



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

ELDER ANDREAZI

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAFÉ COM  
RESISTÊNCIA AO NEMATOIDE *MELOIDOGYNE*  
*PARANAENSIS***

ELDER ANDREAZI

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAFÉ COM  
RESISTÊNCIA AO NEMATOIDE *MELOIDOGYNE*  
*PARANAENSIS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Estadual de Londrina, como requisito parcial para a  
obtenção do título de mestre em Agronomia.

Orientador: Prof. Dr. Ricardo Tadeu de Faria  
Co-orientador: Dr. Gustavo Hiroshi Sera

Londrina  
2014

**Catálogo elaborado pela Divisão de Processos Técnicos da Biblioteca Central da  
Universidade Estadual de Londrina**

**Dados Internacionais de Catalogação-na-Publicação (CIP)**

A557i	<p>Andreazi, Elder. Identificação de genótipos de café com resistência ao nematoide <i>Meloidogyne paranaensis</i> / Elder Andreazi. – Londrina, 2014. 54 f. : il.</p> <p>Orientador: Ricardo Tadeu de Faria. Coorientador: Gustavo Hiroshi Sera. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2014. Inclui bibliografia.</p> <p>1. Café – Melhoramento genético – Teses. 2. Café – Resistência a doenças e pragas – Teses. 3. Nematoda – Teses. 4. Meloidogyne – Teses. I. Faria, Ricardo Tadeu de. II. Sera, Gustavo Hiroshi. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. IV. Título.</p> <p style="text-align: right;">CDU 631.52: 633.73</p>
-------	--

ELDER ANDREAZI

**IDENTIFICAÇÃO DE GENÓTIPOS DE CAFÉ COM RESISTÊNCIA AO  
NEMATOIDE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS***

Dissertação apresentada ao Programa de Pós  
Graduação em Agronomia da Universidade  
Estadual de Londrina, como requisito parcial para a  
obtenção do título de mestre em Agronomia.

**BANCA EXAMINADORA**

---

Dr. Gustavo Hiroshi Sera  
IAPAR – Londrina – PR

---

Dr<sup>a</sup>. Andressa Cristina Zamboni Machado  
IAPAR – Londrina – PR

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Inês Cristina de Batista Fonseca  
UEL – Londrina – PR

---

Dr. Dhalton Shiguer Ito  
IAPAR – Londrina – PR

---

Dr<sup>a</sup>. Lúcia Sadayo Assari Takahashi  
UEL – Londrina – PR

---

Orientador: Prof<sup>o</sup> Dr<sup>o</sup>. Ricardo Tadeu de Faria  
UEL – Londrina – PR

Londrina, 24 de fevereiro de 2014.

Dedico este trabalho à Deus, por permitir que tudo acontecesse, à minha esposa Cristiana e meu filho Tomás pelo carinho e presença, aos meus pais pelo apoio em todas as decisões para concluir mais essa etapa em minha vida.

## AGRADECIMENTOS

À DEUS em primeiro lugar.

À Universidade Estadual de Londrina e ao programa de Pós Graduação em Agronomia pela oportunidade da realização deste trabalho.

Ao Instituto Agrônômico do Paraná por ceder a infraestrutura para realização dos experimentos.

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

Ao professor Ricardo Tadeu de Faria pela orientação e os ensinamentos.

Ao Dr. Gustavo Hiroshi Sera pela co-orientação.

Ao Dr. Tumoru Sera pelo grande ensinamento e exemplo.

A professora Inês Cristina de Batista Fonseca pela contribuição na preparação e interpretação dos dados.

A Dr<sup>a</sup> Andressa Cristina Zamboni Machado e ao Dr. Dhalton Shiguer Ito pelas sugestões.

Aos técnicos do Laboratório de genética de Café do IAPAR pelo apoio técnico.

A todos os funcionários, bolsistas e amigos que de alguma forma contribuíram para realização deste trabalho

ANDREAZI, Elder; FARIA, Ricardo Tadeu; SERA, Gustavo Hiroshi. **Identificação de genótipos de café com resistência ao nematoide *Meloidogyne paranaensis***. 2014. 54 f. Dissertação apresentada ao Departamento de Pós Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

## RESUMO

Os fitonematoides estão entre as principais causas da diminuição da produtividade na cultura do café. Entre os mais prejudiciais à cafeicultura brasileira estão *Meloidogyne incognita*, *M. paranaensis* e *M. exigua*. Em geral, o controle de fitonematoides é difícil de ser realizado. O manejo genético por meio do uso de cultivares resistentes é uma alternativa para o cultivo em áreas infestadas. O objetivo deste trabalho foi avaliar densidades populacionais de *M. paranaensis* nas cultivares de café ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’ e selecionar progênies de *Coffea arabica* com resistência ao nematoide. Foram instalados dois experimentos em telado na sede do Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR. No experimento 1 foram avaliados seis níveis de inóculo do nematoide, sendo eles: 0, 500, 1500, 3000, 5000 e 8000 ovos/planta, nas cultivares ‘IPR 100’, ‘Apoatã IAC 2258’ e ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ (padrão suscetível). O experimento foi instalado utilizando o delineamento em blocos casualizados em esquema fatorial 3 x 6 (três cultivares e seis níveis de inóculo), com 10 repetições. No experimento 2 foram testadas, para a resistência a *M. paranaensis*, 19 progênies de *C. arabica* e duas cultivares testemunhas. O experimento foi instalado em blocos casualizados com 10 repetições. No experimento 2 foram inoculados 5000 ovos por planta. Para ambos experimentos foi avaliado o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes (NOJ.g<sup>-1</sup>). A redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH) foram utilizados para classificar os níveis de resistência dos cafeeiros. As avaliações foram efetuadas 110 dias após a inoculação. Os dados foram submetidos à Análise de Variância. No experimento 1 foi realizado teste de médias de Tukey e o efeito dos níveis de inóculo foi estudado por regressão modelo raiz quadrada. No experimento 2 foi realizado o teste de agrupamento de médias de Scott-Knott. Os resultados do experimento 1 demonstraram quantidades significativamente menores de NOJ.g<sup>-1</sup> em ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’ em relação à cultivar Catuaí. Quanto a RFR e ISH as médias demonstraram reação de resistência em todos os níveis estudados para ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’. No experimento 2, quanto ao número de ovos e juvenis de segundo estágio (NOJ.g<sup>-1</sup>), todas as progênies foram estatisticamente superiores ao padrão suscetível ‘Catuaí Vermelho IAC 99’, sendo que 17 progênies tiveram 100% das plantas classificadas como AR, R e MR em ambos os índices (ISH e RFR). Neste trabalho foi possível confirmar a resistência de ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’ a *M. paranaensis*. Todas as progênies que apresentaram 100% de plantas AR, R e MR, em ambos os índices (ISH e RFR), serão avançadas e têm potencial para se tornarem novas cultivares de café com resistência a *M. paranaensis*.

**Palavras-chave:** *Coffea*. Melhoramento genético. Nematoide das galhas

ANDREAZI, Elder; FARIA, Ricardo Tadeu; SERA, Gustavo Hiroshi. **Identification of coffee genotypes with resistance to the nematode *Meloidogyne paranaensis***. 2014. 54 p. Dissertação apresentada ao Departamento de Pós Graduação em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2014.

## ABSTRACT

Nematodes cause a great decrease in the productivity of coffee crop. Among the most damaging species to the Brazilian coffee are *Meloidogyne incognita*, *M. paranaensis* and *M. exigua*. Usually, the nematode control is very difficult but the use of resistant coffee cultivars is an alternative in infested areas. The aim of this study was to evaluate population densities of *M. paranaensis* in the coffee cultivars 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' and to select *Coffea arabica* progenies with resistance to this nematode. Two experiments were carried out under greenhouse conditions at Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), at Londrina, Paraná State, Brazil. At experiment 1, the cultivars 'IPR 100', 'Apoatã IAC 2258' and 'Catuaí Vermelho IAC 99' (susceptible check) were evaluated using the inoculum levels 0, 500, 1500, 3000, 5000 and 8000 eggs per plant. The experiment was conducted using a randomized blocks design in a factorial 3 x 6 arrangement (three cultivars and six inoculum levels) with 10 replications. At experiment 2, 19 progenies of *C. arabica* and two cultivars were tested for resistance to *M. paranaensis*. The experiment was conducted in a randomized blocks design with 10 replications. At experiment 2, were inoculated 5000 eggs per plant. For both experiments we assessed the number of eggs and second stage juveniles per gram of roots (NOJ.g<sup>-1</sup>). The reduction of the reproduction factor (RRF) and the index of host susceptibility (IHS) were used to classify the levels of resistance of the plants. The evaluations were done 110 days after inoculation. Data were subjected to analysis of variance. At experiment 1, it was performed Tukey's test and the effect of inoculum levels was studied by square root regression model. At experiment 2 the grouping averages Scott-Knott test was performed. The results of experiment 1 showed significantly lower amounts of NOJ.g<sup>-1</sup> for 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' in relation to the 'Catuaí IAC 99'. 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' were classified as resistant at all inoculum levels, using IHS and RRF averages. At experiment 2, it was observed that all progenies evaluated presented lower number of eggs and second stage juveniles (NOJ.g<sup>-1</sup>) than susceptible check 'Catuaí Vermelho IAC 99' and 17 progenies had 100% of the plants classified as AR, R and MR in both indexes (RRF and IHS). In this study it was possible to confirm the resistance of 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' to *M. paranaensis*. *C. arabica* progenies that present 100% of plants classified as AR, R and MR, in both indices (RRF and IHS), will be advanced and has potential to become new coffee cultivars with resistance to *M. paranaensis*.

**Key words:** *Coffea*. Breeding. Root-knot nematodes.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 3.1</b> – Número de ovos e juvenis de segundo estágio de <i>Meloidogyne paranaensis</i> por grama de raízes de cafeeiros (NOJ.g <sup>-1</sup> ), em diferentes níveis de inóculo.....	33
---	----

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 3.1** – Médias do número de ovos e juvenis de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raízes de cafeeiros (NOJ.g<sup>-1</sup>) em diferentes níveis de inóculo.....30
- Tabela 3.2** – Fator de reprodução (FR), Redução no fator de reprodução (RFR) e reação de resistência (r) de cultivares de café, submetidas a diferentes níveis de inóculo (N) de *Meloidogyne paranaensis* .....31
- Tabela 3.3** – Porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, em diferentes níveis de inóculo (N), com base na redução do fator de reprodução (RFR).....31
- Tabela 3.4** – Reação de cafeeiros ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, com base no índice de suscetibilidade hospedeira (ISH) em diferentes níveis de inóculo.....32
- Tabela 3.5** – Porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, em diferentes níveis de inóculo (N), com base no índice de suscetibilidade hospedeira (ISH).....32
- Tabela 4.1** – Progênes F5 de *Coffea arabica* derivadas do cruzamento “Sarchimor” x (“Icatu” x “Catuaí”) e cultivares testemunhas testadas para a resistência a *Meloidogyne paranaensis*.....39
- Tabela 4.2** – Médias do número de ovos e juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raízes (NOJ.g<sup>-1</sup>) e fator de reprodução (FR) em progênes de *Coffea arabica*.....41
- Tabela 4.3** – Reação média e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, com base na redução do fator de reprodução (RFR).....42
- Tabela 4.4** – Reação média e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, com base no índice de suscetibilidade hospedeira (ISH).....43

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	12
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	14
2.1	CAFÉ.....	14
2.1.1	Importância Econômica .....	14
2.2	NEMATOIDES .....	14
2.2.1	Identificação .....	16
2.2.2	Métodos de Controle .....	17
2.2.2.1	Controle genético.....	18
2.2.2.1.1	<i>Fontes de resistência</i> .....	18
2.2.2.1.2	<i>Mecanismos de resistência</i> .....	20
2.2.2.2	Controle químico .....	22
2.2.2.3	Controle biológico .....	22
2.2.2.4	Controle físico .....	23
2.2.2.5	Controle cultural.....	23
2.3	METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO .....	24
<b>3</b>	<b>DENSIDADES POPULACIONAIS DE <i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i> NAS CULTIVARES DE CAFÉ IPR 100 E APOATÃ IAC 2258</b> .....	26
3.1	RESUMO .....	26
3.2	ABSTRACT .....	26
3.3	INTRODUÇÃO .....	27
3.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	28
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	30
3.6	CONCLUSÕES.....	34
<b>4</b>	<b>RESISTÊNCIA À <i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i> EM PROGÊNIES DE <i>COFFEA ARABICA</i></b> .....	35
4.1	RESUMO .....	35
4.2	ABSTRACT .....	35
4.3	INTRODUÇÃO .....	36

4.4	MATERIAL E MÉTODOS .....	37
4.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	40
4.6	CONCLUSÕES.....	44
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES GERAIS .....</b>	<b>45</b>
	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>46</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café. Mais de 30% do todo café produzido e exportado no mundo tem origem no país. Com o aumento do consumo da bebida ocorrido principalmente nas últimas décadas e com os problemas fitossanitários, a produção foi se tornando insuficiente para suprir a demanda. Para aumentar a oferta, foi necessário o desenvolvimento de novas tecnologias visando o aumento da produtividade e controle de pragas e doenças.

