. Influence of soil texture, pH and organic matter on nematode populations. **Revue de Nématologie** 1: 245-251.

Santos AMM (2014) **Comportamento de população melhorada de coentro quanto à reação de resistência à *Meloidogyne incognita* raça 1**. Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas” da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 33 p.

Santos AV (2017) **Reação de Cafeeiros (*Coffea canephora*) ao Nematóide-das-Galhas *Meloidogyne incognita* sob condições controladas de inoculação**. Universidade Federal do Amazonas - Tese de doutorado em Biodiversidade e Biotecnologia da Rede Bionorte. 118 p.

Santos CDG, Carvalho SLF and Silva MCL (2006) Solarização do solo em sacos plásticos para o controle dos nematoides das galhas, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Revista Ciência Agronômica** 37: 350-356.

Teixeira RA (2013) **Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica***. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de Agronomia. 60 f.

CAPITULO IV

VIABILIDADE POLÍNICA E PRODUÇÃO DE FRUTOS DE GENÓTIPOS DE COENTRO INOCULADOS COM DIFERENTES CONCENTRAÇÕES DE *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Viabilidade polínica e produção de frutos de genótipos de coentro inoculados com diferentes concentrações de *Meloidogyne incognita* raça 1

Ana Maria Maciel dos Santos, Kleyton Danilo da Silva Costa, Simone Santos Lira Silva, Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho, José Luiz Sandes de Carvalho Filho

RESUMO

O coentro está entre as hortaliças folhosas mais consumidas no Brasil, empregando um grande quantitativo de pessoas em sua cadeia produtiva. Dentre os fatores limitantes a produção desta olerícola está a meloidoginose causada pelos nematoides das galhas. Buscando compreender o impacto em plantas de coentro submetidas ao parasitismo do *M. incognita* raça 1, foi realizado o presente trabalho. Verificou-se o número de galhas aos 30 dias após a inoculação, a sobrevivência de plantas até a fase reprodutiva, viabilidade polínica e produção de frutos em plantas de coentro de duas cultivares (Verdão e HTV Dom Luiz) inoculadas na sementeira com seis concentrações de inóculo (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000 ovos/célula) e avaliadas no delineamento de blocos casualizados em esquema fatorial com quatro repetições, sendo a parcela composta por uma planta. A presença do patógeno não influenciou na viabilidade polínica por meio dos corante Carmim acético e Alexander, porém, nem o tetrazólio nem os meios de germinação de pólen in vitro foram eficientes na identificação da viabilidade. As concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/célula não permitiram o desenvolvimento das plantas, levando-as a morte. A inoculação na sementeira, avaliação do número de galhas aos 30 dias não limitou o reestabelecimento do desenvolvimento das plantas e produção de frutos, até a concentração de 4.000 ovos/célula.

Palavras chaves: *Coriandrum sativum* L., níveis de inóculo, meloidoginose.

Pollen viability and fruit production of coriander genotypes inoculated with different concentrations of *Meloidogyne incognita* race 1

ABSTRACT

Coriander is among the most consumed leafy vegetables in Brazil, employing a large number of people in its production chain. Among the limiting factors the production of this oleraceous is the root-knot disease caused by the root-knot nematodes. Aiming to understand the impact on coriander plants submitted to the parasitism of *M. incognita* race 1, the present study was carried out. It was verified the number of galls 30 days after inoculation, the plant survival until the reproductive phase, pollen viability and fruit production in coriander plants of two cultivars (Verdão and HTV Dom Luiz) inoculated at seeding in six inoculum concentrations (0, 1,000, 2,000, 4,000, 8,000 and 16,000 eggs/cell) and evaluated in a randomized block design in a factorial scheme with four replications, the plot being composed of one plant. The presence of the pathogen did not influence the pollen viability of the Carmine Acetic and Alexander staining, however, neither the tetrazolium nor the in vitro pollen germination media were efficient in the identification of viability. Concentrations of 8,000 and 16,000 eggs/cell did not allow the development of plants, leading them to death. The inoculation at sowing, evaluation of the number of galls at 30 days did not limit the reestablishment of the development of the plants and fruit production up to the concentration of 4,000 eggs/cell.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., inoculum levels, root-knot disease.

INTRODUÇÃO

Os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) são fitopatógenos amplamente distribuídos nas regiões tropicais, subtropicais e temperadas do planeta. Esses vermes se classificam como um dos cinco principais grupos de patógenos economicamente destrutivos que afetam a produção mundial de alimentos (ABAD et al., 2008). Dentro da especialidade de fitonematologia, as espécies de *Meloidogyne* constituem o grupo economicamente mais relevante, devido ao alto grau de polifagia e ampla distribuição geográfica, sendo ameaças constantes aos produtores rurais. As espécies com mais destaque dentro do gênero por apresentarem-se como as mais cosmopolitas, polífagas e daninhas a agricultura são: *M. arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* e *M. javanica*, sendo as duas últimas as mais importantes do ponto de vista econômico (FERRAZ & BROWN, 2016).

As espécies pertencentes ao gênero *Meloidogyne* são endoparasitos obrigatórios sendo os juvenis de segundo estágio (J2) infectantes, os quais penetram na zona de alongamento da raiz e migram intercelularmente até atingir a zona vascular diferenciadora, onde escolhem de 5 a 7 células e inserem seu estilete injetando secreções para induzir a hipertrofia e hiperplasia formando as galhas e estabelecendo o sítio de alimentação. A partir de então o patógeno passa a retirar nutrientes e fotoassimilados de tecidos próximos, principalmente xilema e floema (ENGLER et al., 2016). Promovendo como sintoma, além da formação das galhas, amarelamento foliar, desfoliação, crescimento retardado e murchidão, que reduzem coletivamente o vigor da planta e causam perdas em massa e qualidade. Estima-se que 12,3% das perdas anuais na produção agrícola devido ao ataque dos nematoides das galhas, causando um prejuízo econômico de cerca de US \$ 157 bilhões (ABAD et al., 2008).

Além do subdesenvolvimento, a formação do cenócito, induzido pelos nematoides de galhas, atua como dreno metabólico resultando em desequilíbrios fisiológicos, ou seja, carência de macro e/ou micronutrientes (FERRAZ & BROWN, 2016). O boro é um micronutriente que apresenta um importante papel no crescimento do tubo polínico (MARSCHNER, 1995), sendo a carência do elemento um fator que pode reduzir a viabilidade polínica. Neste contexto, as plantas parasitadas com os nematoides de galhas, por apresentarem distúrbios fisiológicos, podem sofrer influência na viabilidade dos grãos de pólen resultando em redução de produtividade. Para verificar a viabilidade polínica, diversas técnicas podem ser adotadas, podendo estas, serem agrupadas em métodos de determinação direta in vitro (PIO et al., 2007); determinação direta in vivo (OLIVEIRA et al., 2001); e métodos indiretos, como a coloração a partir de reação bioquímica (SANTOS et al., 2016).

Entre as diversas espécies cultivadas atacadas pelos nematoides das galhas há o coentro. Não há no Brasil cultivar que seja indicada como resistente a tais patógenos, sendo necessária a busca por genótipos superiores. Segundo Santos et al., (2018) o desenvolvimento de programas de melhoramento visando resistência aos fitonematodes é um processo que exige recursos e metodologias adequadas. Atualmente, a avaliação da reação de genótipos de coentro aos nematoides das galhas consiste em semeio, inoculação aos 15 dias após a semeadura e avaliação

aos 45 dias da inoculação, por método destrutivo para extração dos ovos do patógeno visando estimar o fator de reprodução (FR) (BIONDI et al., 2001; DINIZ, 2012; SANTOS et al., 2018; DINIZ et al., 2018).

A utilização de uma metodologia que não promova a destruição da planta, possibilitando a seleção entre e dentro de populações segregantes no mesmo ciclo seletivo, poderá promover a obtenção de resultados promissores. Desta forma, o presente trabalho visa verificar o desenvolvimento de plantas de duas cultivares de coentro inoculadas na sementeira com diferentes concentrações de inóculo de *M. incognita* raça 1 e transplantadas após 30 dias, avaliando a sobrevivência das plantas, percentagem de pólenes viáveis e germinados in vitro e produção de frutos.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) com localização a 8°54'47''S, 34°54'47''W, altitude de 6 m, no período de julho a outubro de 2017. As médias mensais de temperaturas registradas pela estação meteorológica do Recife Curado (automática) variaram em média entre 22,9 – 28,6°C, para temperatura mínima e máxima, respectivamente (INMET, 2018). O delineamento foi de blocos casualizados em esquema fatorial 2 (cultivares) X 6 (concentrações de inóculo) com quatro repetições, cuja parcela foi composta por uma planta.

Foram avaliadas as reações das cultivares de coentro Verdão e HTV Dom Luiz manejadas em seis concentrações (0, 1.000, 2.000, 4.000, 8.000 e 16.000) de *M. incognita* raça 1. A sementeira foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo o Substrato comercial. Realizou-se a irrigação das bandejas, seguindo-se com a inoculação conforme cada tratamento. Em cada bloco continha uma parcela com tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) cultivar Santa Clara, padrão de suscetibilidade aos nematoides de galhas, visando verificar a eficiência do inóculo utilizado.

O inóculo foi obtido de fontes mantidas em tomateiros, cultivar Santa Clara, utilizando a metodologia de Hussey & Barker (1973) e modificada por Boneti & Ferraz (1981) para a extração dos ovos do *M. incognita* raça 1.

A irrigação foi realizada conforme a necessidade hídrica da cultura, sem que houvesse drenagem para não lixiviar os ovos. Após a germinação, três vezes na semana foi realizado fertirrigação com solução nutritiva contendo macro e micronutriente, adaptada a partir da proposta por Furlani *et. al.* (1999), tomando-se o mesmo cuidado para que não houvesse drenagem e consequente perda de inóculo.