Apesar da ferrugem (*Hemileia vastatrix* Berk & Br.) ainda ser considerada a principal doença do cafeeiro, muitas das novas cultivares disponíveis conseguem aliar alta produtividade e resistência a esse patógeno. Além disso, o controle químico é viável, devido aos fungicidas altamente eficientes disponíveis no mercado.

Sendo assim, os fitonematoides podem ser considerados como a mais importante causa da diminuição da produtividade, por serem de difícil controle, existirem poucas cultivares resistentes e, uma vez instalados na área, sua erradicação ser praticamente impossível.

Os principais nematoides que parasitam cafeeiros no Brasil são do gênero *Meloidogyne* spp., entre eles estão *M. incognita* (Kofoid e White, 1919) Chitwood, 1949 e *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos e Almeida, 1996, por apresentarem um comportamento muito agressivo, inviabilizando as áreas de plantio, e *M. exigua* Goeldi, 1887, cuja importância está mais relacionada à sua distribuição geográfica.

O nematoide *M. paranaensis* foi descrito pela primeira vez no Estado do Paraná (CARNEIRO et al., 1996), porém, sua disseminação tem se mostrado rápida, com relatos de ocorrência nos principais Estados produtores do Brasil, como São Paulo, Espírito Santo e Minas Gerais. Além disso, em todos os locais tem se confirmado a alta agressividade para o cafeeiro, obrigando a erradicação das lavouras.

O uso de cultivares resistentes tem se mostrado o meio mais eficiente no controle de fitonematoides do cafeeiro. Entretanto, na espécie *Coffea arabica* L., a mais produzida e comercializada, as fontes de resistência são escassas, principalmente para *M. paranaensis*. Fontes de resistência foram encontradas em outras espécies de *Coffea*, como *C. canephora* Pierre ex Froehner e *C. eugenoides* S. Moore, porém a transferência desses genes é trabalhosa e requer muito tempo.

Para áreas com ocorrência de *M. incognita*, *M. paranaensis* e *M. exigua*, tem sido recomendado o uso da enxertia hipocotiledonar com a cultivar 'Apoatã IAC 2258',

da espécie *C. canephora*. A cultivar IPR 100 é outra alternativa, lançada recentemente no mercado tem apresentado bons resultados tanto para resistência à *M. paranaensis* como para produtividade e outras características agronômicas de interesse. Apesar disso, é necessário o desenvolvimento de outras cultivares, pois as atuais, além de apresentarem resistência restrita à algumas espécies de nematoides, não possuem plena adaptação aos diferentes ambientes de cultivo do Brasil.

O objetivo deste trabalho foi avaliar densidades populacionais de *M. paranaensis* nas cultivares de café ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’ e selecionar progênies de *C. arabica* com resistência a *M. paranaensis*.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 CAFÉ

#### 2.1.1 Importância Econômica

O café é uma das principais commodities mundiais sendo o Brasil o maior produtor e exportador (INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION, 2014). A área plantada com as espécies arábica (*Coffea arabica* L.) e conilon (*Coffea canephora* Pierre ex A. Froehner) no país totaliza 2,38 milhões de hectares, o que representa um crescimento de 1,99% sobre a área de 2,33 milhões existentes na safra 2012, isso corresponde a um acréscimo de 46,43 mil hectares. Em 2012, a produção foi de 50,82 milhões de sacas beneficiadas de 60 kg, sendo 38,34 milhões de *C. arabica* e 12,48 milhões de *C. canephora*. Safra recorde, superando o volume de 48,48 milhões colhidas na safra 2002/03 (CONAB, 2013). A safra de 2013 alcançou os 49,15 milhões de sacas de 60 quilos do produto beneficiado. Essa foi a maior safra de ciclo de baixa bienalidade já produzida no País (CONAB, 2014).

A espécie *C. arabica* é a mais importante comercialmente, sendo responsável por cerca de 60% de todo café produzido no mundo (NISHIJIMA; SAES; POSTALI, 2012). A produtividade por área vem aumentando gradativamente, graças às tecnologias que vem sendo utilizadas no processo produtivo e, principalmente, à obtenção de novas cultivares, mais produtivas, e que apresentam resistência a pragas e doenças, que são grandes responsáveis pelo decréscimo na produtividade.

### 2.2 NEMATOIDES

Os fitonematoides, em especial os do gênero *Meloidogyne* Goeldi, 1887, aparecem como uma das principais causas da diminuição da produtividade em lavouras cafeeiras (CAMPOS; VILLAIN, 2005), devido ao seu difícil controle e às poucas opções de cultivares resistentes.

Dados da década de 1980 mostram uma redução estimada da produção mundial de café causada pelos fitonematoides em torno de 15% (SASSER; FREKMAN, 1987). No Brasil, essa redução foi estimada em 20%, sendo 15% devido aos nematoides do gênero *Meloidogyne* (LORDELLO, 1976). Além disso, estes têm se tornado um fator limitante para a implantação de novos cafezais em áreas já infestadas.

As espécies de nematoides de galhas que atacam o café podem ser separadas em duas categorias: (1) as mais comuns, prejudiciais e bem conhecidas das espécies de *Coffea* sp.: *M. exigua* Goeldi, 1887; *M. incognita* (Kofoid; White) Chitwood, 1949; *M. coffeicola* Lordello; Zamith, 1960 e *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos, Almeida, 1996, e (2) as espécies de ocorrência menos generalizadas: *M. africana* Whitehead, 1960; *M. decalineata* Whitehead, 1968; *M. megadora* Whitehead, 1968; *M. hapla* Chitwood, 1949; *M. kikuyensis* de Grisse, 1960; *M. inornata* Lordello, 1956; *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949; *M. oteifae* Elmiligy, 1968; *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood, 1949; *M. thamesi* (Chitwood in Chitwood et al., 1952) Goodey, 1963; *M. arabicida* López, 1989; *M. konaensis* Eisenback, Bernard e Schimitt, 1994 e *M. mayaguensis* (*M. enterolobii*) Rammah; Hirschmann, 1988 (CAMPOS; VILLAIN, 2005). A mais recente espécie de nematóide de galhas encontrada parasitando cafeeiro foi *M. izalcoensis*, relatada em El Salvador (CARNEIRO et al., 2005a).

Os fitonematoides do gênero *Meloidogyne* mais importantes são *M. incognita* e *M. paranaensis*, pela intensidade dos danos que causam, e *M. exigua*, pela ampla distribuição geográfica (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). *M. exigua* está bastante disseminada em várias regiões cafeeiras importantes do país, como Mogiana (SP), Zona da Mata (MG), Alto Paranaíba (MG), Triângulo Mineiro (MG) e Sul de Minas (MG) (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Também foi identificado parasitando cafeeiros em três municípios no oeste do Estado do Paraná (PORTZ et al., 2006).

Nos cafezais do Estado do Paraná ocorre a predominância de *M. paranaensis* (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000), porém a raça 2 (CARNEIRO et al., 1990) de *M. incognita* também foi encontrada com bastante frequência enquanto que as raças 3 e 4 ocorrem com menos frequência (CARNEIRO et al., 1990). Nos cafezais paulistas a mais disseminada é a raça 1 de *M. incognita* (OLIVEIRA; GONÇALVES; MONTEIRO, 2001), mas, *M. paranaensis* já foi relatado em grande parte das regiões produtoras deste estado (CARNEIRO et al., 2005b).

A agressividade e a rápida disseminação de *M. paranaensis*, em algumas regiões produtoras do Brasil, vêm chamando a atenção, uma vez que são poucos os relatos de fontes de resistência a esse nematoide. Além disso, *M. paranaensis* possui várias espécies de plantas daninhas hospedeiras de ocorrência natural na maioria das regiões agricultáveis do Brasil (ROESE; OLIVEIRA, 2004). Em estudos realizados em cultivares de soja, ele se apresentou patogênico para todos os materiais testados além de se mostrar altamente agressivo (ROESE; OLIVEIRA; LANES, 2004).

No Paraná, foi observado um substancial aumento na distribuição de *M. paranaensis* (70%) e decréscimo de *M. incognita* (30%) (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000). Nas regiões do arenito do Estado de São Paulo, a espécie com maior disseminação foi *M. incognita* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001; CARNEIRO et al., 2005b), porém, já foi constatada a presença de *M. paranaensis* em várias amostras de cafezais paulistas (CARNEIRO et al., 2005b). Em lavouras de alguns municípios do Alto Paranaíba e do Sul de Minas Gerais, também já foi detectado *M. paranaensis* (CASTRO; NAVES; CAMPOS, 2003; CASTRO; CAMPOS, 2004; CASTRO et al., 2008), o que representa uma ameaça para a cafeicultura mineira, pois, neste Estado, predomina *M. exigua*, que é uma espécie menos agressiva. Já existem relatos de *M. paranaensis* atacando lavouras de cafeeiros em Goiás (SILVA; OLIVEIRA; ZAMBOLIN, 2009) e no Espírito Santo (BARROS et al., 2011), mostrando-se, inclusive, altamente agressivo em ambos os locais.

Dados demonstraram que áreas com a presença desses nematoides apresentaram perdas significativas, onde, a cultivar suscetível Mundo Novo, quando enxertada em plantas resistentes aos nematoides, demonstrou produtividade significativamente maior em relação aos cafeeiros de pé franco, com médias 37, 442 e 590% superiores em áreas infestadas com *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis*, respectivamente. Isto dá uma estimativa de quanto seriam as perdas na produção em áreas infestadas com esses nematoides. Também demonstra a alta agressividade de *M. incognita* e *M. paranaensis*, quando comparados a *M. exigua* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

### 2.2.1 Identificação

A identificação de nematoides do gênero *Meloidogyne* pode ser feita por meio de técnicas de morfologia, eletroforese e moleculares, todavia, o elevado número de espécies e a variabilidade intraespecífica de alguns caracteres taxonômicos, dificultam a identificação precisa das mesmas (ROBERTS, 1995).

Por muitos anos, o exame da região perineal da fêmea ao microscópio óptico e o teste com hospedeiros diferenciadores foram as técnicas mais utilizadas na identificação de nematoides de importância agrícola (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNHERVÉ, 2000). Entretanto, a limitação destes métodos, como a grande variabilidade nos padrões perineais dentro da mesma espécie (ESBENSHADE; TRIANTAPHYLLOU, 1990) impulsionaram a busca por novos métodos com mais precisão.

O fenótipo de esterase é uma característica bioquímica muito importante na identificação das principais espécies do gênero *Meloidogyne* spp. (CARNEIRO; ALMEIDA; CARNEIRO, 1996). Já a isoenzima malato desidrogenase auxilia na diferenciação de espécies cujas esterases são idênticas (ESBENSHADE; TRIANTAPHYLLOU, 1990; CASTRO; LIMA; CARNEIRO, 2003), como variações intraespecíficas em *M. javanica* (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNHERVÉ, 2000), *M. arenaria* e *M. incognita* (ESBENSHADE; TRIANTAPHYLLOU, 1985). Um exemplo importante do uso deste método foi a identificação de *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 1996), até então caracterizado como *M. incognita*.

A utilização de marcadores moleculares também é descrito como um método potencialmente utilizável em diagnósticos de rotina na identificação de nematoides das galhas (RANDIG et al., 2002).

A identificação por meio de fenótipos de esterase, assim como o uso de marcadores moleculares SCAR multiplex-PCR, foram consideradas ótimas ferramentas para serem utilizadas em análises de rotina na identificação de nematoides das galhas do cafeeiro (CARNEIRO et al., 2005b).

### 2.2.2 Métodos de Controle

Em geral, o controle de fitonematoides é difícil de ser realizado. A erradicação dos mesmos é praticamente impossível em áreas infestadas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

A principal estratégia de controle é preventiva, evitando a sua disseminação através de solos, águas e culturas infestadas. Outras estratégias disponíveis são: genético, químico, biológico, físico e cultural (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Destas, o controle genético por meio do uso de cultivares resistentes é a melhor alternativa para o cultivo em áreas infestadas, pois representa uma medida de controle mais eficiente, economicamente viável e ecologicamente correta. Fontes de resistência aos nematoides estão disponíveis em diferentes espécies de café, entretanto, são escassas em *C. arabica*. Por esse motivo, atualmente, ainda existem poucas cultivares de café arábica pé franco disponíveis com resistência aos nematoides.

### 2.2.2.1 Controle genético

A maior parte das plantas são consideradas como não hospedeiras a uma grande quantidade de nematoides, ou seja, não ocorre penetração nas raízes e conseqüentemente desenvolvimento e reprodução. A resistência pode ser usada para descrever a capacidade de uma planta em suprimir o desenvolvimento ou a reprodução do nematoide. Ela pode variar entre baixa, moderada (parcial ou intermediária), a alta resistência. A planta completamente ou altamente resistente não permite reprodução do nematoide, ou apenas vestígios destes. Plantas parcialmente ou moderadamente resistentes permitem alguns valores intermediários de reprodução. Já o conceito de suscetibilidade se aplica as plantas que permitem o desenvolvimento normal dos nematoides e a expressão de doenças associadas a eles (ROBERTS, 2002).