Após a germinação, realizou-se o desbaste deixando apenas uma planta por célula. Aos 30 dias da sementeira e inoculação, as raízes de cada planta da parcela foram lavadas em água parada, cuidadosamente, para remoção do substrato sem danificação do sistema radicular, sendo realizada a quantificação do número de galhas no sistema radicular e o transplante das mudas (Figura 1) para vasos de 2 L, devidamente identificados (cultivar e concentração inoculada), contendo um substrato baseado na mistura de solo e húmus na proporção de 3:1; estes procedimentos foram realizados por volta das 16:30 horas da tarde, visando beneficiar a adaptação das mudas, sendo realizada a irrigação logo após o transplante.

Nos vasos, as plantas foram irrigadas diariamente conforme a necessidade hídrica, sendo aplicada fertirrigação três vezes na semana. Observou-se a sobrevivência das plantas até a colheita dos frutos.

No início da floração, quando todas as plantas estavam floridas, foi realizada a coleta de flores para quantificação dos pólenes viáveis em cada cultivar em função da concentração do patógeno, buscando verificar se a presença e quantidade do patógeno influenciam na viabilidade polínica.

Os pólenes foram corados com carmim acético (KEARNS & INOUE, 1993), solução de Alexander (ALEXANDER, 1980) e soluções do sal de tetrazólio nas concentrações de 0,25%; 0,50%; 0,75% e 1,0% (TATIS *et al.*, 2013). Cada corante reage com determinado composto e/ou estrutura do grão de pólen promovendo ou não a coloração do grão, sendo os grãos corados considerados viáveis. O carmim acético indica a integridade cromossômica; a solução de Alexander contém fucsina ácida e verde de malaquita que reagem, respectivamente, com o protoplasma e a celulose da parede do pólen (MUNHOZ *et al.*, 2008) enquanto que o sal de tetrazólio fornece uma indicação da atividade metabólica do grão de pólen, permitindo estimar a sua viabilidade (ASTUDILLO, 2006) por meio da reação do sal com o hidrogênio resultante da respiração celular corando o pólen em vermelho (HOEKSTRA &

BRUINSMA, 1975) indicando a presença de enzimas funcionais como peroxidase, esterase e desidrogenase (IBORRA et al., 1992).

A coleta das flores foi realizada após a antese entre 7:00 – 9:00 horas da manhã, sendo as flores armazenadas em sacos de papel identificados e conduzidas ao laboratório de floricultura onde foram preparadas as lâminas para visualização e contagem dos pólenes viáveis em função do corante. Para cada corante foram preparadas quatro lâminas por tratamento (cultivar X inóculo), sendo os pólenes de uma flor colocados, com o auxílio de pincel, sobre a lâmina e posterior adição de duas gotas do corante e colocação da lamínula. A observação dos pólenes foi realizada após 10 minutos da adição dos corantes (MUNHOZ et al., 2008) em microscópio com aumento de 40X.

Para avaliação das soluções de tetrazólio, preparadas pela diluição do sal em água destilada, coletou-se quatro flores de cada tratamento para cada solução de tetrazólio. Com uma pinça, os estames de cada flor foi colocado em eppendorf, devidamente identificado, contendo 1 mL de determinada solução de tetrazólio (0,25%; 0,50%; 0,75 e 1%). Em seguida os tubos foram agitados por 20 segundos para que os pólenes entrassem em contato com a solução, sendo posteriormente, os tubos envolvidos com papel alumínio e mantidos a 25°C por 24 horas em incubadora BOD (FRANÇA NETO et al., 2009; TATIS et al., 2013). Transcorrido este período, com pipette pasteur, foi coletada a solução de cada tudo, individualmente, colocando em lâmina e visualização em microscópio com aumento de 40X.

Foram utilizados meios para germinação dos pólenes in vitro propostos para berinjela, citros e algumas adaptações; pois não foi encontrado nenhum meio proposto para coentro ou outra espécie da família Apiaceae. Para todos os meios foi utilizado o phytigel em substituição ao ágar, deixando o meio mais translúcido, beneficiando a visualização dos pólenes.

Tabela 1. Meios utilizados visando à germinação dos grãos de pólen de coentro in vitro.

Meio	Reagentes						Referência
	Ca(NO ₃) ₂	H ₃ BO ₃	Sacarose	Phytigel	MgSO ₄	KNO ₃	
A	800 mg/L	200 mg/L	100 g/L	10 g/L	-	-	Salles et al., 2006

B	500 mg/L	120 mg/L	100 g/L	10 g/L	120 mg/L	100 mg/L	Tatis et al., 2013
C	4 g/L	3 g/L	10 g/L	10 g/L	-	-	-
D	4 g/L	3 g/L	10 g/L	-	-	-	-
E	-	40 g/L	200 g/L	10 g/L	-	-	-
F	-	40 g/L	100 g/L	10 g/L	-	-	-
G	20 g/L	40 g/L	200 g/L	10 g/L	-	-	-
H	20 g/L	40 g/L	200 g/L	-	-	-	-
I	20 g/L	40 g/L	400 g/L	-	-	-	-
J	20 g/L	20 g/L	400 g/L	10 g/L	-	-	-
L	10 g/L	5 g/L	50 g/L	10 g/L	-	-	-
M	10 g/L	5 g/L	10 g/L	10 g/L	-	-	-
N	5 g/L	5 g/L	10 g/L	10 g/L	-	-	-

Tanto para os corantes, quanto meios in vivo, foram avaliados 150 pólenes por lâmina, constituindo a unidade experimental.

Após o fase de floração e enchimento dos frutos, quando estes estavam secos, realizou-se a colheita de todos os frutos de cada planta individualmente, armazenando-os em sacos de papel identificados. Em seguida, foi quantificado o número de frutos de cada parcela experimental, sendo pesados em balança de precisão 100 frutos de cada parcela.

As variáveis: número de galhas no sistema radicular, número de frutos e peso de 100 frutos foram transformadas por \sqrt{x} para atender as pressuposições da análise de variância, sendo em seguida submetidos a ANOVA e teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Realizou-se as análises de regressões para o desdobramento dentro das concentrações de inóculo. As análise foram realizadas usando o aplicativo estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011), sendo os gráficos das regressões significativas a 1% ou 5%, elaborados no Excel.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos tratamentos contendo 16.000 ovos/célula as plantas morreram em poucos dias após a germinação. Já no tratamento com 8.000 ovos/célula as plantas

sobreviveram até o transplante, porém não conseguiram completar o ciclo de vida, devido o subdesenvolvimento tanto do sistema radicular, quanto da parte aérea (Figura 1).

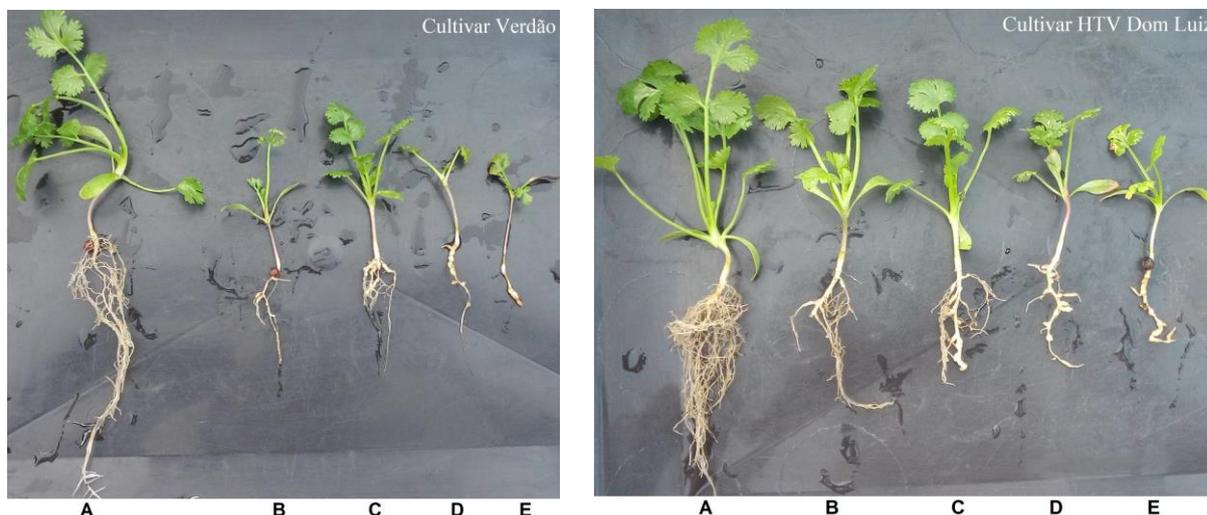


Figura 1. Plantas de coentro da cultivar Verdão e HTV Dom Luiz, aos 30 dias após a inoculação com diferentes concentrações de inóculo de *M. incognita* raça 1. A) 0 ovos/planta; B) 1.000 ovos/planta; C) 2.000 ovos/planta; D) 4.000 ovos/planta; E) 8.000 ovos/planta.

É possível observar que com o aumento da concentração do inóculo há uma redução do desenvolvimento do sistema radicular e parte aérea, simultaneamente. Fato semelhante foi observado por Correia (2017) em cultivares de beterraba onde ocorreu uma redução linear das características vegetativas e das raízes à medida que o nível de inóculo de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* aumentou.

Para as variáveis número de galhas no sistema radicular, número de frutos e peso de frutos as interações entre as fontes de variação concentrações de inóculo X cultivares foram significativas a 1% de probabilidade. Já para a variável número de plantas, houve diferenças significativas apenas para concentrações de inóculo a 1% de significância. Os coeficientes de variação experimental oscilaram entre 12,98% (NGSR) e 27,08% (NF) (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância do número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de plantas (NP), número de frutos (NF) e peso de 100 frutos (PF) em duas cultivares de coentro inoculadas com seis concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1.

FV	GL	QM			
		NGSR ⁺	NP	NF ⁺	PF ⁺
Blocos	3	0,09	0,02	2,02	0,002
Concentrações	5	16,29**	2,02**	222,58**	2,79**
Cultivares	1	4,51**	0,02 ^{ns}	330,44**	0,001 ^{ns}
Concentrações*Cultivares	5	0,70**	0,02 ^{ns}	45,96**	0,05**
Erro	33	0,07	0,02	3,02	0,01
CV%		12,98	22,35	27,08	13,72
Média		2,09	0,65	6,41	0,75

⁺ Dados transformados por \sqrt{x}

** Significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo.

Para a variável NGSR, não houve diferença significativa entre as cultivares apenas nas concentrações de 1.000 ovos/planta e 16.000 ovos/planta, em todas as demais concentrações, a cultivar HTV Dom Luiz apresentou maior número de galhas em relação a cultivar Verdão (Tabela 3).

Tabela 3. Teste de agrupamento de Scott-Knott do número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de plantas (NP), número de frutos (NF) e peso de 100 frutos (PF) em duas cultivares de coentro inoculadas com seis concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1, cultivadas em casa de vegetação.

Variáveis	Concentração	Cultivares	
		Verdão	HTV Dom Luiz
	0	-	-
	1.000	10,50 a	10,75 a
NGSR	2.000	10,75 a	14,00 b
	4.000	7,00 a	10,75 b
	8.000	2,50 a	6,75 b

	16.000	0,00 a	0,00 a
NP	0	1,00 a	1,00 a
	1.000	1,00 a	1,00 a
	2.000	1,00 a	1,00 a
	4.000	0,75 a	1,00 b
	8.000	0,00 a	0,00 a
	16.000	0,00 a	0,00 a
	NF	0	187,25 b
1.000		259,75 b	67,25 a
2.000		129,25 b	31,25 a
4.000		199,00 b	63,75 a
8.000		0,00 a	0,00 a
16.000		0,00 a	0,00 a
PF (gramas)		0	1,37 a
	1.000	1,36 a	1,11 a
	2.000	1,05 a	1,05 a
	4.000	1,52 b	1,01 a
	8.000	0,00 a	0,00 a
	16.000	0,00 a	0,00 a

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No número de plantas que completaram o ciclo de vida, em ambas as cultivares, as concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/planta não possibilitaram a sobrevivência das plantas, obtendo assim, as menores médias para esta variável. Para as demais concentrações não houve variação dentro nem entre as cultivares, exceto em 4.000 ovos/planta onde a cultivar Verdão obteve média inferior a cultivar HTV Dom Luiz, além disso, esta média foi inferior às obtidas para as concentrações de 0, 1.000 e 2.000 ovos/planta. Quanto ao número de frutos, nas concentrações de 0 - 4.000 ovos/planta a cultivar Verdão apresentou maior número de frutos em relação à HTV Dom Luiz (Tabela 3).

Nas concentrações de inóculo de 1.000 e 2.000 ovos/planta, ambas as cultivares obtiveram o maior número de plantas que completou o ciclo de vida, possibilitando a avaliação do número de galhas no sistema radicular com posterior

transplante dos indivíduos selecionados para recombinação e obtenção da nova população melhorada.

Com base nas regressões obtidas, para a variável NGSR, percebe-se que com o aumento da concentração do inóculo há uma redução do número de galhas em ambas as cultivares, fato justificado pelo subdesenvolvimento das plantas sob elevadas concentrações do nematoide. Quanto ao número de frutos, na cultivar Verdão foi maior na concentração de 1.000 ovos/planta, enquanto que na HTV Dom Luiz, as maiores produções de frutos foram obtidas nas concentrações de 0, 1.000 e 4.000 ovos/planta. Em ambas as cultivares não houve produção de frutos nas concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/planta, pois as plantas não sobreviveram até a fase reprodutiva. Por meio dos resultados obtidos, observa-se que a concentração de 1.000 ovos/planta possibilita maior número de frutos para ambas as cultivares (Figura 2).

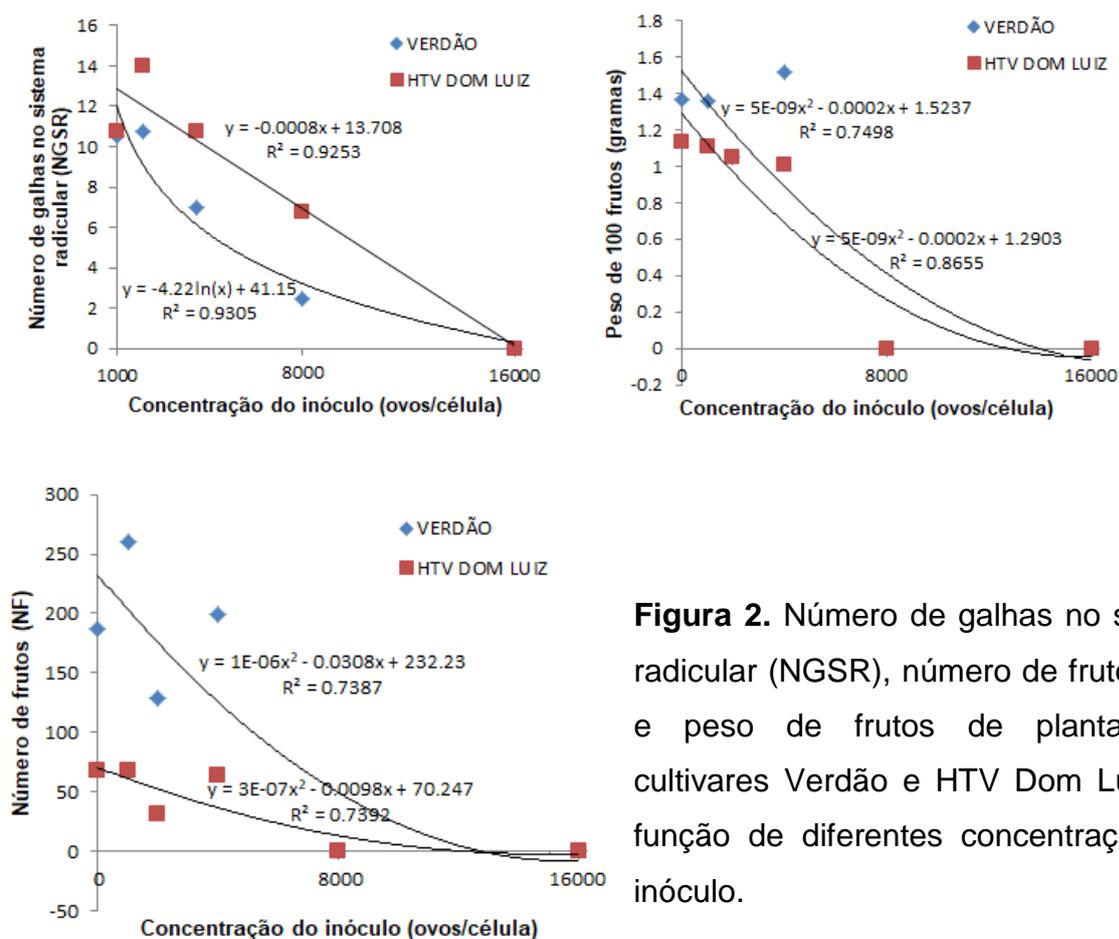


Figura 2. Número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de frutos (NF) e peso de frutos de plantas das cultivares Verdão e HTV Dom Luiz, em função de diferentes concentrações de inóculo.

Quanto ao peso de 100 frutos, as maiores médias obtidas na cultivar Verdão foram nas concentrações 0, 1.000 e 4.000 ovos/planta. Tanto na cultivar Verdão quanto na HTV Dom Luiz, as menores médias do peso dos frutos foram obtidas nas concentrações de 8.000 e 16.000 ovos/planta, devido a morte das plantas causada pelo intenso ataque do patógeno (Figura 2).

Em diversas culturas é relatada a redução da produção em função da presença de *M. incognita*, como no caso da soja, em que são estimas perdas de 20% a 30% da produção (ASMUS, 2001). Contudo, no presente trabalho observou-se que tanto para o número de frutos quanto para o peso dos 100 frutos a presença do patógeno até a concentração de 4.000 ovos/planta não influenciou na produção e produtividade quando comparado a testemunha, concentração 0. Possivelmente, após o transplante para os vasos de 2 L, as plantas conseguiram reestabelecer o sistema radicular e desenvolvimento da parte aérea, não interferindo na florada e enchimento dos frutos. Por meios desses resultados, a depender da intensidade do patógeno em determinada área de cultivo, é possível a produção de frutos de coentro em solos contaminados por *M. incognita* raça 1.

Quanto à viabilidade polínica, os corantes Carmim acético e Alexander reagiram com os grãos de pólen, corando-os. Já as soluções de tetrazólio, independente da concentração (1%; 0,75%; 0,50% e 0,25%), não coraram os pólenes em nenhuma intensidade de vermelho (Figura 3).

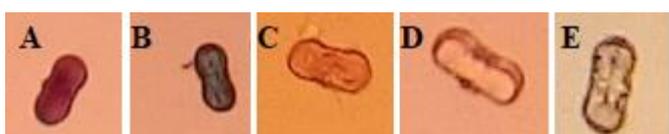


Figura 3. Grãos de pólen de coentro corados com diferentes corantes. Solução de Alexander, A) grão de pólen viável, B) grão de pólen inviável. Carmim acético, C) grão de pólen viável, D) grão de pólen inviável. Solução de tetrazólio, E) grão de pólen corado.

Os resultados obtidos para as soluções de tetrazólio não corroboram com outros trabalhos com as mesmas concentrações utilizadas no presente estudo para berinjela (TATIS, 2013) e até em concentrações bem inferiores como 0,075% em maracujá silvestre (SANTOS et al., 2016 a), onde o tetrazólio foi eficiente para corar os pólenes viáveis. É possível que haja algum impedimento a penetração do

tetrazólio na estrutura do grão de pólen de coentro, pois segundo Santos et al (2016 b) o teste com tetrazólio é confiável na distinção de pólenes viáveis e inviáveis, devido a reação com a enzima desidrogenase do ácido málico que reduz o sal de tetrazólio em tecidos vivos onde há íons de H⁺ formando um composto vermelho, estando relacionado com a respiração celular do pólen.

Como foi verificada a produção de frutos no presente estudo, e as plantas foram manejadas em casa de vegetação no qual não houve a entrada de agentes polinizadores, é possível afirmar que os frutos foram obtidos a partir da polinização (possivelmente autofecundação) com os pólenes das plantas avaliadas. Assim, as soluções de tetrazólio utilizadas não foram eficientes na distinção de pólenes viáveis e inviáveis em coentro.