#### 2.2.2.1.1 Fontes de resistência

Para *M. exigua*, foi identificado um gene maior de resistência denominado *Mex-1*, que possui dominância incompleta (NOIR et al., 2003; ALPIZAR et al., 2007). A herança da resistência a *M. incognita* foi analisada em híbridos F1 e em populações segregantes F2, que indicaram a presença de um gene dominante em alguns cruzamentos e dois genes dominantes complementares em outros cruzamentos. Além disso, é provável que a dominância seja incompleta, pois foi observado um pouco mais de massas de ovos nos híbridos F1 (ANZUETO et al., 2001). Não há relatos de estudos de herança para a resistência a *M. paranaensis* na cultura do café.

A resistência a *M. exigua* foi encontrada em várias espécies, como *C. canephora* Pierre ex A. Froehner, *C. congensis* A. Froehner, *C. dewevrei* De Wild. & T. Durand, *C. liberica* Hiern, *C. racemosa* Lour, *C. kapakata* (A. Chev.) Bridson, *C. eugenioides* S. Moore, *C. salvatrix* Swynn. & Philipson, *C. stenophylla* G. Don e *C. sessiliflora* Bridson (CURI et al., 1970; FAZUOLI; LORDELLO, 1977, 1978; GONÇALVES et al., 1992; ANTHONY et al., 2003).

Em *C. canephora*, foi identificada resistência a *M. incognita* (GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988; CARNEIRO; ALTÉIA, 1992; TOMAZINI et al., 2005; SERA et al., 2006) e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006). Algumas seleções das cultivares Bangelan e Uganda de *C. congensis* apresentaram resistência à raça 3 de *M. incognita* (GONÇALVES; LIMA; FAZUOLI, 1988). Em alguns acessos (T 16733 e T 16739)

de *C. arabica* da Etiópia, foi observada resistência a *M. paranaensis* (ANTHONY et al., 2003).

Para áreas infestadas com nematoides, vem sendo amplamente recomendada a enxertia hipocotiledonar, que usa como porta-enxerto a cultivar ‘Apoatã IAC-2258’, de *C. canephora*, que é resistente a *M. exigua* (SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. incognita* e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006).

Desde 1987, o uso de porta-enxerto com cultivares de *C. canephora* vem permitindo, em curto prazo, o cultivo de café em áreas infestadas (FAZUOLI et al., 2000). Todavia, existem alguns inconvenientes na utilização deste método em relação à cultivares de pé franco como: a) taxa de segregação para a suscetibilidade aos nematoides de 10 a 15 %, devido ao sistema reprodutivo de *C. canephora*, que apresenta fecundação cruzada; b) pequena taxa de quebra do cavaleiro na região da enxertia; c) maior necessidade de replantio (cerca de 10 a 15%) (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Além disso, uma das principais desvantagens das mudas enxertadas é o preço maior em comparação com mudas de pé franco.

O desenvolvimento de cultivares de café arábica com resistência a *M. paranaensis* pode ser conseguido através de híbridos interespecíficos entre *C. arabica* e *C. canephora*, como já relatado em plantas de Icatu (MATIELLO et al., 2010; SERA et al., 2009; SERA et al., 2004; MATA et al., 2002) e derivados de Híbrido de Timor (“Sarchimor”) (SERA et al., 2009).

Apesar de existirem fontes de resistência, ainda são poucas as cultivares de café arábica que apresentam resistência aos nematoides. ‘IAPAR 59’ (“Sarchimor”) (SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005; DIAS et al., 2009), ‘Tupi RN IAC 1669-13’ (“Sarchimor”) (FAZUOLI et al., 2005), ‘Acauã’ (“Sarchimor” x “Mundo Novo”) e ‘Catucaí 785/15’ (“Catuaí” x “Icatu”) (MATIELLO et al., 2010) foram as únicas cultivares brasileiras identificadas como sendo resistentes a *M. exigua*.

Testes realizados em casa de vegetação em várias cultivares de café arábica do Brasil, para *Meloidogyne* spp., demonstraram suscetibilidade para todos os materiais testados, quando inoculadas com *M. incognita* e *M. paranaensis* (MUNIZ et al., 2009).

As cultivares de café ‘IPR 100’ (“Catindu”) e ‘IPR 106’ (“Icatu”) apresentaram resistência simultânea ao nematoide *M. paranaensis* e algumas raças de *M. incognita*. ‘IPR 100’ foi resistente às raças 1 e 2 de *M. incognita*, enquanto que ‘IPR 106’ foi resistente somente à raça 2 (SERA et al., 2007, 2009; ITO et al., 2008; KANAYAMA et al., 2009). Entretanto, ainda não foram testadas para resistência às raças 3 e 4 de *M. incognita* e para *M. exigua*.

A cultivar IPR 100 é derivada do cruzamento entre “Catuaí” e um híbrido interespecífico de *C. arabica* com *C. liberica*, sendo que a resistência aos nematoides, provavelmente, foi originada de *C. liberica*. ‘Icatu Vermelho IAC 3888’ também se comportou como resistente a *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Seleções de “Icatu” como a linhagem 925, têm apresentado boa resistência a *M. paranaensis* (MATIELLO et al., 2010).

#### 2.2.2.1.2 *Mecanismos de resistência*

Os mecanismos de defesa que atuam nas respostas de resistência em plantas, impedindo ou restringindo a reprodução dos nematoides, podem ser pré ou pós-infeccionais (HUANG, 1985). Os mecanismos de pré-infecção limitam a penetração dos nematoides através de barreiras físicas, incluindo fatores morfológicos pré-existentes, ou através da produção de exudatos que não atraem ou repelem os mesmos (JATALA; RUSSELL, 1972; HUANG, 1985). Nos mecanismos pós-infeccionais, ocorre ativação de processos fisiológicos e moleculares nas plantas, que inibem a formação dos sítios de alimentação, impedindo ou retardando o desenvolvimento dos nematoides e, conseqüentemente, sua reprodução (HUANG, 1985; ANTHONY et al., 2005; ALPIZAR et al., 2007; OLIVEIRA et al., 2011; SILVA et al., 2013).

A principal resposta de resistência das plantas aos nematoides tem sido relacionada à reação de hipersensibilidade (HR), que ocorre após a penetração na raiz, aparentemente afetando algumas atividades metabólicas que potencializam as defesas celulares, também causando autofagia vacuolar (RODRIGUES et al., 2000). Reações de resistência são frequentemente acompanhadas pela hipersensibilidade com morte das células ao redor do nematoide (RODRIGUES et al., 2000; ANTHONY et al. 2005), seja durante a migração ou após o estabelecimento do local de alimentação (RODRIGUES et al., 2000). Segundo Anthony et al. (2005), a presença de células necróticas ao redor do local de alimentação pode ser sugerido como resultado do controle genético de resistência, baseado na interação gene-a-gene de Flor (1971).

Entretanto, a resistência pós-infeccional em plantas de café não se restringe somente à reação de hipersensibilidade, mas sim a um conjunto de respostas de defesa, tanto constitutiva como induzida, expressa após a penetração de nematoides, especialmente por compostos fenólicos que impedem a formação do sítio de alimentação, provocando emigração dos J2 ou inibindo o seu desenvolvimento e reprodução (SILVA et al., 2013).

Observações histológicas, realizadas em seções de raízes infectadas de cafeeiro UFV408-28 com *M. incognita* raça 1, mostraram que a infecção do nematoide pode ser bloqueada logo após a penetração ou durante as etapas de migração e de estabelecimento (ALBUQUERQUE et al., 2010). Estes mesmos autores encontraram lesões de HR em torno de todos os nematoides, depois que penetraram a epiderme ou migraram através do córtex, ou quando chegaram ao cilindro vascular. Sintomas de HR desencadeada por infecção de *M. exigua* em um genótipo de IAPAR 59, portador do gene de resistência *Mex1*, não impediram a formação de algumas células gigantes, mas evitaram o desenvolvimento dos sítios de alimentação e dos nematoides (ANTHONY et al., 2005). A resistência em "Catimor" para *M. exigua* e *M. megadora* também foi explicada pela ocorrência de necrose celular em torno dos locais de alimentação (RODRIGUES et al., 2000).

É provável que vários mecanismos de resistência operem concomitantemente para impedir o desenvolvimento do nematoide em raízes de plantas (ALBUQUERQUE et al., 2010). O momento e a localização da resposta de resistência diferem de acordo com o tipo de interação planta-patógeno (ALBUQUERQUE et al., 2010). Diferenças nas características morfológicas dos locais de alimentação podem estar relacionadas com diferentes graus de resistência e suscetibilidade das plantas de café (RODRIGUES et al., 2000).

Foi verificado que mecanismos que conferiram incompatibilidade entre uma população de *M. incognita* obtida em Minas Gerais e o cafeeiro suscetível *C. arabica* 'Catuaí Vermelho IAC 44', atuaram principalmente na fase de penetração, mas também foi acompanhada pela ação de fatores de resistência pós-penetração que ocasionaram uma significativa emigração de J2 e impediram o estabelecimento do nematoide (OLIVEIRA et al., 2011).

Através de estudo com clones de *C. canephora* cv. Conilon foi relatada a presença de três mecanismos de resistência, um inicial durante a migração dos J2 nas células corticais, com nítidas HR e morte celular, impedindo a migração dos J2, e outros dois, mais tardios, o primeiro causando morte celular intensa ao redor de fêmeas jovens e sítios de alimentação e o segundo provocando vacuolização e degeneração citoplasmática interna das células gigantes (LIMA et al., 2013).

### 2.2.2.2 Controle químico

O controle químico de nematoides é feito basicamente através de nematicidas fumigantes de amplo espectro (como, por exemplo, 1,3-dicloropropeno, dazomet) e toxinas (incluindo oxamyl e fenamifós) que agem no sistema nervoso, aplicados ao solo antes do plantio, para efeito de redução populacional (MITKOWSKI; ABAWI, 2003). Deve ser aplicado no início da estação chuvosa, devido ao aumento na emissão de novas radículas e, conseqüentemente, na absorção de água (SANTOS, 2013). Apesar de haver relato positivo para o controle de fitonematoides através deste método (BARROS; BARBOSA; MATIELLO, 1999), o seu efeito em lavouras adultas de café é minimizado, tornando-se até impraticável, do ponto de vista econômico (SANTOS, 2013), uma vez que a redução na população é apenas por determinado período (MARCUSO et al., 2000), necessitando de novas aplicações. Além disso, há o risco para a saúde humana, principalmente por parte daqueles nematicidas que atuam no sistema nervoso (MITKOWSKI; ABAWI, 2003).

### 2.2.2.3 Controle biológico

A presença de microorganismos predadores e/ou parasitas em solos agricultáveis é um importante aliado no controle de fitonematoides (STIRLING, 1991), podendo causar reduções consideráveis nos danos causados pelos mesmos (DUNCAN, 1991). O controle biológico dos nematoides das galhas pode ser feito por meio de bactérias (SHARMA; VIVALDI, 2003), onde se destacam os gêneros *Pasteuria* (Thorne, 1940) Sayre; Starr, 1985 (PRESTON et al., 2003; GÓMEZ; GANDARILLA; RODRÍGUEZ, 2010), *Pseudomonas* Migula, 1894 e *Bacillus* Cohn 1872 (MELO; AZEVEDO, 2000), além de fungos predadores e parasitas de nematoides (FERRAZ; DIAS; FREITAS, 2001). É um método alternativo e viável, principalmente do ponto de vista ecológico, podendo evitar danos ambientais causados pelo uso de nematicidas químicos (COIMBRA; CAMPOS, 2005).

Na cultura do café, o controle biológico de nematoides fitoparasitas está mais concentrado no uso de fungos dos gêneros *Arthrobotrys* Corda, 1839, *Paecilomyces* Bainier, 1907 e *Verticillium* (Gams 1971) (CAMPOS, 1992), onde a espécie *P. lilacinus* (Thom., 1910) Samson, 1974, tem demonstrado bons resultados (CADIOLI et al., 2009). Também foram relatados efeitos positivos com a associação de fungos micorrízicos e nematófagos no controle de *M. paranaensis* em cafeeiros arábicos (SCHERER et al., 2011).

#### 2.2.2.4 Controle físico

No manejo físico o uso de fontes de calor é a principal forma de descontaminação de solos e materiais propagativos, sendo a solarização a mais viável economicamente. A solarização consiste na cobertura do solo com filme plástico transparente, sob intensa radiação (NEVES et al., 2007), onde o plástico deve ficar em contato direto com o substrato e ter suas bordas enterradas para evitar perda de calor. O tempo de exposição pode variar de 4 a 8 semanas, dependendo da época do ano e da incidência de radiação solar (RITZINGER; ROCHA, 2010).

Este método pode reduzir expressivamente a quantidade de nematoides nas camadas mais superficiais do solo. O uso da irrigação realizada antes da solarização melhora a eficiência do processo, aumentando a condutividade do calor e também favorecendo a eclosão de juvenis dos nematoides, que são mais sensíveis (GOULART; SÁ, 2009). Outra vantagem desta técnica é a potencialização do controle biológico natural que ocorre no solo, uma vez que alguns microorganismos benéficos são termorresistentes e aumentam sua atividade sobre os fitopatógenos debilitados. O revolvimento do solo e a permanência prolongada do plástico aumentam a eficiência do método (RITZINGER; ROCHA, 2010).