A análise de variância apresentou interação tripla (cultivares X concentrações de inóculo X corantes) significativa a 1% de probabilidade. O coeficiente de variação experimental foi de 5,28% (Tabela 4). O valor obtido para o CV% aproximou-se do obtido por Santos et al., (2016) que foi de 3,82%, sendo considerado um baixo CV% (PIMENTEL-GOMES, 1990).

Tabela 4. Resumo da análise de variância da porcentagem de grãos de pólen corados de duas cultivares de coentro inoculadas com quatro concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1.

FV	GL	QM
		% de grãos de pólen corados
Bloco	3	26,96
Genótipos	1	237,62 ^{**}
Concentrações	3	95,52 [*]
Corantes	1	22,56 ^{ns}
Genótipos*Concentrações	3	171,36 ^{**}
Genótipos*Corantes	1	19,51 ^{ns}
Concentrações*Corantes	3	97,53 [*]
Genótipos*Concentrações*Corantes	3	181,42 ^{**}
Erro	45	25,10
CV (%)		5,28
Média		94,82

*Significativo a 5% de probabilidade

** Significativo a 1% de probabilidade

^{ns} Não significativo.

Houve diferenças significativas entre as cultivares quando desdobradas dentro de concentrações de inóculo e corantes, apenas para o corante Carmim acético na concentração de 1.000 ovos/planta, onde a cultivar HTV Dom Luiz teve maior porcentagem de grãos de pólen corados, sendo assim, considerados viáveis (Tabela 5).

Tabela 5. Teste de agrupamento de Scott-Knott da porcentagem de grãos de pólen corados, com dois corantes, de duas cultivares de coentro inoculadas com quatro concentrações de inóculo de *Meloidogyne incognita* raça 1, cultivadas em casa de vegetação.

Cultivares	Concentrações de inóculo	Corantes	
		Carmim acético	Alexander
Verdão	0	96,50 a A β	93,67 a A α
	1.000	75,00 a A α	94,50 b A α
	2.000	97,67 a A β	95,50 a A α
	4.000	97,83 a A β	92,50 a A α
HTV Dom Luiz	0	97,00 a A α	97,00 a A α
	1.000	99,17 a B α	96,33 a A α
	2.000	92,50 a A α	95,67 a A α
	4.000	98,16 a A α	98,17 a A α

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha, maiúscula para cultivares e grega para concentrações de inóculo na coluna, não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

No desdobramento das concentrações dentro das cultivares e corantes, apenas a concentração de 1.000 ovos/planta apresentou menor porcentagem de grãos de pólen corados em relação às demais concentrações na cultivar Verdão com corante Carmim acético.

Quanto aos corantes, verificou-se variação dentro da cultivar Verdão na concentração de 1.000 ovos/planta, onde o Carmim acético apresentou menor número de grãos corados em relação ao Alexander. Em trabalho com cana-do-brejo,

também foram observados os menores valores de pólen corados para o Carmim acético e Fucsina Ácida (SANTOS et al., 2016).

Diante dos resultados obtidos, podem-se utilizar ambos os corantes testados, independente da concentração do inóculo utilizada, pois a menor porcentagem de pólen viável foi de 75% obtida para a cultivar Verdão na concentração de 1.000 ovos/planta. Ruggiero et al., (1996) em trabalho com maracujá, espécie alógama, considera a viabilidade polínica alta quando são obtidos valores acima de 70%, onde não há comprometimento de trabalhos de melhoramento.

Na avaliação da viabilidade polínica in vitro nenhum dos meios utilizados possibilitou a germinação dos pólenes. Os meios foram testados na ordem em que se encontram na tabela 1. Inicialmente foram testados os meios propostos por Salles et al., (2006) e Tatis et al., (2013). Como nenhum apresentou desenvolvimento do tubo polínico, foram realizadas adaptações dos meios a fim de verificar um que promovesse a germinação do pólen, pois, segundo Taylor & Hepler (1997) diversos fatores influenciam na germinação do pólen in vitro, desde a temperatura e período de incubação aos micro e macronutrientes no meio de cultura.

Na primeira alteração, meio C, foi observado o início do alongamento do tubo polínico após 24 horas de incubação a 25°C. Buscando verificar se era necessário maior período de incubação, prolongou-se a avaliação por mais 48 horas, sendo realizada a observação de 24 e 24 horas, totalizando 72 horas de observação. Entretanto, não houve progresso do alongamento polínico, sendo o comprimento obtido insuficiente para considerar o pólen germinado, considerando o critério proposto por Pasqual et al., (1982) em que o pólen germinado deve apresentar um comprimento do tubo polínico igual ou superior ao diâmetro do próprio pólen.

A fim de identificar um meio eficiente na germinação de grãos de pólen de coentro in vitro, foram feitas adaptações no meio C, variando as concentrações de sais, sacarose, ácido bórico e phytigel, pois segundo Miranda & Clement (1990) o tipos e concentrações de açúcar e boro são importantes na composição do meio de cultura. Embora os meios G, I e J tenham apresentado o início do desenvolvimento do tubo polínico, não houve a continuação do crescimento (Figura 4).

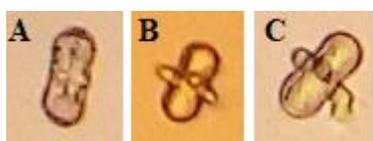


Figura 4. Avaliação do desenvolvimento do tubo polínico em cultivo in vitro. A) Ausência da emissão do

tubo, resultado obtido para a maioria dos meios testados; B) início do desenvolvimento do tubo polínico, resultado obtido nos meios G, I e J; C) alongamento do tubo polínico, observado no meio C.

Com base nos resultados obtidos, verifica-se a necessidade de novos estudos que busquem identificar o fator que está impossibilitando o desenvolvimento do tubo polínico in vitro de grãos de pólen de coentro. Podendo para isso, ser utilizado como base o meio C apresentado no presente estudo, alterando tanto as concentrações de açúcar, boro e demais sais, quanto os valores de pH do meio. Pois, além das concentrações de açúcar e boro, o pH é fator que influencia na germinação do pólen, fato constatado por Salles et al., (2006) avaliando meios com pH de 3,5 – 6,5 em citros, verificou um crescimento linear do número de grãos de pólen germinados a medida em que o pH aumentava até o nível de 6,5 para a cultivar Pêra e Natal, contudo, na cultivar Valência, os melhores resultados foram obtidos em pH em torno de 5.

CONCLUSÕES

Há possibilidade de inoculação na semeadura de ovos de 1.000 – 4.000 ovos/células de *M. incognita* raça 1 para avaliação da reação de genótipos de coentro, permitindo a quantificação de galhas e transplante das plantas selecionadas para vasos, direcionando-os para a recombinação em campo aberto, já que a avaliação com base no número de galhas é um método não destrutivo e a presença do patógeno não comprometeu a viabilidade polínica e produção de frutos de coentros, nas plantas sobreviventes avaliadas.

A inoculação na semeadura e avaliação aos 30 dias após a inoculação proporciona uma redução de 50% do tempo requerido nos processos de seleção em que a inoculação é realizada aos 15 dias após a semeadura e avaliação aos 45 dias após inoculação. Além disso, a avaliação por meio do número de galhas - nos ciclos iniciais - possibilita a recombinação no mesmo ciclo da seleção, viabilizando a realização de três ciclos seletivos em um ano, reduzindo com isso, custo e tempo para obtenção de genótipos superiores resistentes ao nematoide.

Dentre os corantes utilizados para verificar a viabilidade polínica, o Carmim acético e a solução de Alexander foram eficientes em diferenciar os pólenes viáveis dos inviáveis, podendo ser utilizados para verificar a viabilidade polínica em coentro. Nenhuma das concentrações de tetrazólio corou os pólenes de coentro.

Os meios de cultura utilizados para germinação *in vitro* dos grãos de pólen não possibilitaram o desenvolvimento do tubo polínico, sendo necessária a continuidade de novos estudos buscando ajustar um meio adequado para a cultura do coentro, tendo como uma opção para continuidade o meio C.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abad P, Gouzy J, Aury J-M, Castagnone-Sereno P, Danchin EGJ, Deleury E, Perfus-Barbeoch L, et al., (2008) Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. **Nature Biotechnology** **26**: 909-915.

Alexander MP (1980) A versatile stain for pollen, fungi, yeast and bacteria. **Stain Technology** **55**: 13-18.

Asmus GL (2001) Danos causados à cultura da soja por nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V. (Org.). Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Londrina: **Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia** 39-62.

Astudillo MJ (2006) **Evaluación de métodos de conservación de polen sometido a distintos tiempos de almacenaje de tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill)**. Ed. Pontificia Universidad Católica de Valparaiso. 54p.

Biondi CM, Prado MDC, Medeiros JE, Pedrosa EMR and Moura RM (2001) Tolerância do coentro ao parasitismo do nematoide *Meloidogyne incognita* Raça 1. **Nematologia Brasileira** **25**: 239-241.

Bonetti JIS and Ferraz S (1981) Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira** **6**: 553.

Correia ECSS (2017) **Potencial reprodutivo e danos causados por *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* em beterraba**. Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.69 p.

Diniz GMM (2012) **Resistência do coentro (*Coriandrum sativum* L.) à *Meloidogyne incognita* (Raça 1 e 3) e *Meloidogyne javanica***. Dissertação

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento genético de plantas” – UFRPE. 56 p.

Diniz GMM, Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Oliveira CL, Chagas WFT and Santos LS (2018) Reação de cultivares de coentro ao nematoide das galhas. **Ciência Agrícola 16**: 61-68.

Engler JA, Siqueira KMS, Nascimento DC, Costa TG and Engler GA (2016) Cellular outlook of galls induced by root-knot nematodes in the model host *Arabidopsis thaliana*. **Nematoda 3**.

Ferraz LCCB and Brown DJF (2016) **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora. 251 p.

Ferreira DF (2011) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium 6**: 36-41.

França Neto LV, Nascimento W, Carmona RE and Freitas R (2009) Viability of eggplant pollen. **Crop Breeding and Applied Biotechnology 9**: 320-327.

Furlani PR, Silveira LCP, Bolonhezi D and Faquin V (1999) **Cultivo hidropônico de plantas**. Campinas, Instituto Agronômico de Campinas IAC. 52 p. (Boletim Técnico, 180).

Hoekstra FA and Bruinsma J (1975) Respiration and vitality of binucleate and trinucleate pollen. **Plant Physiology 34**: 221-225.

Hussey RS and Barker KR (1973) A comparasion of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter 57**: 1025 – 1028.

Iborra JL, Guardiola J, Montaner S, Canovas M and Manjon A (1992) 2, 3, 5 Triphenyltetrazolium chloride as a viable assay for immobilized plan cells. **Biotechn.**

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Techn. 6: 319-322.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia** (2018) Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=82900&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/07/2017&mRelDtFim=31/10/2017&mAtributos=,,,,,,,,,1,,1,,. Acessado em abril de 2018.

Kearns CA and Inouye DW (1993) **Techniques for pollination biologist**. University of Colorado, Niwot. 583p.

Marschner H (1995) **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic. 889p.

Miranda PA and Clement CR (1990) Germination and storage of pejibaye (*Bactris gasipaes*) palmae pollen. **Revista de Biologia Tropical 38:** 29-33.

Munhoz M and Luz CFP (2008) Meissner Filho, P. E. Barth, O. M. Reinert, F. Viabilidade polínica de Carica papaya L.: uma comparação metodológica. **Revista Brasileira de Botânica 31:** 209-214.

Oliveira MSP, Maves MM and Kalume MAA (2001) Viabilidade de pólen in vivo e in vitro em genótipos de açaizeiro. **Acta Botanica Brasilica 15:** 27-33.

Pasqual M, Petri JL and Mattos CS (1982) Polinização da macieira III: cultivares BR-1 e Mollies Delicious. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 17:** 1477-1481.

Pimentel-Gomes F (1990) **Curso de estatística experimental**. Nobel, Piracicaba, 468p.

Pio LAS, Ramos SD, Pasqual M, Junqueira KP, Santos FC and Rufini JCM (2007) Viabilidade do pólen de laranjas doces em diferentes condições de armazenamento. **Ciência e Agrotecnologia 31:** 147-153.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Ruggiero C, São José AR, Volpe CA, Oliveira JC, Durigan JF, Baumgartner JG, Silva JR, Nakamura K, Ferreira ME, Kavati R and Pereira VP (1996) **Maracujá para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI. 64 p.

Salles LA, Ramos JD, Pasqual M, Junqueira KP and Silva AB (2006) Sacarose e pH na germinação in vitro de grãos de pólen de citros. **Ciência Agrotecnologia 30**: 170-174.

Santos AMM, Costa KDS, Silva J, Pereira JWL, Menezes D and Carvalho Filho JLS (2018) Methodology for the genetic improvement of coriander aiming for resistance to the root knot nematode. **Journal of Experimental Agriculture International 20**: 1-10.

Santos BNV, Macedo WA, Mello VS, Damasio JF, Santos LCB, Leite DM and Karsburg IV (2016) Estimativa da viabilidade dos grãos de pólen de cana-do-brejo baseada em distintos métodos de coloração. **Ciência & Tecnologia 8**: n.1. Número especial 2.

Santos BNV, Macedo WA, Mello VS, Damasio JF, Santos LCB, Leite DM and Karsburg IV (2016 b) Estimativa da viabilidade polínica de cana-de-macaco baseado no uso de 2,3,5 cloreto de trifeniltetrazolio. **Ciência & Tecnologia 7**: Número especial.

Santos LCB, Fernandes L, Damasio JF, Mello VS, Leite DM, Karsburg IV and Praça-Fonte MM (2016 a) Uso de tetrazólio para teste de viabilidade polínica em maracujá silvestre. **Ciência & Tecnologia 8**: n.1. Número especial 2.

Tatis HA, Ayala CC and Orozco AJ (2013) Eficiencia de dos métodos para evaluar la viabilidad del polen de berenjena (*Solanum melongena* L. cv. Lila crioula). Revista U.D.C.A **Actualidad & Divulgación Científica 16**: 351 – 358.

Taylor LP and Hepler PK (1997) Pollen germination and tube growth. **Annual review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 48**: 461-91.

CAPITULO V

PARÂMETROS GENÉTICOS E REAÇÃO DE POPULAÇÃO DE COENTRO AO *Meloidogyne incognita* RAÇA 1

Parâmetros genéticos e reação de população de coentro ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Ana Maria Maciel dos Santos, Kleyton Danilo da Silva Costa, Cristina dos Santos Ribeiro Martins, Rejane Rodrigues da Costa e Carvalho, Dimas Menezes, José Luiz Sandes de Carvalho Filho

RESUMO

Os parâmetros genéticos fornecem informações indispensáveis quanto ao comportamento genético de determinada população em estudo, em função dos caracteres avaliados, fornecendo subsídio ao melhorista na decisão do melhor método de seleção visando obtenção de ganho e manutenção da variabilidade adequada. Neste sentido, realizou-se o presente trabalho visando verificar a reação e estimar parâmetros genéticos de uma população composta por duas cultivares (Verdão e HTV Dom Luiz) e 49 progênies de meios-irmãos de coentro parasitadas pelo *Meloidogyne incognita* raça 1. O experimento foi conduzido em casa de vegetação no departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições e parcela experimental composta por oito plantas. A semeadura foi realizada em bandeja de poliestireno expandido de 128 células com Substrato comercial, sendo realizada a inoculação de 1.000 ovos/célula do patógeno no mesmo dia da semeadura. Aos 30 dias após a inoculação realizou-se a quantificação do número de galhas no sistema radicular, extração dos ovos do patógeno e após a quantificação dos ovos, estimou-se o fator de reprodução, para cada genótipo. Os dados das três características foram comparados pelo teste de agrupamento de Scott-Knott, classificados em resistentes e suscetíveis e foram estimados os parâmetros genéticos. Os genótipos diferiram entre si ao nível de 1% de probabilidade para todos os caracteres em estudo, sendo possível selecionar 12 progênies resistentes ao patógeno. As herdabilidades foram altas e positivas nos valores de 75,91 para número de galhas no sistema radicular e 96,72 para o número de ovos. Com base nas correlações fenotípicas e genotípicas foi possível indicar a seleção baseada no

número de galhas nos ciclos iniciais de seleção, viabilizando a seleção e recombinação no mesmo ciclo.

Palavras chaves: *Coriandrum sativum* L., herdabilidade, correlações, meloidoginose.

Genetic parameters and population reaction of coriander to *Meloidogyne incognita* race 1

ABSTRACT

The genetic parameters provide indispensable information about the genetic behavior of the study population regarding the characters evaluated, providing subsidy to the improver on the decision of the best selection method in order to obtain gain and maintain adequate variability. In this sense, the present study was carried out to verify the reaction and to estimate genetic parameters of a population composed by two cultivars (Verdão and HTV Dom Luiz) and 49 half-siblings of progenies of coriander parasitized by *Meloidogyne incognita* race 1. The experiment was conducted in a greenhouse in the Department of Agronomy of the Federal Rural University of Pernambuco, in a randomized block design with four replicates and an experimental plot composed by eight plants. The sowing was carried out in a tray of expanded polystyrene of 128 cells with commercial substrate, 1,000 eggs/cell of the pathogen being inoculated on the same day of seeding. After 30 days of inoculation, the number of galls was quantified in the root system, the pathogen's eggs were extracted and, after the quantification of the eggs, the reproduction factor was estimated for each genotype. Data from the three characteristics were compared by Scott-Knott clustering test, they were classified as resistant and susceptible, and genetic parameters were estimated. The genotypes differed from each other at the 1% probability level for all the characters under study, being possible to select 12 progenies that were resistant to the pathogen. The heritabilities were high and positive in the values of 75.91 for number of galls in the root system and 96.72 for the number of eggs. Based on the phenotypic and genotypic correlations, it was possible to indicate the selection based on the number of galls in the initial selection cycles, making selection and recombination possible in the same cycle.

Keywords: *Coriandrum sativum* L., heritability, correlations, root-knot disease.

INTRODUÇÃO

O coentro é uma das 12 hortaliças com maior participação no mercado nacional com tendência de crescimento para os próximos anos (GARCIA FILHO et al., 2017), sendo extremamente cultivada na região Nordeste do Brasil (PINHEIRO & PEREIRA, 2016). A área plantada de cerca 73.938 hectares e produtividade de 15 t/ha, com faturamento na produção de sementes e mudas de \$10,99 e \$243,57 milhões de dólares, respectivamente (GARCIA FILHO et al., 2017), reflete a importância econômica da cultura no país, devido as suas destinações de mercado que vão desde o consumo de suas folhas e frutos *in natura*, até matéria prima para a indústria: alimentos, farmacêutica, medicina alternativa (SAMOJLIK et al., 2010) e perfumaria (NEFFATI et al., 2011).

Diversos são os caracteres a serem melhorados na cultura, como a resistência ao pendoamento precoce (OLIVEIRA et al., 2015), resistência a fatores bióticos e abióticos (BONIFACIO et al., 2014; REIS & LOPES, 2016; ROCHA, 2017), além dos caracteres inerentes aos aspectos de cor, aroma e textura foliar. Dentre as doenças que acometem a cultura há a meloidoginose causada por espécies do gênero *Meloidogyne*, com destaque para a espécie *M. incognita* raça 1 sendo a mais danosa ao coentro (SANTOS et al., 2018).

Há trabalhos na literatura avaliando a reação de cultivares e progênies de coentro quanto ao ataque causado pelo *M. incognita* raça 1 na busca por identificar genótipos superiores que possam ser fonte de resistência a ser explorada em programas de melhoramento genético da cultura (SANTOS, 2014; DINIZ et al., 2018; SANTOS et al., 2018). A avaliação de populações obtidas de diferentes cultivares é fundamental, pois o aumento da variabilidade genética é uma estratégia que deve ser explorada a fim de obter ganho com a seleção.