Para pequenas quantidades de solo, a desinfestação pode ser feita através de coletores solares que consistem de uma caixa de madeira com tubos de metal, onde é colocado o substrato a ser tratado, com cobertura plástica transparente (GHINI, 2004). Também podem ser usados, o calor úmido, por meio de vapor d'água em autoclaves e caldeiras, e calor seco, através de aquecimento em forno (GOULART; SÁ, 2009). Entretanto, sendo o cafeeiro uma cultura perene, nenhuma destas técnicas apresenta-se viável, a não ser nas fases iniciais de desenvolvimento das mudas, para evitar a introdução em áreas ainda isentas de nematoides ou a mistura de espécies em áreas já infestadas.

#### 2.2.2.5 Controle cultural

Dentre as práticas culturais utilizadas no controle de fitonematoides pode-se destacar o alqueive, a rotação de culturas e a utilização de matéria orgânica.

O alqueive consiste na exposição do solo nu à luz solar através de araças, gradagens e o uso de herbicidas, para evitar a proliferação de hospedeiras, seguido de pousio, com o objetivo de causar a diminuição da população dos parasitos através do calor e da inanição (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). No entanto, deixou de ser realizado.

A utilização da rotação de culturas, além de melhorar a estrutura do solo, é uma boa opção para áreas altamente infestadas com nematoides, entretanto ela deve ser realizada baseada na identificação das espécies e raças presentes na área (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). As plantas hospedeiras são as únicas fontes de alimento para os nematoides, portanto, a sua privação ocasionará um decréscimo na população destes parasitos (CAMPOS, 1999). A sucessão aveia preta (*Avena strigosa* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e mucuna cinza (*Mucuna cinereum*) por 18 meses, apresentou efeito significativo na redução da população de *M. paranaensis* (CARNEIRO et al., 2009). Segundo Gonçalves e Silvarolla (2001), esta técnica apresenta bons resultados para áreas de renovação de cafeeiros, mas não se mostra eficiente para lavouras implantadas.

A supressão de fitonematoides através do uso de matéria orgânica tem sido atribuída à melhoria da estrutura do solo, alterações de pH, umidade e propriedades químicas e físicas do solo, resultando em melhorias na aeração, capacidade de retenção de água e, conseqüentemente, na nutrição da planta. O aumento do teor de matéria orgânica também pode suprimir os nematoides pelo desenvolvimento de microrganismos competidores, parasitas e predadores, ou por meio da liberação de metabólitos tóxicos devido à sua decomposição (RITZINGER; FANCELLI, 2006).

Outra técnica que pode ser usada é a recepa, que consiste na poda drástica dos cafezais infestados, com o objetivo de reduzir o número de raízes, causando assim diminuição no nível populacional (BARBOSA et al., 2003). Porém, é uma prática pouco usual e está mais voltada ao controle de *M. exigua*, onde não há a destruição do sistema radicular pelo nematoide.

### 2.3 METODOLOGIAS DE AVALIAÇÃO

A maioria dos testes de resistência de cafeeiros à infecção por nematoides das galhas tem sido conduzidos em mudas cultivadas em casa de vegetação. No entanto, não existe um padrão definido para estes testes, o que limita a comparação de dados entre diferentes experimentos (VILLAIN et al., 2010).

O volume do substrato utilizado em diferentes estudos pode ser muito variável, como 100 ml (VILLAIN et al., 2010) até 2500 ml (ROESE; OLIVEIRA; OLIVEIRA, 2007), da mesma forma, o nível de inóculo (entre ovos e J2), variando de 500 (SERA et al., 2009) até 18750 ovos por planta (ZHANG; SCHMITT, 1995). O número de

dias entre inoculação e avaliação pode variar de 48 dias (MORERA; LÓPEZ, 1988) até 180 dias (ALPIZAR; ETIENNE; BERTRAND, 2007).

Villain et al. (2010) sugerem o uso de substrato inerte (areia) como mais indicado para testes com *M. paranaensis*, uma vez que há concentração das raízes de café na metade superior do recipiente, o que aumenta o sucesso da inoculação e a confiabilidade do experimento.

Em experimento conduzido em laboratório na França, com o intuito de avaliar a resistência a *M. paranaensis* em acessos selvagens de *C. arabica* da Etiópia, foram usados vasos com 300 cm<sup>3</sup> e uma mistura 4:1 (v/v) de solo esterilizado mais areia fina como substrato, para um nível de inóculo de 750 ovos e J2 por planta (BOISSEAU et al., 2009). Anthony et al. (2003) inocularam 1000 juvenis (J2) também em acessos selvagens da Etiópia. Carneiro et al. (2008) utilizaram 6000 ovos de *Meloidogyne* spp. por planta em dois genótipos de *C. arabica*, onde ambos foram suscetíveis a *M. paranaensis*. Muniz et al. (2009) testaram a resistência de plantas de 7 genótipos de cafeeiros arábicos para *Meloidogyne* spp. com 10000 ovos/planta, em todos eles foi constatada suscetibilidade a *M. paranaensis*. Roese, Oliveira e Oliveira (2007) utilizaram 5000 ovos/planta em vasos com 2,5 litros de substrato para caracterização de resistência a *M. paranaensis* em plantas de *C. Arabica*.

Villain et al. (2010) propõem uma metodologia em que as plantas seriam inoculadas duas semanas após o plantio das mudas em recipiente e avaliadas oito semanas após a inoculação, sustentando a hipótese de que estes seriam os tempos ideais para a melhor discriminação entre plantas suscetíveis e resistentes.

### 3 DENSIDADES POPULACIONAIS DE *MELOIDOGYNE PARANAENSIS* NAS CULTIVARES DE CAFÉ IPR 100 E APOATÃ IAC 2258

#### 3.1 RESUMO

O objetivo deste trabalho foi avaliar densidades populacionais de *M. paranaensis* nas cultivares de café 'IPR 100' e 'Apoatã IAC 2258'. O experimento foi conduzido no Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR, Brasil, no delineamento em blocos ao acaso e esquema fatorial 3 x 6 (três cultivares e seis níveis de inóculo) com 10 repetições e parcelas de uma planta. As cultivares 'IPR 100' e 'Apoatã IAC 2258' (Apoatã) foram avaliadas para a resistência ao nematoide, tendo como padrão suscetível a cultivar 'Catuaí Vermelho IAC 99' (Catuaí). Os níveis de inóculo utilizados foram: N1 = 0; N2 = 500; N3 = 1500; N4 = 3000; N5 = 5000; N6 = 8000 ovos/planta. O peso fresco das raízes e o número de ovos foram avaliados 110 dias após a inoculação. Com esses dados foram determinados o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes (NOJ.g-1) e o fator de reprodução (FR). A redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH) foram usados para classificar os níveis de resistência dos genótipos de café. Os resultados demonstraram quantidades significativamente menores de NOJ.g-1 em IPR 100 e Apoatã em relação à cultivar Catuaí. Quanto a RFR e ISH, as médias demonstraram reação de resistência em todos os níveis estudados para IPR 100 e Apoatã. IPR 100 e Apoatã apresentaram mais de 90% das plantas altamente resistentes ou resistentes para ambos os índices (RFR e ISH). Neste trabalho, foi possível confirmar a resistência da 'IPR 100' e 'Apoatã IAC 2258' ao *M. paranaensis*.

**Palavras-chave:** *Coffea*. Nematoide das galhas. Melhoramento genético. Resistência.

#### 3.2 ABSTRACT

#### EVALUATE POPULATION DENSITIES OF *M. PARANAENSIS* IN THE COFFEE CULTIVARS 'IPR 100' AND 'APOATÃ IAC 2258'

The aim of this study was to evaluate population densities of *M. paranaensis* in the coffee cultivars 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258'. The experiment was conducted at Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR) in Londrina, Paraná State, Brazil, in a randomized blocks design with a factorial 3 x 6 (three cultivars and six inoculum levels) with 10 replications of one plant. Cultivars IPR 100, Apoatã IAC 2258 (Apoatã) were evaluated for resistance to *M. paranaensis*, Catuaí Vermelho IAC 99 (Catuaí) was used as the susceptible check. The inoculum levels N1 (0), N2 (500), N3 (1500), N4 (3000), N5 (5000) and N6 (8000 eggs per plant) were used. The fresh weight of roots and the number of eggs were analyzed 110 days after inoculation. With these data we determined the number of eggs and juveniles per gram of roots (NOJ.g-1) and the reproduction factor (RF). The reduction of the reproduction factor (RRF) and the index of host susceptibility (IHS) were used to classify the resistance levels of the coffee genotypes. The results showed significantly lower amounts of NOJ.g-1 for IPR 100 and Apoatã in relation to the Catuaí. 'Apoatã' and 'IPR 100' were classified such as resistant at all inoculum levels by using RRF and IHS averages. IPR 100 and Apoatã presented more

than 90% of plants classified as highly resistant or resistant to both indices. In this study, it was possible to confirm the resistance of 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' to *M. paranaensis*.

**Key words:** *Coffea*. Root-knot nematode. Breeding. Resistance.

### 3.3 INTRODUÇÃO

O Brasil é responsável por cerca de 1/3 da produção e exportação de todo o café produzido no mundo. Isso lhe confere o status de maior produtor e exportador mundial (NISHIJIMA; SAES; POSTALI, 2012). Com o aumento do consumo da bebida ocorrido principalmente nas últimas décadas e com os problemas fitossanitários, a produção foi se tornando insuficiente para suprir a demanda. Para aumentar a oferta foi necessário o desenvolvimento de novas tecnologias visando o aumento da produtividade e controle de pragas e doenças.

A ferrugem, causada pelo fungo *Hemileia vastatrix* Berk & Br. ainda é considerada a principal doença do cafeeiro, porém muitas das novas cultivares conseguem aliar alta produtividade e resistência a esse patógeno, além disso, existem fungicidas altamente eficientes disponíveis no mercado. Neste cenário os fitonematoides aparecem, atualmente, como uma das mais importantes causas da diminuição da produtividade (CAMPOS; VILLAIN, 2005), por serem de difícil controle, existem poucas cultivares resistentes e, uma vez instalados na área, a sua erradicação ser praticamente impossível (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

Os principais nematoides que parasitam cafeeiros no Brasil pertencem às espécies *Meloidogyne incognita* (Kofoid e White) Chitwood e *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos, Almeida, 1996 por apresentarem um comportamento muito agressivo, inviabilizando as áreas de plantio, e *M. exigua* Goeldi, cuja importância está mais relacionada à ampla distribuição geográfica (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). O nematoide *M. paranaensis* foi descrito pela primeira vez no Estado do Paraná (CARNEIRO et al., 1996) e, desde então vem se espalhando rapidamente por regiões agricultáveis do Paraná e de São Paulo (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000) (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001; CARNEIRO et al., 2005b) (OLIVEIRA; GONÇALVES; MONTEIRO, 2001). Também existem relatos da sua ocorrência em Goiás (SILVA; OLIVEIRA; ZAMBOLIN, 2009), Espírito Santo (BARROS et al., 2011) e Minas Gerais (CASTRO; NAVES; CAMPOS, 2003; CASTRO; CAMPOS, 2004; CASTRO et al. 2008).

A medida de controle que tem se mostrado mais eficiente é o uso de cultivares resistentes. Porém, em *Coffea arabica* L., espécie mais importante comercialmente, são escassas as fontes de resistência, principalmente para *M. paranaensis* e *M. incognita* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). O porta-enxerto ‘Apoatã IAC 2258’, da espécie *C. canephora* Pierre ex Froehner, apresentou resistência aos nematoides *M. exigua* (SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. incognita* e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008). Recentemente, foi lançada no mercado a cultivar pé franco ‘IPR 100’ de *C. arabica*, resistente a *M. paranaensis* (ITO et al., 2008; SERA et al., 2007, 2009) e *M. incognita* raça 1 (KANAYAMA et al., 2009) e raça 2 (ITO et al., 2008). Pouco se sabe, no entanto, sobre comportamento das cultivares de café IPR 100 e Apoatã IAC 2258 em diferentes níveis de inóculo.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar densidades populacionais de *M. paranaensis* nas cultivares de café ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’.

### 3.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em telado na sede do Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Londrina, PR, Brasil (23°21'20.0"S 51°09'58.2"W), entre os meses de agosto e novembro de 2012. As médias de temperatura máxima e mínima, durante o período do experimento, foram de 34,6 °C e 20,1 °C, respectivamente. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3 x 6 (três cultivares e seis níveis de inóculo), com 10 repetições e parcelas de uma planta.

As cultivares de café avaliadas foram ‘IPR 100’, ‘Apoatã IAC 2258’ (Apoatã) e ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ (Catuaí), que foi usada como padrão de suscetibilidade. Os níveis de inóculo de *M. paranaensis* avaliados foram: N1 = 0; N2 = 500; N3 = 1500; N4 = 3000; N5 = 5000 e N6 = 8000 ovos/planta. As mudas foram originadas de sementes de polinização aberta germinadas em areia que, ao atingirem o estágio cotiledonar, foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL, contendo como substrato mistura de solo e areia na proporção 1:1, previamente esterilizado em estufa a 100 °C por três horas com umidade em capacidade de campo. Para cada 72 litros de solo foram adicionados 230 g de Super fosfato simples; 22 g de KCl; 24 g de Uréia e 72 g de Calcário dolomítico. A adubação e correção do pH, foram realizadas conforme resultado da análise química do solo.

O inóculo foi extraído a partir de populações puras confirmadas através de eletroforese e multiplicado em plantas de tomateiro da cultivar Santa Clara e cafeeiros da

cultivar Catuaí, em condições de telado, por cerca de seis meses. Os ovos foram extraídos segundo o método descrito por Hussey e Barker (1973), modificado por Boneti e Ferraz (1981), e calibrados na suspensão para  $1000 \text{ ovos.mL}^{-1}$ , através de contagem em câmara de Peters, sob microscópio óptico. A inoculação foi feita no momento em que as plantas atingiram três pares de folhas bem desenvolvidas. Os ovos foram colocados em três orifícios de aproximadamente 1 cm de profundidade feitos ao redor de cada planta.

As avaliações foram efetuadas 110 dias após a inoculação. As raízes das plantas foram lavadas cuidadosamente em água corrente e pesadas. Em seguida, foi feita a extração dos ovos do sistema radicular, de acordo com a metodologia de Hussey e Barker (1973), modificado por Boneti e Ferraz (1981). Após a extração, foi feita a quantificação do número de ovos em câmara de contagem de Peters. Com os dados de peso do sistema radicular e número de ovos e juvenis de segundo estágio, foi determinado o número de ovos e juvenis por grama de raízes ( $\text{NOJ.g}^{-1}$ ).

Os dados de  $\text{NOJ.g}^{-1}$  foram submetidos ao teste de normalidade (Shapiro-Wilk) e homogeneidade das variâncias (Hartley) e transformados para  $\log(x+1)$ . Em seguida foi efetuada a análise de variância, teste de médias de Tukey à 1% de probabilidade e o efeito dos níveis de inóculo foi estudado por regressão modelo raiz quadrada.

Para classificar os níveis de resistência das cultivares foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). O fator de reprodução (FR) foi estimado pela diferença entre população final e inicial de nematoides, e usado para cálculo da RFR com base na fórmula:  $\text{RFR} = [(\text{FR do padrão suscetível} - \text{FR do tratamento}) / \text{FR do padrão suscetível}] \cdot 100$  (MOURA; REGIS, 1987). Baseado na RFR, os genótipos foram classificados segundo a escala de Moura e Regis (1987) modificada, onde: 0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

O ISH foi obtido utilizando a fórmula  $\text{ISH} = (\text{NOJ.g}^{-1} \text{ do tratamento} / \text{NOJ.g}^{-1} \text{ do padrão suscetível}) \cdot 100$  (GONÇALVES; FERRAZ, 1987 modificado). Os valores de ISH foram usados para classificar os níveis de resistência dos cafeeiros segundo os critérios de Fassuliotis (1985) modificado, que correspondem a: 0 a 1% = altamente resistente (AR); 1,1 a 10% = resistente (R); 10,1 a 25% = moderadamente resistente (MR); 25,1 a 50% = moderadamente suscetível (MS); 50,1 a 75% = suscetível (S); 75,1 a 100% = altamente suscetível (AS).

As porcentagens de plantas resistentes (AR, R e MR) e suscetíveis (MS, S e AS) foram baseadas na RFR e no ISH. Essas porcentagens de plantas com diferentes níveis de resistência foram calculadas utilizando os dados de parcelas individuais do padrão suscetível com os dados das respectivas parcelas dos tratamentos.

### 3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A interação entre cultivares e níveis de inóculo foi significativa para  $\text{NOJ.g}^{-1}$ . Menor  $\text{NOJ.g}^{-1}$  de *M. paranaensis* foi encontrado nas cultivares IPR 100 e Apoatã, que diferiram estatisticamente de Catuaí em todos os níveis estudados (Tabela 3.1).

A representação gráfica das regressões modelo raiz quadrada demonstraram aumento de  $\text{NOJ.g}^{-1}$  até próximo de 2000 ovos e, a partir daí, ocorreu tendência à estabilização na curva de regressão em todas as cultivares estudadas. Para esse estudo, populações iniciais de *M. paranaensis* em torno de 500 e 1500 ovos foram suficientes para classificar as plantas entre resistentes e suscetíveis (Figura 3.1).

O FR demonstrou reação de resistência para as cultivares IPR 100 e Apoatã e suscetibilidade para Catuaí como esperado (Tabela 3.2). Para o tomateiro (dados não apresentados) o valor de FR foi em torno de 100 para um inóculo inicial de 5000 ovos/planta, confirmando a viabilidade para este experimento.

Utilizando a RFR, as cultivares IPR 100 e Apoatã se comportaram como AR em todos os níveis de inóculo (Tabela 3.2). Em IPR 100, com exceção do nível de 500 ovos, que apresentou 10% de plantas MS, em todos os outros níveis foi verificado 100% de plantas entre AR e MR. De forma similar, em ‘Apoatã IAC 2258’, foram encontrados apenas 10% de plantas AS no nível de 3000 ovos, sendo o restante das plantas, nos demais níveis estudados, classificadas entre AR e MR. Ambas as cultivares apresentaram a maioria das plantas classificadas como AR (Tabela 3.3).

**Tabela 3.1** – Médias do número de ovos e juvenis de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raízes de cafeeiros ( $\text{NOJ.g}^{-1}$ ) em diferentes níveis de inóculo.

Cultivar	Níveis de inóculo por planta <sup>1</sup>											
	0		500		1500		3000		5000		8000	
IPR 100	0,0	A	15,1	A	26,1	A	47,6	A	46,6	A	86,9	A
Apoatã	0,0	A	28,2	A	36,0	A	148,5	A	147,9	A	244,5	A
Catuaí	0,0	A	1041,2	B	4297,6	B	8345,1	B	9766,8	B	15257,7	B
CV(%)	= 38,95											

<sup>1</sup> Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Dados transformados para  $\log(x+1)$ .

Fonte: próprio autor.

**Tabela 3.2** – Fator de reprodução (FR), Redução no fator de reprodução (RFR) e reação de resistência (r) de cultivares de café, submetidas a diferentes níveis de inóculo (N) de *Meloidogyne paranaensis*.

N	IPR 100 <sup>1</sup>				APOATÃ <sup>1</sup>				Catuaí <sup>1</sup>			
	FR	r <sup>2</sup>	RFR	r <sup>2</sup>	FR	r <sup>2</sup>	RFR	r <sup>2</sup>	FR	r <sup>2</sup>	RFR	r <sup>2</sup>
0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
500	0,51	R	96,8	AR	0,64	R	96,0	AR	15,83	S	-	-
1500	0,28	R	98,3	AR	0,24	R	98,5	AR	16,55	S	-	-
3000	0,23	R	98,5	AR	0,49	R	96,8	AR	15,01	S	-	-
5000	0,15	R	98,6	AR	0,26	R	97,4	AR	10,28	S	-	-
8000	0,15	R	98,5	AR	0,30	R	97,0	AR	9,95	S	-	-

<sup>1</sup> Cultivar Catuaí foi utilizada como padrão para cálculo de RFR.

<sup>2</sup> AR= altamente resistente; R= resistente; S= suscetível.

Fonte: próprio autor.

**Tabela 3.3** – Porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, em diferentes níveis de inóculo (N), com base na redução do fator de reprodução (RFR).

Cultivar Nível	IPR 100 <sup>1</sup>						Apoatã IAC 2258 <sup>1</sup>					
	AR	R	MR	MS	S	AS	AR	R	MR	MS	S	AS
0												
500	50	30	10	10	0	0	60	10	30	0	0	0
1500	80	10	10	0	0	0	90	0	10	0	0	0
3000	100	0	0	0	0	0	80	0	10	0	0	10
5000	90	0	10	0	0	0	70	30	0	0	0	0
8000	100	0	0	0	0	0	80	10	10	0	0	0

<sup>1</sup> Cultivar ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ foi utilizada como padrão para cálculo de RFR.

Fonte: próprio autor.

Utilizando o ISH, a cultivar IPR 100 mostrou-se AR nos níveis de 1500 a 8000 ovos e resistente no nível de 500 ovos, enquanto que, Apoatã foi AR somente no nível de 1500 ovos, sendo R nos demais níveis (Tabela 3.4). A cultivar IPR 100 apresentou 100% das plantas classificadas entre AR e MR em todos os níveis estudados. Apoatã teve 10% de plantas S no nível de 3000 ovos, sendo o restante, nos demais níveis, classificadas entre AR e MR (Tabela 3.5).

Pequena taxa de segregação para suscetibilidade já era esperada em Apoatã, pois a mesma é uma espécie alógama (GONÇALVES; SILVAROLA, 2007). Já a presença de 10% de plantas moderadamente suscetíveis e 10% de plantas suscetíveis, baseado na RFR e ISH, respectivamente, no nível de 500 ovos em IPR 100, pode ser explicada pela taxa de fecundação cruzada (5 a 10%), que ocorre naturalmente em *C. arabica*, uma vez que as sementes foram obtidas de polinização aberta.

**Tabela 3.4** – Reação de cafeeiros ao *nematoide Meloidogyne paranaensis*, com base no índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), em diferentes níveis de inóculo.

Cultivar	IPR 100 <sup>1</sup>		Apoatã IAC 2258 <sup>1</sup>		
	Nível	ISH	Reação <sup>2</sup>	ISH	Reação <sup>2</sup>
	0	-	-	-	-
	500	1,5	R	2,7	R
	1500	0,6	AR	0,8	AR
	3000	0,6	AR	1,8	R
	5000	0,5	AR	1,5	R
	8000	0,6	AR	1,6	R

<sup>1</sup> Cultivar ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ foi utilizada como padrão suscetível para cálculo de ISH.

<sup>2</sup> R = resistente; AR=altamente resistente.

**Fonte:** próprio autor.

**Tabela 3.5** – Porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, em diferentes níveis de inóculo (N), com base no índice de suscetibilidade hospedeira (ISH).

Cultivar	IPR 100 <sup>1</sup>						Apoatã IAC 2258 <sup>1</sup>						
	Nível	AR	R	MR	MS	S	AS	AR	R	MR	MS	S	AS
	0												
	500	40	50	10	0	0	0	30	50	20	0	0	0
	1500	60	40	0	0	0	0	60	40	0	0	0	0
	3000	80	20	0	0	0	0	60	30	0	0	10	0
	5000	90	10	0	0	0	0	70	30	0	0	0	0
	8000	80	20	0	0	0	0	50	50	0	0	0	0

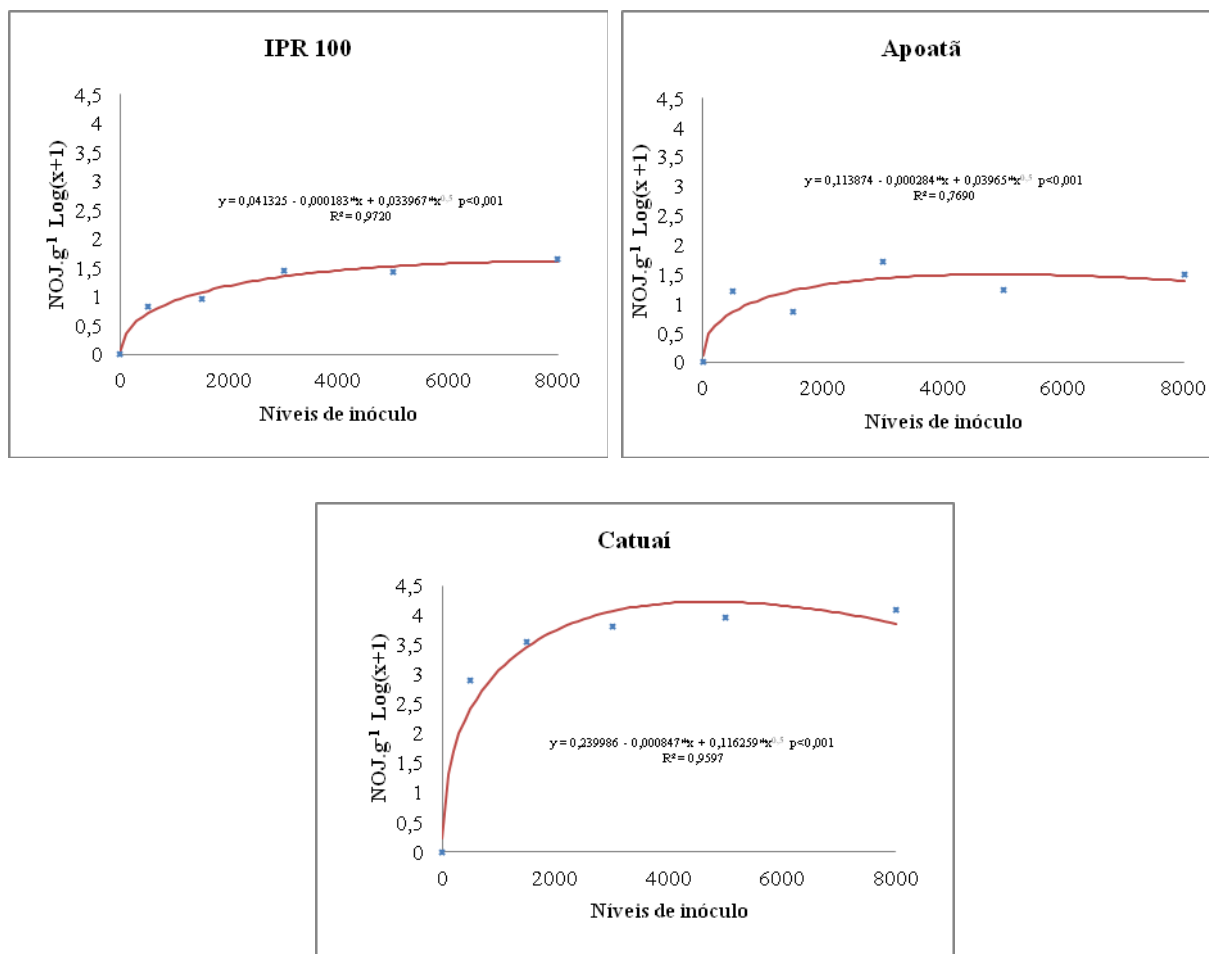
<sup>1</sup> Cultivar ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ foi utilizada como padrão suscetível para cálculo de ISH.