O estudo de parâmetros genéticos de caracteres relacionados à infecção causada pelo *M. incognita* raça 1 é fundamental para o melhoramento genético da cultura. Pois, as estimativas de parâmetros genéticos permitirão identificar a natureza da ação dos genes envolvidos no controle dos caracteres quantitativos e

avaliar a eficiência de diferentes estratégias de melhoramento, obtendo ganhos genéticos e mantendo uma base genética adequada. Dentre os parâmetros genéticos, os que apresentam maior importância são: variâncias genéticas aditivas e não aditivas, as correlações e as herdabilidades (CRUZ et al., 2014). Desta forma, o melhorista deve escolher os melhores caracteres a serem utilizados nos processos seletivos levando em consideração informações como a relação CV_g/CV_a e herdabilidade, pois, de acordo com Costa et al (2008) a herdabilidade é um parâmetro genético de extrema importância ao melhorista, possibilitando a estimativa da parte da variância fenotípica que é decorrente de efeitos genéticos e viabilizando a escolha dos métodos de seleção a serem aplicados.

Com isso, o trabalho objetivou avaliar a reação e estimar parâmetros genéticos de duas cultivares e 49 progênies de meios-irmãos C2 de coentro, quanto ao parasitismo causado pelo *M. incognita* raça 1, inoculadas na semeadura e avaliadas aos 30 dias após a inoculação.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, no departamento de Agronomia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) com localização a 8°54'47''S, 34°54'47''W, altitude de 6 m, no período de novembro a dezembro de 2017. As médias mensais de temperaturas registradas pela estação meteorológica do Recife Curado (automática) variaram em média entre 22,3 – 32,2°C, para temperatura mínima e máxima, respectivamente (INMET, 2018). O delineamento foi de blocos casualizados com quatro repetições, cuja parcela foi composta por oito plantas.

Foram avaliadas as reações de duas cultivares de coentro (Verdão e HTV Dom Luiz) e 49 progênies C2 de meios-irmãos de coentro inoculadas com 1.000 ovos/célula na semeadura.

Das progênies avaliadas, 44 foram obtidas a partir de cultivar Verdão, por meio da avaliação de 2.000 plantas semeadas em bandeja de poliestireno expandido de 128 células, inoculadas com 1.000 ovos/célula de *M. incognita* raça 1 na semeadura e avaliadas (contagem do número de galhas) 30 dias após a inoculação, selecionando-se as plantas com número de galhas inferior a 10 galhas,

as quais eram transplantadas para vasos de 2 L contendo substrato composto por solo e húmus na proporção de 3:1. Os vasos foram colocados em campo aberto no espaçamento de 30 cm entre plantas na linha e 1 m entre linha, para que ocorresse a recombinação entre os indivíduos selecionados. Na colheita, cada planta teve seus frutos coletados individualmente e armazenados em sacos de papel devidamente identificados, correspondendo as progênes de meios-irmãos C1. As progênes obtidas no primeiro ciclo foram novamente avaliadas com inoculação de 1.000 ovos/célula na semeadura no delineamento de blocos casualizados com três repetições e a parcela composta por 8 plantas, sendo realizada a seleção entre e dentro das progênes no mesmo ciclo, cuja seleção e recombinação adotou o mesmo critério do primeiro ciclo seletivo.

As outras 5 progênes, foram obtidas da cultivar HTV Dom Luiz pelo mesmo procedimento adotado para a cultivar Verdão, com exceção da concentração do inóculo - 4.000 ovos/célula – e da pressão de seleção, onde as plantas selecionadas deveriam apresentar menos de 5 galhas no sistema radicular. A maior concentração de inóculo na cultivar HTV Dom Luiz foi decorrente do fato desta apresentar maior tolerância ao patógeno quando comparada a Verdão, em experimentos anteriores.

A semeadura foi realizada em bandejas de poliestireno expandido de 128 células contendo o Substrato comercial, colocando-se dois frutos de coentro a uma profundidade de aproximadamente 0,5 cm, cobrindo-se em seguida com o substrato. Posteriormente, realizou-se a irrigação com água e inoculação de 1.000 ovos/célula de *M. incognita* raça 1. A irrigação foi diária conforme a necessidade hídrica, sendo aplicada fertirrigação três vezes na semana, tomando-se cuidado para que não houvesse drenagem e conseqüente perda de inóculo.

Transcorridos 30 dias da semeadura/inoculação foi realizada a avaliação. Para isso, o sistema radicular foi lavado em água parada para remoção do substrato, em seguida foi quantificado o número de galhas e extraíram-se os ovos segundo metodologia de proposta por Hussey & Barker (1973) e modificada por Boneti & Ferraz (1981), de cada planta individualmente. Os ovos extraídos foram armazenados em recipientes devidamente identificados e colocados em câmara fria até a contagem que foi realizada com auxílio de microscópio, no aumento de 40X, e lâmina de Peters.

Após a quantificação do número de ovos, foi estimado o fator de reprodução (FR) referente a cada amostra, por meio do quociente entre a população final do patógeno (número de ovos quantificado na amostra) e a população inicial do nematoide (foi inoculado 1.000 ovos/célula). Para classificar a reação das cultivares e progênies de coentro ao patógeno foi utilizada a escala de Oostenbrink (1966) sendo considerados resistentes os genótipos com $FR < 1$ e suscetíveis os que apresentarem $FR > 1$.

Os dados obtidos foram transformados por \sqrt{x} para atender as suposições da análise de variância, sendo submetidos a esta, com posterior teste de agrupamento de Scott-Knott a 5% de probabilidade, por meio de programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011). Foram estimados os parâmetros genéticos pelo programa estatístico GENES (CRUZ, 2013).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve diferenças significativas para número de galhas no sistema radicular, número de ovos e fator de reprodução à 1% de probabilidade, entre os genótipos avaliados. Os coeficientes de variação oscilaram de 11,65% a 16,86% (Tabela 1). Valores de CV entre 10 e 20% são considerados como de média precisão experimental (PIMENTEL-GOMES, 1990), que segundo Cargnelutti Filho & Storck (2007) não são preocupantes.

Tabela 1. Resumo da análise de variância do número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR) de duas cultivares e 49 progênies de coentro inoculadas com *Meloidogyne incognita* raça 1.

FV	GL	QM		
		NGSR ⁺	NO ⁺	FR ⁺
Blocos	3	1,31	81,43	0,08
Genótipos	50	1,33 ^{**}	443,63 ^{**}	0,44 ^{**}
Erro	150	0,32	14,57	0,02
CV%		16,86	11,65	11,68
Média		3,36	32,75	1,04

⁺ Dados transformados por \sqrt{x}

** Significativo a 1% de probabilidade.

Para o número de galhas no sistema radicular as médias se dividiram em três grupos. No primeiro grupo as médias variaram entre 3,75 – 6,75; no segundo de 8,00 – 11,25 e no terceiro grupo de 11,75 – 24,00 (Tabela 2). As médias obtidas nos três grupos são inferiores as obtidas por Santos et al (2018) avaliando as cultivares Verdão, Tabocas, Tapacurá, Palmeira e HTV Dom Luiz no tratamento que tinha como níveis dos fatores recipiente e substrato, bandeja e Basaplant®, respectivamente. Tais resultados evidenciam que há possibilidade de obter progênies promissoras dentre as avaliadas no presente estudo, com base nesta característica.

Tabela 2. Teste de agrupamento de Scott-Knott e reação de duas cultivares e 49 progênies de coentro ao *M. incognita* raça 1, para as variáveis número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).

Genótipos	NGSR	NO	FR	Reação*
67	3,75 a	265,25 a	0,27 a	Resistente
DP10	4,00 a	114,75 a	0,12 a	Resistente
58	4,75 a	311,75 a	0,32 a	Resistente
5	5,00 a	418,25 a	0,42 a	Resistente
69	5,50 a	160,75 a	0,16 a	Resistente
18	6,75 a	526,00 a	0,53 a	Resistente
DP11	8,00 b	225,75 a	0,23 a	Resistente
45	8,75 b	1107,50 b	1,11 b	Suscetível
51	9,00 b	857,75 b	0,86 b	Resistente
DP2	9,00 b	732,75 b	0,73 b	Resistente
8	9,50 b	746,00 b	0,75 b	Resistente
Verdão	9,75 b	1328,50 c	1,33 c	Suscetível
29	10,00 b	266,00 a	0,27 a	Resistente
4	10,25 b	2539,25 e	2,54 e	Suscetível
21	10,25 b	629,25 b	0,63 b	Resistente
31	10,25 b	576,00 a	0,58 a	Resistente
1	10,50 b	1159,50 b	1,16 b	Suscetível

40	10,83 b	750,25 b	0,75 b	Resistente
47	11,00 b	1037,50 b	1,04 b	Suscetível
64	11,19 b	487,00 a	0,49 a	Resistente
60	11,25 b	1445,00 c	1,45 c	Suscetível
54	11,25 b	1467,25 c	1,47 c	Suscetível
38	11,75 c	1556,25 c	1,56 c	Suscetível
19	11,75 c	879,75 b	0,88 b	Resistente
16	12,00 c	1902,75 d	1,90 d	Suscetível
15	12,44 c	1601,75 c	1,60 c	Suscetível
14	12,50 c	1564,00 c	1,57 c	Suscetível
49	12,50 c	1817,50 d	1,82 d	Suscetível
DP6	12,75 c	267,25 a	0,27 a	Resistente
HTV Dom Luiz	12,75 c	1711,50 d	1,71 d	Suscetível
33	13,00 c	1705,00 d	1,71 d	Suscetível
57	13,00 c	1542,25 c	1,54 c	Suscetível
3	13,50 c	1328,25 c	1,33 c	Suscetível
23	13,50 c	953,50 b	0,95 b	Resistente
42	13,50 c	1393,25 c	1,40 c	Suscetível
24	13,75 c	1503,00 c	1,50 c	Suscetível
44	13,75 c	1091,00 b	1,09 b	Suscetível
56	14,00 c	2596,25 e	2,60 e	Suscetível
48	14,00 c	2358,50 e	2,36 e	Suscetível
22	14,25 c	676,00 b	0,68 b	Resistente
DP1	14,25 c	1273,25 c	1,28 c	Suscetível
20	14,50 c	820,50 b	0,82 b	Resistente
28	14,75 c	474,50 a	0,48 a	Resistente
46	14,75 c	1394,50 c	1,40 c	Suscetível
32	15,06 c	1348,63 c	1,35 c	Suscetível
12	15,25 c	1838,25 d	1,84 d	Suscetível
34	16,25 c	2337,50 e	2,34 e	Suscetível
53	16,75 c	1783,25 d	1,79 d	Suscetível
50	17,00 c	1945,50 d	1,95 d	Suscetível
52	17,00 c	2169,00 e	2,17 e	Suscetível

30	24,00 c	1876,75 d	1,88 d	Suscetível
-----------	---------	-----------	--------	------------

* Escala de Oostenbrink (1966), genótipos resistentes $FR < 1$ e suscetível $FR > 1$.

Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna, não diferem estatisticamente entre pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para o número de ovos as médias foram de 114,75 - 2596,25; formando cinco grupos dentro deste intervalo. O fator de reprodução teve comportamento semelhante ao número de ovos, já que é diretamente proporcional a esta variável. O primeiro grupo foi formado por fatores de reprodução de 0,12 – 0,58; sendo todos os genótipos classificados como resistentes e apresentando as menores médias, sendo por isso, os indicados para seleção. No segundo grupo, composto por fatores de reprodução entre de 0,63 a 1,16 ocorre à presença de indivíduos com $FR < 1$ e $FR > 1$, entretanto, por serem distintos estatisticamente do primeiro grupo, o qual apresenta as menores médias, não serão selecionados os genótipos com $FR < 1$. Nos outros três grupos os fatores de reprodução são todos superiores a um, não sendo indicada a seleção de tais progênies.

Os valores do FR das progênies do grupo a ($0,12 \leq FR \leq 0,58$) são inferiores aos obtidos para as cultivares Verdão ($FR = 1,33$) e HTV Dom Luiz ($FR = 1,71$). Tais progênies também apresentaram FR menores que os encontrados por Santos (2018) que oscilaram de 1,54; 1,59; 1,69; 2,01 e 2,42 para as cultivares HTV Dom Luiz, Tapacurá, Verdão, Palmeira e Tabocas, respectivamente. Diniz et al (2018) também obteve resultado superior aos encontrados no presente estudo, onde a cultivar Verdão apresentou $FR = 2,4$ ao ser inoculada com 1200 ovos de *M. incognita* raça 1 aos 15 dias após a semeadura e avaliada aos 45 dias após a inoculação. Desta forma, as progênies pertencente ao grupo a, apresentam comportamento superior quanto a resistência ao *M. incognita* raça 1, sendo promissoras a darem continuidade ao programa de melhoramento genético da cultura.

Quanto aos parâmetros genéticos, em todos os caracteres analisados há uma maior contribuição da variação genética quanto à variação apresentada pelo fenótipo, indicando que realmente há variabilidade genética entre as progênies avaliadas, tornando mais simples o processo seletivo e possibilitando ganho com a seleção (Tabela 3). Este fato é muito importante, pois segundo Borém & Miranda (2013) quanto maior a proporção da variabilidade decorrente do ambiente em

relação à variabilidade fenotípica, mais difícil será realizar a seleção de genótipos de forma efetiva. Reduzindo a eficiência do processo seletivo efetuado pelo melhorista.

Tabela 3. Parâmetros genéticos estimados para os caracteres número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).

Parâmetros genéticos	Caracteres		
	NGSR	NO	FR
V_g	0,25	107,27	0,107
V_a	0,08	3,64	0,004
V_f	0,33	110,91	0,111
h^2	75,91	96,72	96,70
CV_g	14,97	31,62	31,62
CV_a	16,86	11,62	11,68
CV_g/CV_a	0,89	2,71	2,71

Variância fenotípica (V_f), variância ambiental (V_a), variância genética (V_g), herdabilidade (h^2), coeficiente de variação genética (CV_g), coeficiente de variação ambiental (CV_a) e razão entre coeficiente de variação genética e ambiental (CV_g/CV_a).

Os coeficientes de variação genética (CV_g) oscilaram entre 16,86 – 11,68 para o número de galhas no sistema radicular e fator de reprodução, respectivamente. O coeficiente de variação genética permite inferir sobre a variabilidade genética entre os caracteres, auxiliando na seleção de genótipos superiores por evidenciar os níveis de variabilidade genética presente em diferentes genótipos, ambiente e caracteres (FERRÃO et al., 2008). Logo, a estimativa da variância genética entre médias de famílias (progênies) é fundamental sendo indispensável para o melhorista, tendo em vista que o sucesso de um programa de melhoramento é depende da existência de variabilidade genética na população de trabalho (CRUZ et al., 2014).

A herdabilidade apresentou valores de 75,91 (NGSR) - 96,72 (NO), sendo considerada alta. As obtenções de altas estimativas de herdabilidade indicam que há possibilidade de selecionar genótipos superiores (OLIVEIRA et al., 2015). Logo, é

possível obter ganho com a seleção baseada tanto no número de galhas no sistema quanto no número de ovos e fator de reprodução, com base nos dados obtidos.

Os valores de herdabilidade obtidos no presente estudo foram maiores que os estimados por Diniz (2012) em trabalho realizado avaliando as cultivares Português, Tabocas, Tapacurá, Verdão, Palmeira, HTV-9299 parasitadas pelo *M. incognita* raça 1, onde as herdabilidades estimadas foram de 48,83 para o número de galhas e 70,85 para o número de ovos. As estimativas de herdabilidade variam em função de diversos fatores como: a característica; o método de estimação; a diversidade na população; o nível de endogamia da população; o tamanho da amostra avaliada; o número e tipo de ambientes considerados; a unidade experimental considerada e a precisão na condução experimental e coleta de dados (BORÉM & MIRANDA, 2013). Logo, mesmo levando em consideração as mesmas características na mesma espécie, haverá variação quanto aos valores de herdabilidade obtidos em diferentes populações e experimentos, sendo necessário estimar tal parâmetro para cada população em trabalho e adotar outros parâmetros para complementar as informações fornecidas pela herdabilidade, visando auxiliar a tomada de decisão do melhorista, sendo a relação CV_g/CV_a uma opção a ser adotada.

Como a relação CV_g/CV_a foi superior à uma unidade para número de ovos e fator de reprodução (2,71), e próximo a um para o número de galhas no sistema radicular (0,89), torna viável a seleção com base nestes caracteres, pois segundo Cruz (2004), há uma situação favorável para obtenção de ganho com a seleção quando a relação CV_g/CV_a tende a 1,0 ou é maior que 1,0 já que a variação genética supera a variação ambiental. Desta forma, como a relação CV_g/CV_a e a herdabilidade são parâmetros que indicam o sucesso na seleção de genótipos superiores (FALUBA et al., 2010), e ambos os parâmetros obtidos no presente trabalho foram elevados, é possível obtenção de ganho na seleção das progênies superiores na população em estudo, podendo estas, serão utilizadas na busca de genótipos que possam ser fonte de resistência ao *M. incognita* raça 1 a serem utilizados em programas de melhoramento genético do coentro.

Todos os genótipos que apresentaram as menores médias para número de galhas no sistema radicular estão no grupo de menores valores de fator de reprodução (0,12 – 0,58). Com base nas correlações entre os caracteres em estudo, verificou-se que todos estão relacionados positivamente entre si (Tabela 4).

Tabela 4. Coeficientes de correlação fenotípica, genética e ambiental para os caracteres número de galhas no sistema radicular (NGSR), número de ovos (NO) e fator de reprodução (FR).

Caracteres		NGSR	NO	FR
	Rf	-	0,71**	0,71**
NGSR	Rg	-	0,81**	0,81**
	Ra	-	0,23 ^{ns}	0,23 ^{ns}
	Rf	-	-	1,0**
NO	Rg	-	-	1,0**
	Ra	-	-	0,99*

**Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

^{ns} não significativo.

As correlações fenotípicas e genéticas entre o número de galhas no sistema radicular com o número de ovos e fator de reprodução foram todas significativas a 1% de probabilidade, sendo positivas e fortes, nos valores de 0,81 (NGSR x NO; NO x FR) e 0,71 (NGSR x NO; NGSR x FR) para as correlações genéticas e fenotípicas, respectivamente. Alta correlação genética indica que os caracteres envolvidos são afetados pelos mesmos genes ou são genes ligados muito próximos (FALCONER & MACKAY, 1996). Este fato é importante, pois indica que a seleção indireta com base no número de galhas no sistema radicular, modo não destrutivo que possibilita a recombinação dos indivíduos selecionados tanto entre quanto dentro das progênie, pode ser uma opção a ser adotada nos ciclos iniciais de seleção, sendo o fator de reprodução utilizado como critério para seleção em ciclos mais avançados.

As correlações genética, fenotípica e ambiental entre o número de ovos e fator de reprodução foram significativas a 1% de probabilidade, sendo todas as correlações muito fortes e positivas, fato esperado já que o fator de reprodução é estimado a partir do número de ovos, sendo diretamente proporcional a este. Mesmo estes sendo extremamente correlacionados, o uso do fator de reprodução é importante por fornecer uma informação sobre o comportamento da população do patógeno, permitindo identificar os genótipos que possibilitam o aumento

populacional do nematoide no solo, além de permitir a classificação dos genótipos em suscetíveis e resistentes pela escala de Oostenbrink (1966), otimizando o processo seletivo efetuado pelo melhorista.

CONCLUSÕES

A inoculação na semeadura com 1.000 ovos/célula de *M. incognita* raça 1 e avaliação aos 30 dias após a inoculação foi eficiente em diferenciar os genótipos avaliados, promovendo redução de tempo e otimização de recursos, além de possibilitar a seleção de genótipos superiores, como as 12 progênies (67, DP10, 58, 5, 69, 18, DP11, 29, 31, 64, DP6 e 28) indicadas para seleção.