**Fonte:** próprio autor.

Uma das características de *M. paranaensis* é sua notável capacidade em destruir o sistema radicular dos cafeeiros (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007; SILVA; OLIVEIRA; ZAMBOLIN, 2009), o que pode interferir na classificação de resistência das plantas quando se leva em consideração apenas a taxa de reprodução do nematoide, como é o caso do FR e RFR. Na tentativa de minimizar esse efeito, nesse estudo foi usado o ISH (GONÇALVES; FERRAZ, 1987 modificado), que leva em conta, também, o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes.

Resistência a *M. paranaensis* em *C. arabica* é considerada restrita, apesar de ter sido encontrada em algumas cultivares e linhagens, como em ‘Icatu Vermelho IAC 3888’ (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007), progênies de ‘Icatu’ (MATA et al., 2002; SERA et al., 2004; MATIELLO et al., 2010), acessos selvagens de *C. arabica* da Etiópia (ANTHONY et al., 2003; BOISSEAU et al., 2009) e progênies de IPR 106 (ITO et al., 2008).

**Figura 3.1** – Número de ovos e juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raízes de cafeeiros (NOJ.g<sup>-1</sup>), em diferentes níveis de inóculo.



Fonte: próprio autor.

Apesar da resistência a *M. paranaensis* em ‘IPR 100’ já ser referida por outros autores (SERA et al., 2007, 2009; ITO et al., 2008), ainda não havia sido avaliada a reação dessas cultivares em populações iniciais mais altas como 3000, 5000 e 8000 ovos por planta. Neste trabalho, foi possível verificar que o nível de resistência de ‘IPR 100’ é similar ao de ‘Apoatã IAC 2258’, considerada resistente a *M. paranaensis* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008), em todos os níveis de inóculo estudados. É possível que o nível de resistência de IPR 100 seja maior do que ‘Apoatã IAC 2258’, uma vez que, apesar de não diferirem estatisticamente, IPR100 apresentou menor NOJ.g<sup>-1</sup> em todos os níveis de inóculo estudados e teve maior quantidade de plantas AR em ambos os índices (RFR e ISH). A resistência a *M. paranaensis* de ‘Apoatã IAC 2258’ é originada de *C. canephora*, enquanto que em ‘IPR 100’, provavelmente foi originada de *C. liberica* Hiern, pois essa cultivar foi derivada do cruzamento entre “Catuaí” e um cafeeiro arábico da série BA-10, que é portador de genes do *C. liberica* (SERA et al., 2007, 2009; ITO et al., 2008). Até o momento, não foi testada a resistência a *M. paranaensis* em *C. liberica*. É provável que o gene maior de resistência de *C. canephora* seja o mesmo de *C. liberica*, entretanto, IPR 100 pode ter genes menores que estejam elevando o nível de resistência, quando comparado com ‘Apoatã IAC 2258’.

### 3.6 CONCLUSÕES

As cultivares ‘IPR 100’ e ‘Apoatã IAC 2258’ apresentaram resistência a *M. paranaensis* em diferentes níveis de inóculo.

## 4 RESISTÊNCIA À *MELOIDOGYNE PARANAENSIS* EM PROGÊNIES DE *COFFEA ARABICA*

### 4.1 RESUMO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são um dos principais problemas da cafeicultura. A agressividade e a rápida disseminação de *M. paranaensis*, em algumas regiões produtoras de café do Brasil, vêm chamando a atenção. Apesar de existirem fontes de resistência, ainda são poucas as cultivares de café arábica pé franco com essa característica. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi identificar resistência a *M. paranaensis* em progênies de *C. arabica*. O experimento foi instalado na sede do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), em Londrina, PR, Brasil. As médias de temperatura máxima e mínima, no período de condução do experimento, foram de 26,5 °C e 15,6 °C, respectivamente. Mudanças com três a quatro pares de folhas foram inoculadas com 5000 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. paranaensis*. Os tratamentos consistiram de 19 progênies F5 de *C. arabica* derivadas do cruzamento entre “Sarchimor” e (“Icatu” x “Catuaí”), ambos portadores de genes de *C. canephora*, que apresentaram características agronômicas desejáveis em seleções anteriores. O experimento foi instalado em blocos casualizados com 21 tratamentos e 11 repetições constituídas de uma planta por parcela. As avaliações foram efetuadas 110 dias após a inoculação. Para classificar os níveis de resistência das progênies, foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). Todas as progênies apresentaram menor número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raiz (NOJ.g<sup>-1</sup>) do que o padrão suscetível ‘Catuaí Vermelho IAC 99’. Em quase todas as progênies, foi verificado 100% de plantas com reação de resistência (AR, R e MR), em ambos os índices (RFR e ISH). Todas as progênies que apresentaram 100% de plantas AR, R e MR, em ambos os índices, serão avançadas e têm potencial para se tornarem novas cultivares de café com resistência a *M. paranaensis*.

**Palavras-chave:** Nematoides das galhas. Café. Melhoramento genético.

### 4.2 ABSTRACT

#### RESISTANCE TO *MELOIDOGYNE PARANAENSIS* IN *COFFEA ARABICA* L. PROGENIES

Nematodes of the genus *Meloidogyne* are one of the main problems of the coffee crop. The aggressiveness and fast spread of *M. paranaensis* in some coffee growing areas of Brazil are getting attention. Although there are resistance sources, there are few arabic coffee cultivars ungrafted with nematode resistance. In this context, the objective of this study was to identify resistance to *M. paranaensis* in *C. arabica* progenies. The experiment was conducted at IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná) in Londrina, Paraná, Brazil. Seedlings with three to four leaves were inoculated with 5000 eggs and second stage juveniles of *M. paranaensis*. Treatments consisted of 19 F5 progenies of *C. arabica* derived from a cross between “Sarchimor” and (“Icatu” x “Catuaí”), that showed desirable agronomic traits in previous selections. The experiment was conducted in randomized blocks design with 21 treatments

and 11 replications represented by one plant. The evaluations were performed 110 days after inoculation. To classify the resistance levels of the progenies were used the reduction of the reproduction factor (RRF) and the index of host susceptibility (IHS). All progenies showed lower number of eggs and second stage juveniles per gram of roots (NOJ.g<sup>-1</sup>) in comparison with the susceptible check 'Catuaí Vermelho IAC 99'. Some progenies present less NOJ.g<sup>-1</sup> than the resistant check 'Apoatã IAC 2258'. For almost all progenies, was found 100% of plants with resistance reaction (AR, R and MR), in both indices (RRF and IHS). *Coffea arabica* progenies that present 100 % of plants classified such as AR, R and MR in both indices will be advanced and has potential to become new coffee cultivars with resistance to *M. paranaensis*.

**Key words:** Root-knot nematode. Coffee. Breeding.

#### 4.3 INTRODUÇÃO

O café é uma das principais commodities mundiais, sendo o Brasil o maior produtor e exportador ((NISHIJIMA; SAES; POSTALI, 2012). A espécie *Coffea arabica* L. é a mais importante comercialmente, ocupando mais de 70% da área de café cultivada no mundo. A presença de fitonematoides, em especial do gênero *Meloidogyne* Goeldi, é um dos principais problemas, comprometendo a produtividade das lavouras e a expansão da cultura (CAMPOS; VILLAIN, 2005).

A agressividade e a rápida disseminação de *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro, Abrantes, Santos, Almeida, 1996, em algumas regiões produtoras do Brasil, vêm chamando a atenção (CASTRO et al., 2008; BARROS et al., 2011), por ser de difícil controle, existirem poucas cultivares resistentes e, uma vez instalados na área, a sua erradicação ser praticamente impossível (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Da mesma forma, *M. paranaensis* possui várias espécies de plantas daninhas hospedeiras, de ocorrência natural na maioria das regiões agricultáveis do Brasil (ROESE; OLIVEIRA, 2004).

A principal estratégia de manejo dos fitonematoides é prevenção evitando-se a disseminação. Para áreas já infestadas, o meio mais indicado é o controle genético, através do uso de cultivares resistentes. Entretanto, fontes de resistência em *C. arabica* são consideradas escassas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). As cultivares de café arábica mais plantadas no mundo, como Caturra, Catuaí e Mundo Novo, apresentam baixa variabilidade genética e são suscetíveis às principais pragas e doenças que atacam o cafeeiro, entre elas os nematoides (BERTRAND et al., 1999). Por isso, a presença de resistência a *M. paranaensis* constatada em outras espécies de *Coffea* sp., como, *C. canephora* Pierre ex Froehner (SERA et al., 2006) é de suma importância para o desenvolvimento de novas cultivares.

Seleções de cafeeiros arábicos do germoplasma “Icatu”, portador de genes de *C. canephora*, têm apresentado resistência a *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007; ITO et al., 2008; MATIELLO et al., 2010). A cultivar ‘IPR 100’, derivada do cruzamento entre “Catuaí” e um cafeeiro arábico da série BA-10 portador de genes do *C. liberica* Hiern, apresentou resistência a *M. paranaensis* e às raças 1 e 2 de *M. incognita*, provavelmente originadas de *C. liberica* (SERA et al., 2007, 2009; ITO et al., 2008; KANAYAMA et al., 2009). Também foram identificados acessos selvagens de *C. arabica* da Etiópia com resistência a *M. paranaensis* (ANTHONY et al., 2003; BOISSEAU et al., 2009).

Uma técnica que tem sido amplamente recomendada é a enxertia hipocotiledonar, que usa como porta-enxerto a cultivar ‘Apoatã IAC 2258’ de *C. canephora*, resistente a *M. exigua* Goeldi (SALGADO; RESENDE; CAMPOS, 2005), *M. incognita* (Kofoid e White) Chitwood e *M. paranaensis* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008). Esse método tem permitido, em curto prazo, o cultivo de café em áreas infestadas (FONSECA et al., 2008). Todavia, existem alguns inconvenientes na utilização deste método em relação a cultivares de pé franco, como a taxa de segregação para a suscetibilidade aos nematoides (10 a 15%) e a maior necessidade de replantio (cerca de 10 a 15%) (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

Apesar de existirem fontes de resistência, ainda são poucas as cultivares de café arábica pé franco com resistência aos nematoides. Neste contexto, o objetivo deste estudo foi identificar resistência a *M. paranaensis* em progênies de *C. arabica*.

#### 4.4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em telado na sede do IAPAR (Instituto Agrônômico do Paraná), em Londrina, PR, Brasil (23°21'20.0"S 51°09'58.2"W), entre os meses de março e julho de 2013. As médias de temperatura do ar máxima e mínima, no período de condução do experimento, foram de 26,5 °C e 15,6 °C, respectivamente. As mudas foram obtidas através de semeadura em germinadores contendo areia, localizados no viveiro de mudas no IAPAR. Ao atingirem o estágio cotiledonar, foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL, para completar seu desenvolvimento até atingirem três a quatro pares de folhas, quando foram inoculadas. O substrato foi formulado contendo uma mistura de solo e areia 1:1, previamente esterilizada em estufa a 100 °C por três horas com umidade em capacidade de campo. Para cada 72 litros de solo foram adicionados 230 g de

Super fosfato simples; 22 g de KCl; 24 g de Uréia e 72 g de Calcário dolomítico. A adubação e correção foram realizadas conforme resultado de análise química do solo.

O inóculo de *M. paranaensis* foi extraído a partir de populações puras, confirmadas através de eletroforese e multiplicado em plantas de tomateiro cultivar Santa Clara e cafeeiro cultivar Catuaí, por cerca de nove meses, em condições de casa de vegetação. Os ovos foram extraídos segundo o método descrito por Hussey e Barker (1973), modificado por Boneti e Ferraz (1981). A concentração de ovos foi determinada em câmara de contagem de Peters e a suspensão calibrada para 1000 ovos/ml. Foram inoculados 5000 ovos de *M. paranaensis* em três orifícios de aproximadamente 1 cm de profundidade feitos ao redor de cada planta.

Os tratamentos consistiram de 19 progênies F5 de *C. arabica* derivadas do cruzamento entre “Sarchimor” e (“Icatu” x “Catuaí”), ambos portadores de genes de *C. canephora*. As plantas das gerações F1, F2 e F3 derivadas desse cruzamento foram selecionadas em áreas infestadas com *M. paranaensis*. As progênies F4 foram selecionadas pelas características agronômicas em experimentos em campo, sem a presença de nematoides, além de serem testadas para a resistência a *M. paranaensis* em telado. As progênies F4 que apresentaram resistência ao *M. paranaensis* e características agronômicas desejáveis foram selecionadas e avançadas para a geração F5, em área sem nematoides. As sementes das progênies F5 que apresentaram características agronômicas desejáveis foram coletadas e as plantas foram testadas para a resistência a *M. paranaensis* no presente trabalho. Como padrões de suscetibilidade e resistência foram utilizados, respectivamente, *C. arabica* cv. Catuaí Vermelho IAC 99 e *C. canephora* cv. Apoatã IAC 2258 (Tabela 4.1). O experimento foi instalado em blocos casualizados com 21 tratamentos, 11 repetições representadas por uma planta por parcela.

**Tabela 4.1** – Progênieis F5 de *Coffea arabica* derivadas do cruzamento “Sarchimor” x (“Icatu” x “Catuaí”) e cultivares testemunhas testadas para a resistência a *Meloidogyne paranaensis*.

Nº do tratamento	Progênieis F5	Origem
1	IAPAR 12306	IAPAR 01384-6-2
2	IAPAR 12307	IAPAR 01384-6-3
3	IAPAR 12308	IAPAR 01384-6-4
4	IAPAR 12309	IAPAR 01384-6-6
5	IAPAR 12310	IAPAR 01384-6-7
6	IAPAR 12311	IAPAR 01384-6-10
7	IAPAR 12312	IAPAR 01384-6-11
8	IAPAR 12313	IAPAR 01384-6-12
9	IAPAR 12314	IAPAR 01384-6-13
10	IAPAR 12315	IAPAR 01384-6-14
11	IAPAR 12316	IAPAR 01384-6-15
12	IAPAR 12317	IAPAR 01384-8-5
13	IAPAR 12318	IAPAR 01384-8-6
14	IAPAR 12319	IAPAR 01384-9-1
15	IAPAR 12320	IAPAR 01384-9-2
16	IAPAR 12321	IAPAR 01384-9-11
17	IAPAR 12322	IAPAR 01384-14-4
18	IAPAR 12323	IAPAR 01384-14-5
19	IAPAR 12324	IAPAR 01384-14-15
20	‘Catuaí Vermelho IAC 99’ (padrão suscetível)	
21	‘Apoatã IAC 2258’ (padrão resistente)	

**Fonte:** próprio autor.

As avaliações foram efetuadas 110 dias após a inoculação. O sistema radicular das plantas foi lavado cuidadosamente em água corrente e pesado. Em seguida foi feita a extração dos ovos do sistema radicular, de acordo com a metodologia de Boneti e Ferraz (1981). Após a extração, a quantificação do número de ovos e juvenis de segundo estágio (NOJ) foi realizada em câmara de contagem de Peters. Com os dados do peso do sistema radicular e NOJ, foi determinado o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes (NOJ.g<sup>-1</sup>).

Os dados de NOJ.g<sup>-1</sup> foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro-Wilk e a homogeneidade das variâncias avaliada pelo teste de Hartley a 5% de probabilidade. Os dados foram transformados para Log(x) para posteriormente efetuar a análise de variância e teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Para classificar os níveis de resistência das progênieis, foram utilizados a redução do fator de reprodução (RFR) e o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH). O fator de reprodução (FR) foi estimado pela diferença entre população (número de ovos e juvenis de 2º estágio) final e inicial de nematoides e usado para cálculo do RFR. O RFR foi calculado com base na fórmula:  $RFR = [(FR \text{ do padrão suscetível} - FR \text{ do tratamento}) / FR \text{ do padrão}]$

suscetível].100 (Moura e Regis, 1987). Baseado no RFR os genótipos foram classificados segundo a escala de Moura e Regis (1987) modificada, onde: 0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

O ISH foi obtido utilizando-se a fórmula  $ISH = (\text{NOJ.g}^{-1} \text{ do tratamento} / \text{NOJ.g}^{-1} \text{ do padrão suscetível}).100$  (GONÇALVES; FERRAZ, 1987 modificado). Os valores de ISH foram usados para classificar os níveis de resistência dos cafeeiros segundo os critérios de Fassuliotis (1985) modificado, que correspondem a: 0 a 1% = altamente resistente (AR); 1,1 a 10% = resistente (R); 10,1 a 25% = moderadamente resistente (MR); 25,1 a 50% = moderadamente suscetível (MS); 50,1 a 75% = suscetível (S); 75,1 a 100% = altamente suscetível (AS).

O FR, RFR e ISH foram calculados baseados nos dados da média das parcelas. A porcentagem de plantas com diferentes níveis de resistência, obtidas pela RFR e ISH, foi calculada utilizando-se os dados de parcelas individuais do padrão suscetível com os dados das respectivas parcelas dos tratamentos. As porcentagens de plantas resistentes (AR, R e MR) e suscetíveis (MS, S e AS) foram utilizadas para determinar se, o(s) alelo(s) de resistência ao nematoide, nas progênies, estão em condição homozigótica ou heterozigótica.

#### 4.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A cultivar padrão suscetível ‘Catuaí Vermelho IAC 99’ diferiu estatisticamente do padrão resistente ‘Apoatã IAC 2258’ e das progênies estudadas, apresentando maior média de  $\text{NOJ.g}^{-1}$  (16322,6), como esperado (Tabela 4.2). As médias das progênies foram cerca de 19 até 77 vezes menores que a cultivar suscetível Catuaí. Em Apoatã, o  $\text{NOJ.g}^{-1}$  foi 23 vezes menor que Catuaí.

Com base na redução do fator de reprodução (RFR) (Tabela 4.3), todas as progênies foram classificadas como altamente resistentes (AR), superando o padrão resistente Apoatã classificado como resistente (R). Quanto à frequência, com exceção das progênies 10 e 16, que apresentaram 91% de plantas entre AR e MR e 9% de plantas MS cada, todas as outras tiveram 100% das plantas classificadas entre AR e MR. Sete progênies tiveram 100% das plantas classificadas entre AR e R e, somente nas progênies 15 e 17, foi observado 100% de plantas AR. Apoatã apresentou 100% das plantas entre AR e MR. A pequena taxa de plantas suscetíveis nas progênies 10 e 16 pode ser devido à frequência de fecundação cruzada

(5 a 10%) que pode ocorrer em *C. arabica* em campo aberto, de onde as sementes utilizadas para esse experimento foram coletadas.

**Tabela 4.2** – Médias do número de ovos e juvenis de segundo estágio de *Meloidogyne paranaensis* por grama de raízes (NOJ.g-1) e fator de reprodução (FR) em progênes de *Coffea arabica*.

Tratamento	Progênie F5	NOJ.g <sup>-1</sup> *	FR	Reação**
1	IAPAR 12306	772 A	1,33	S
2	IAPAR 12307	210 A	0,62	R
3	IAPAR 12308	436 A	0,75	R
4	IAPAR 12309	389 A	0,82	R
5	IAPAR 12310	238 A	0,55	R
6	IAPAR 12311	264 A	0,78	R
7	IAPAR 12312	391 A	0,58	R
8	IAPAR 12313	289 A	0,64	R
9	IAPAR 12314	239 A	0,76	R
10	IAPAR 12315	417 A	0,85	R
11	IAPAR 12316	584 A	0,76	R
12	IAPAR 12317	325 A	0,61	R
13	IAPAR 12318	457 A	0,61	R
14	IAPAR 12319	367 A	0,82	R
15	IAPAR 12320	476 A	0,42	R
16	IAPAR 12321	360 A	0,99	R
17	IAPAR 12322	520 A	0,40	R
18	IAPAR 12323	856 A	0,83	R
19	IAPAR 12324	272 A	0,43	R
20	‘Catuaí IAC 99’(padrão suscetível)	16324 B	26,19	S
21	‘Apoatã IAC 2258’(padrão resistente)	719 A	1,48	S

CV% = 13,86

\* Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Skott-Knott a 5% de probabilidade. Dados transformados para log(x).

\*\* R= resistente; S= suscetível.

Fonte: próprio autor.

Utilizando o índice de suscetibilidade hospedeira (ISH), tanto as progênes quanto o padrão resistente foram classificadas como R (Tabela 4.4). Todas as progênes apresentaram 100% das plantas classificadas como AR, R e MR. Em Apoatã, 91% das plantas foram classificadas entre AR e MR e 9% como MS. Em oito progênes, foram observados 100% de plantas entre AR e R, sendo que nenhuma delas apresentou 100% de plantas altamente resistentes (AR).

**Tabela 4.3** – Reação média e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, com base na redução do fator de reprodução (RFR).

Tratamento	Progênie F5	RFR	NR <sup>1</sup>	AR	R	MR	MS	S	AS
1	IAPAR 12306	95	AR	73	9	18	0	0	0
2	IAPAR 12307	98	AR	73	27	0	0	0	0
3	IAPAR 12308	97	AR	91	9	0	0	0	0
4	IAPAR 12309	97	AR	82	9	9	0	0	0
5	IAPAR 12310	98	AR	91	0	9	0	0	0
6	IAPAR 12311	97	AR	82	18	0	0	0	0
7	IAPAR 12312	98	AR	82	9	9	0	0	0
8	IAPAR 12313	98	AR	91	0	9	0	0	0
9	IAPAR 12314	97	AR	73	9	18	0	0	0
10	IAPAR 12315	97	AR	73	18	0	9	0	0
11	IAPAR 12316	97	AR	91	9	0	0	0	0
12	IAPAR 12317	98	AR	82	0	18	0	0	0
13	IAPAR 12318	98	AR	82	9	9	0	0	0
14	IAPAR 12319	97	AR	82	9	9	0	0	0
15	IAPAR 12320	98	AR	100	0	0	0	0	0
16	IAPAR 12321	96	AR	73	18	0	9	0	0
17	IAPAR 12322	98	AR	100	0	0	0	0	0
18	IAPAR 12323	97	AR	73	18	9	0	0	0
19	IAPAR 12324	98	AR	91	9	0	0	0	0
20	‘Catuaí Vermelho IAC 99’ <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
21	‘Apoatã IAC 2258’	94	R	55	27	18	0	0	0

<sup>1</sup> Níveis de resistência (NR) baseado no RFR.

<sup>2</sup> Cultivar utilizada como padrão para cálculo de RFR.

Fonte: próprio autor.

Resistência a *M. paranaensis* foi relatada em genótipos de cafeeiros arábicos portadores de genes das espécies *C. canephora* e *C. liberica* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007; ITO et al., 2008; SERA et al., 2009; MATIELLO et al., 2010), além de acessos selvagens de *C. arabica* da Etiópia (ANTHONY et al., 2003, BOISSEAU et al., 2009). As progênies avaliadas neste estudo foram originadas do cruzamento entre “Sarchimor” e (“Icatu” x “Catuaí”), ambos portadores de genes de *C. canephora*. É provável que a resistência a *M. paranaensis* observada nas progênies desse experimento tenha vindo de “Icatu”, que é um dos parentais do “Icatu” x “Catuaí”. A resistência também pode ter sido originada do “Sarchimor”, pois possuem genes de *C. canephora* do Híbrido de Timor.

Os resultados obtidos aqui confirmam resultados anteriores, onde seleções de “Icatu” como a linhagem 925, apresentaram boa resistência a *M. paranaensis* (MATIELLO et al., 2010). ‘Icatu Vermelho IAC 3888’ também se comportou como resistente a essa espécie de nematoide das galhas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). A cultivar IPR 106 (“Icatu”) apresentou resistência simultânea aos nematoides *M. paranaensis* e à raça 2 de *M. incognita* (ITO et al., 2008). A resistência de “Icatu” a *M. incognita* também foi

descrita por Carneiro (1995). Existe a possibilidade de que alguns cafeeiros do “Sarchimor” tenham resistência a *M. paranaensis* (SERA et al., 2009).

**Tabela 4.4** – Reação média e porcentagem de plantas de café altamente resistentes (AR), resistentes (R), moderadamente resistentes (MR), moderadamente suscetíveis (MS), suscetíveis (S) e altamente suscetíveis (AS) ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, com base no índice de suscetibilidade hospedeira (ISH).