Os elevados valores de herdabilidade e CV_g/CV_a obtidos indicam que os caracteres número de galhas no sistema radicular, número de ovos e fator de reprodução podem ser utilizados para realização da seleção de genótipos promissores resistentes ao patógeno, possibilitando ganho com a seleção e obtenção de populações melhoradas superiores.

Com as fortes correlações genéticas entre o número de galhas no sistema radicular e fator de reprodução é possível indicar a seleção baseada no número de galhas nos ciclos iniciais de programas de melhoramento genético visando a obtenção de genótipos resistentes ao *M. incognita* raça 1, possibilitando a seleção e recombinação entre e dentro de progênies no mesmo ciclo seletivo. Sendo, porém, indispensável à extração de ovos e estimação do fator de reprodução em ciclos mais avançados nos programas de melhoramento genético do coentro.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bonetti JIS and Ferraz S (1981) Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira** 6: 553.

Bonifacio A, Silva Júnior GS, Silva LE, Rodrigues AC, Willadino LG and Camara TJR (2014) Respostas fisiológicas e bioquímicas de cultivares de coentro submetidas à salinidade. **II INOVAGRI International Meeting**, Fortaleza/BR. 5482 - 5489.

Borém A and Miranda GV (2013) **Melhoramento de plantas**. Viçosa: UFV, 6ª ed. 523 p.

Cargnelutti Filho A and Storck L (2007) Estatísticas de avaliação da precisão experimental em ensaios de cultivares de milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 42: 17 – 24.

Costa MM, Di Mauro AO, Unêda-Trevisoli SH, Arriel NHC, Bárbaro IM, Silveira GD and Muniz FRS (2008) Heritability estimation in early generations of two-way crosses in soybean. **Bragantia** 67: 101-108.

Cruz CD (2013) GENES – a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Versão 2015. 5.0. **Acta Scientiarum Agronomy** 35: 271 – 276.

Cruz CD, Carneiro PCS and Regazzi AJ (2014) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Volume 2. 3ª ed. Viçosa: UFV. 668p.

Cruz CD, Regazzi AJ and Carneiro PCS (2004) **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Volume 1. 3ª ed. Viçosa: UFV. 480p.

Diniz GMM (2012) **Resistência do coentro (*Coriandrum sativum* L.) à *Meloidogyne incognita* (Raça 1 e 3) e *Meloidogyne javanica***. Dissertação

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

apresentada ao programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento genético de plantas” – UFRPE. 56 p.

Diniz GMM, Carvalho Filho JLS, Gomes LAA, Oliveira CL, Chagas WFT and Santos LS (2018) Reação de cultivares de coentro ao nematoide das galhas. **Ciência Agrícola 16**: 61-68.

Falconer DS and Mackay TFC (1996) **Introduction to quantitative genetics**. 4^a ed. Malaysia, Longman. 464p.

Faluba JS, Miranda GV, Lima RO, Souza LV, Debem EA and Oliveira AMC (2010) Potencial genético da população de milho UFV 7 para o melhoramento em Minas Gerais. **Ciência Rural 40**: 1250-1256.

Ferrão RG, Cruz CD, Ferreira A, Cecon PR, Ferrão MAG, Fonseca AFA, Carneiro PCS and Silva MF (2008) Parâmetros genéticos em café Conilon. **Pesquisa Agropecuária Brasileira 43**: 61-69.

Ferreira DF (2011) SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Científica Symposium 6**: 36-41.

Garcia Filho E, Nakatani JK, Pinto MJA, Neves MF, Caserta PG, Kalaki RB and Gerbasi T (2017) **Mapeamento e quantificação da cadeia produtiva das hortaliças**. Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil - Brasília: CNA. 79p.

Hussey RS and Barker KR (1973) A comparasion of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp. including a new technique. **Plant Disease Reporter 57**: 1025-1028.

INMET – **Instituto Nacional de Meteorologia** (2018) Disponível em: http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/gera_serie_txt_mensal.php?&mRelEstacao=82900&btnProcesso=serie&mRelDtInicio=01/04/2016&mRelDtFim=31/05/2016&mAtributos=,,,,,,1,,1,1, Acesso em julho de 2018.

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

Neffati M, Sriti J, Hamdaoui G, Kchouk ME and Marzouk B (2011) Salinity impact on fruit yield, essential oil composition and antioxidant activities of *Coriandrum sativum* fruit extracts. **Food Chemistry** **124**:221–225.

Oliveira NS, Carvalho Filho JLS, Silva DO, Pastoriza RJG, Melo RA, Silva JW and Menezes D (2015) Seleção e parâmetros genéticos de progênies de coentro tolerantes ao calor. **Horticultura Brasileira** **33**: 319 – 323.

Oostenbrink M (1966) Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mendelingen Landbouwhogeschool Wageningen** **6**: 1- 46.

Pimentel-Gomes F (1990) **Curso de estatística experimental**. Nobel, Piracicaba, 468p.

Pinheiro JB and Pereira RB (2016) **Manejo de nematoides na cultura do coentro e salsinha**. Circular Técnica 149. Embrapa Hortaliças, Brasília. 8 p.

Reis A and Lopes CA (2016) **Doenças do coentro no Brasil**. Circular Técnico 157. Brasília - DF. 6p.

Rocha AO (2017) **Manejo da podridão de raiz e colo em coentro (*Coriandrum sativum* L.)**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Alagoas - Rio Largo. 55p.

Samojlik L, Lakic N, Mimica-Dukic N, Dakovic-Svajcer K and Bozin B (2010) Antioxidant and Hepatoprotective Potential of Essential Oils of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) and Caraway (*Carum carvi* L.) (Apiaceae). **Journal of Agricultural and Food Chemistry** **58**: 8848-8853.

Santos AMM (2014) **Comportamento de população melhorada de coentro quanto à reação de resistência à *Meloidogyne incognita* raça 1**. Dissertação

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia “Melhoramento Genético de Plantas” da Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife. 33 p.

Santos AMM, Costa KDS, Silva J, Pereira JWL, Menezes D and Carvalho Filho JLS (2018) Methodology for the genetic improvement of coriander aiming for resistance to the root knot nematode. **Journal of Experimental Agriculture International 20**: 1-10.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Principais conclusões

Os trabalhos executados durante esta tese analisaram diferentes aspectos relacionados à infecção do *M. incognita* raça 1 em coentro, buscando maior compreensão dos fatores que influenciam na condução de ensaios visando à avaliação e seleção de genótipos resistentes ao patógeno.

No capítulo 2, verificou-se que o tipo de recipiente e substrato utilizado irá influenciar nos resultados obtidos quanto à reação de genótipos de coentro ao nematoide. Sendo a bandeja de 128 células com o Substrato comercial, o recipiente e substrato a ser utilizado com base nas variáveis avaliadas. Além disso, a parcela experimental constituída por oito plantas apresentou melhores resultados, fornecendo dados confiáveis.

Já no capítulo 3, foi possível demonstrar que a concentração do inóculo utilizado na avaliação da reação de genótipos de coentro influencia nos resultados das variáveis analisadas, sendo fundamental o estabelecimento de concentração que possibilite a expressão do real potencial genético dos indivíduos avaliados. Além disso, buscou-se verificar a eficiência da inoculação na semeadura e avaliação aos 30 dias após inoculação, visando otimizar tempo e recursos do programa de melhoramento genético. Com os resultados obtidos foi possível indicar a inoculação na concentração de 1.000 ovos/planta na semeadura e avaliação das variáveis IG, NGSR, NO e FR aos 30 dias após a inoculação.

No capítulo 4, verificou-se que a presença do nematoide não promoveu inviabilidade polínica e que a inoculação de 1.000 – 4.000 ovos/célula na semeadura não influenciaram na produção de frutos, nas plantas sobreviventes de coentro.

Por fim, no capítulo 5, a avaliação de 49 progênies de meios-irmãos de coentro e das cultivares Verdão e HTV Dom Luiz inoculadas na semeadura e avaliadas aos 30 dias após a inoculação, utilizando o recipiente, substrato, tamanho da parcela experimental e concentração de inóculo propostos nos capítulos anteriores, comprovou a eficiência da metodologia em diferenciar os genótipos avaliados, classificando algumas progênies em resistentes e outras em suscetíveis. Também se estimou parâmetros genéticos onde a herdabilidade foi superior a 70%

Santos AMM. Metodologias para seleção de genótipos de coentro visando melhoramento para resistência ao *Meloidogyne incognita* raça 1

para todos os caracteres em estudo, sendo possível utilizá-los em processos seletivos. Por meio da metodologia proposta, descrita a seguir, foi possível selecionar 12 progênies superiores quanto a resistência ao *M. incognita* raça 1.

Propõem-se uma metodologia a ser utilizada em programas de melhoramento genético do coentro visando a seleção de genótipos resistentes ao *M. incognita* raça 1:

1. Uso de bandeja de 128 células com Substrato comercial e parcela composta por 8 plantas;
2. Inoculação na semeadura de 1.000 ovos/célula;
3. Avaliação aos 30 dias após inoculação;
4. Seleção entre e dentro de progênies de meios-irmãos, baseada no número de galhas nos ciclos iniciais, sendo os indivíduos selecionados transplantados para vasos e levados a campo para recombinação;
5. Obtenção de população melhorada, reiniciando um novo ciclo.

Por meio da adoção desta proposta será possível avaliar os genótipos de forma eficiente e rápida, otimizando os recursos com redução de tempo, possibilitando a realização de três ciclos por ano o que possivelmente viabilizará a identificação de indivíduos superiores promissores.

É necessária a continuação de estudos que visem aprofundar no entendimento da interação hospedeiro (coentro) x patógeno, por meio de técnicas como a proteômica, pois o entendimento dos possíveis mecanismos de reação ao patógeno servirá de subsídio para que o melhorista possa definir com maior precisão as etapas a serem realizadas no programa de melhoramento para resistência ao *M. incognita* raça 1.

Com a obtenção de genótipo (s) resistente ao nematoide é fundamental o estudo de herança para identificar o mecanismo genético responsável pela resistência, aliado ao estudo molecular, visando identificar marcador (s) que possa ser utilizado na seleção de indivíduos, auxiliando no precoce seletivo com obtenção de resultados mais precisos.