Tratamento	Progênie F5	ISH	NR <sup>1</sup>	%AR	%R	%MR	%MS	%S	%AS
1	IAPAR 12306	4,7	R	9	73	18	0	0	0
2	IAPAR 12307	1,3	R	45	55	0	0	0	0
3	IAPAR 12308	2,7	R	18	82	0	0	0	0
4	IAPAR 12309	2,4	R	18	73	9	0	0	0
5	IAPAR 12310	1,5	R	27	73	0	0	0	0
6	IAPAR 12311	1,6	R	27	73	0	0	0	0
7	IAPAR 12312	2,4	R	36	64	0	0	0	0
8	IAPAR 12313	1,8	R	27	73	0	0	0	0
9	IAPAR 12314	1,5	R	45	45	9	0	0	0
10	IAPAR 12315	2,5	R	27	64	9	0	0	0
11	IAPAR 12316	3,6	R	9	82	9	0	0	0
12	IAPAR 12317	2,0	R	18	73	9	0	0	0
13	IAPAR 12318	2,8	R	27	55	18	0	0	0
14	IAPAR 12319	2,2	R	9	82	9	0	0	0
15	IAPAR 12320	2,9	R	18	73	9	0	0	0
16	IAPAR 12321	2,2	R	9	82	9	0	0	0
17	IAPAR 12322	3,2	R	9	91	0	0	0	0
18	IAPAR 12323	5,2	R	9	64	27	0	0	0
19	IAPAR 12324	1,7	R	55	45	0	0	0	0
20	‘Catuaí IAC 99’ <sup>2</sup>	-	-	-	-	-	-	-	-
21	‘Apoatã IAC 2258’	4,4	R	45	36	9	9	0	0

<sup>1</sup> Níveis de resistência (NR) baseado no ISH.

<sup>2</sup> Cultivar utilizada como padrão para cálculo de ISH.

**Fonte:** próprio autor.

Apesar de existirem fontes de resistência a *M. paranaensis*, são poucas as cultivares de café arábica disponíveis que apresentam esse comportamento. Até o momento, ‘IPR 100’ (SERA et al., 2009; ITO et al., 2008) e ‘IPR 106’ (ITO et al., 2008) são conhecidas como sendo resistentes a esse nematoide. Além dessas, também é considerada resistente a cultivar porta-enxerto ‘Apoatã IAC 2258’ da espécie *C. canephora* (SERA et al., 2006; FONSECA et al., 2008).

Em todas as progênies estudadas neste experimento, foram observadas 100% das plantas com reação de resistência (AR, R e MR), em ambos os índices (RFR e ISH), com exceção dos tratamentos 10 e 16, que apresentaram 9% de plantas MS pela RFR. É provável que as progênies que apresentaram 100% das plantas com níveis de resistência AR, R e MR sejam homozigotas para a resistência a *M. paranaensis*. O padrão resistente ‘Apoatã

IAC 2258' apresentou 9% de plantas classificadas como MS pelo ISH. Essa pequena taxa de segregação para suscetibilidade já era esperada para *C. canephora*, pois é uma espécie alógama (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). As progênies F5 que apresentaram 100% das plantas com resistência serão avançadas para a próxima geração de autofecundação e avaliadas em ensaios de Valor de Cultivo e Uso (VCU) e possuem grande potencial para se tornarem novas cultivares de café arábica resistentes a *M. paranaensis*.

#### 4.6 CONCLUSÕES

As progênies F5 de café arábica derivadas do cruzamento entre “Sarchimor” e (“Icatu” x “Catuaí”) apresentaram resistência a *M. paranaensis*.

## 5 CONCLUSÕES GERAIS

As cultivares ‘IPR 100’ de *C. arabica* e ‘Apoatã IAC 2258’ de *C. canephora* confirmaram a resistência a *M. paranaensis*. Foi possível verificar que o nível de resistência de ‘IPR 100’ é similar ao de ‘Apoatã IAC 2258’, considerada resistente a *M. paranaensis*, em todos os níveis de inóculo estudados. A curva de regressão mostrou aumento significativo de  $\text{NOJ.g}^{-1}$ , até quando o nível de inóculo inicial estava entre 500 e 1500 ovos, mostrando que, para esse experimento, populações iniciais de *M. paranaensis*, neste intervalo, seriam suficientes para classificar as plantas entre resistentes e suscetíveis.

Todas as progênies F5 derivadas do cruzamento entre “Sarchimor” e (“Icatu” x “Catuaí”) estudadas neste trabalho foram resistentes a *M. paranaensis*, segundo RFR e ISH, e tiveram  $\text{NOJ.g}^{-1}$  estatisticamente inferior ao padrão suscetível Catuaí, igualando-se ao padrão resistente ‘Apoatã IAC 2258’. Em 17 delas, todas as plantas foram classificadas entre AR e MR, em ambos os índices (RFR e ISH), tendo potencial para se tornarem novas cultivares com resistência a *M. paranaensis*. A média de  $\text{NOJ.g}^{-1}$  das progênies avaliadas foi até 77 vezes menor que Catuaí, sendo que 17 delas tiveram média inferior a ‘Apoatã IAC 2258’.

## REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. V. S.; CARNEIRO, R.; COSTA, P.; GOMES, A.; SANTOS, M.; PEREIRA, A.; NICOLE, M.; FERNANDEZ, D.; GROSSI-DE-AS, M. F. Resistance to *Meloidogyne incognita* is expressed by a hypersensitive-like response in *Coffea arabica*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 127, n. 3, p. 365-373. 2010.
- ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to the *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, [S. l.], v. 26, n. 7, p. 903-910. 2007.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; ASTORGA, C.; ANZUETO, F.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latinoamericana. **Manejo integrado de plagas y agroecología**, Costa Rica, v. 67, p. 5-12. 2003.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; MARTINEZ, A.; SILVA, M.; NICOLE, M. Hypersensitive-like reaction conferred by the *Mex-1* resistance gene against *Meloidogyne exigua* in coffee. **Plant Pathology**, Oxford, v. 54, n. 4, p. 476-482. 2005.
- ANZUETO, F.; BERTRAND, B.; SARAH, J. L.; ESKES, A. B.; DECAZY, B. Resistance to *Meloidogyne incognita* in Ethiopian *Coffea arabica* accessions. **Euphytica**, [S. l.], v. 118, p. 1-8. 2001.
- BARROS, U. V.; BARBOSA, C. M.; MATIELLO, J. B. Efeito da combinação de nematicidas sistêmicos com o fungicida triadimenol na formação e produção do cafeeiro em área com *M. exigua*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 25., 1999, Poços de Caldas. **Anais...** Rio de Janeiro: MAA/SDR/PROCAFÉ/PNFC, 1999. p. 9-10.
- BARROS, A. F.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIN, L.; FERREIRA, A. O.; COUTINHO, R. R. *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, [S. l.], v. 6, p. 43-45. 2011.
- BARBOSA, D. H. S. G. B.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M. DE; ANDRADE, W. E. B.; SILVA, C. P.; PINTO, J. F.; ENGELHARDT, M. A. Variação do nível populacional de *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras infectadas no noroeste fluminense em função de uma recepa. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 29., 2003, Araxá. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ, 2003. p. 380-381.
- BERTRAND, B.; AGUILAR, G.; SANTACREO, R.; ANZUETO, F. El mejoramiento genético en América Central. In: BERTRAND, B.; RAPIDEL, B. (Ed.). **Desafíos de la caficultura en Centroamérica**. San José, Costa Rica: IICA/PROMECAFE-CIRAD-IRD-CCCR/Francia, 1999. p. 407-456.
- BOISSEAU, M.; ARIBI, J.; SOUSA, F. R. de, CARNEIRO, R. M. D. G.; ANTHONY, F. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 1, p. 38-41. 2009.
- BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* do cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, n. 3, p. 553. 1981.

CADIOLI, M. C.; SANTIAGO, D. C.; OLIVEIRA, A. D. de; PAES, V. dos S.; ARIEIRA, G. de O.; BAIDA, F. C. Efeito de isolados de *Paecilomyces lilacinus* no desenvolvimento de cafezais e na população de *Meloidogyne paranaensis*. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 713-720. 2009.

CAMPOS, V. P. Perspectivas do controle biológico de fitonematoides parasitas. **Informe Agropecuario**, Belo Horizonte, v. 16, n. 172, p. 26-30. 1992.

\_\_\_\_\_. **Manejo de doenças causadas por fitonematoides**. 1. ed. Lavras: Gráfica Universitária-UFLA, 1999. v. 1. 106p.

CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee, cocoa and tea. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford UK: CAB International, 2005. p. 529-579.

CARNEIRO, R. G. Reação de café 'Icatu' a *Meloidogyne incognita* raça 2 em condições de campo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 19, n. 1-2, p. 53-59. 1995.

CARNEIRO, R. G.; ALTÉIA, A. A. K. Seleção de cafeeiros de *Coffea canephora* resistentes a raças de *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 16, n. 1-2, p. 93. 1992.

CARNEIRO, R. G.; ANTÔNIO, H.; BRITO, J. A.; ALTÉIA, A. A. K. Identificação de espécies e raças fisiológicas de *Meloidogyne* na região noroeste do Estado do Paraná: resultados preliminares. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 14, n. 1, p. 2-3. 1990.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Distribution of *Meloidogyne* spp. on Coffee in Brazil: identification, characterization and intraspecific variability. In: MEJORAMIENTO SOSTENIBLE DEL CAFÉ ARABICA POR LOS RECURSOS GENÉTICOS, ASISTIDO POR LOS MARCADORES MOLECULARES, COM ÉNFASIS EN LA RESISTENCIA A LOS NEMÁTODOS, 2000, Turrialba. **Publicación Especial...** Turrialba: CATIE/IRD, 2000. p. 43-48.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; CARNEIRO, R.G. Enzyme phenotypes of Brazilian population of *Meloidogyne* spp. **Fundamental and applied nematology**, Montrouge, v. 19, n. 6, p. 555-560. 1996.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, R. M. A.; GOMES, A. C. M. M.; HERNANDEZ, A. *Meloidogyne izalcoensis* n. sp. (Nematoda Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee in El Salvador. **Nematology**, Flórida, v. 7, n. 6, p. 819-832. 2005a.

CARNEIRO, R.M.D.G.; ALMEIDA, M.R.A.; QUÉNHERVÉ, P. Enzyme phenotype of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**, Flórida, v. 2, n. 6, p. 645-654. 2000.

CARNEIRO, R.M.D.G.; CARNEIRO, R.G.; ABRANTES, M.O.; SANTOS, M.S.N.A.; ALMEIDA, M.R. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing coffee in Brazil. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 28, n. 2, p. 177-189. 1996.

CARNEIRO, R. M. D. G.; COSTA, S. B.; SOUSA, F. R. de; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. G. Resultados parciais sobre o manejo integrado de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros usando rotação de cultura, controle biológico e resistência genética. In: SIMPÓSIO DE

PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2009.

CARNEIRO R. M. D. G.; MESQUITA L. F. G. de; GONÇALVES W. & PEREIRA A. A. *Pathogenicity of Meloidogyne spp.* (Tylenchida:Meloidogynidae) from Brazil and Central America on two genotypes of *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 33, n. 4, p. 309-312. 2008.

CARNEIRO, R. M. D. G.; RANDIG, O.; ALMEIDA, M. R. A.; GONÇALVES, W. Identificação e caracterização de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiro nos estados de São Paulo e Minas Gerais através dos fenótipos de esterase e SCAR-multiplex-PCR. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 2, p. 233-241. 2005b.

CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P. Detecção de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros do Sul de Minas Gerais. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v. 30, n. 4, p. 507. 2004.

CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A.; NAVES, R. L.; ANDRADE JÚNIOR, W. C.; DUTRA, M. R.; COIMBRA, J. L.; MAXIMINIANO, C.; SILVA, J. R. C. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64. 2008.

CASTRO, J. M. C.; LIMA, R. D.; CARNEIRO, R. M. D. G. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne spp.* provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n. 1, p. 1-12. 2003.

CASTRO, J. M. C.; NAVES, R. L.; CAMPOS, V. P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro na região do Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 5, p. 565. 2003.

COIMBRA, J. L.; CAMPOS, V. P. Efeito de exsudatos de colônias e de filtrados de culturas de actinomicetos na eclosão, motilidade e mortalidade de juvenis do segundo estágio de *M. javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 232 - 238. 2005.

CONAB: Convênio Ministério da Agricultura – Secretaria da Produção e Comercialização. Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2013, janeiro/2013 primeira estimativa. 2013. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13\\_01\\_09\\_17\\_43\\_49\\_boletim\\_cafe\\_janeiro\\_2013.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/13_01_09_17_43_49_boletim_cafe_janeiro_2013.pdf)>. Acesso em: 01 jul. 2013.

CONAB: Convênio Ministério da Agricultura – Secretaria da Produção e Comercialização. Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2014, janeiro/2014 primeira estimativa. 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_01\\_09\\_09\\_18\\_57\\_boletim\\_cafe\\_-\\_original.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_01_09_09_18_57_boletim_cafe_-_original.pdf)>. Acesso em: 28 fev. 2014.

CURI, S. M.; CARVALHO, A.; MORAES, F. P.; MONACO, L. C.; ARRUDA, H. V. de. Novas fontes de resistência genética de *Coffea* no controle do nematoide do cafeeiro, *Meloidogyne exigua*. **O Biológico**, São Paulo, v. 36, n. 10, p. 293-295. 1970.

DIAS, P. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H. S. G.; VIANA, A. P.; GONÇALVES, W.; ANDRADE, W. E. de B. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e do comportamento de

mudas de café (*Coffea arabica*) infectadas ou não por uma população fluminense de *Meloidogyne exigua*. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 1-10. 2009.

DUNCAN, L. W. Current options for nematode management. **Annual Review of Phytopathology**, California, v. 29, p. 469-490. 1991.

ESBENSHADE, P. R.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Use of enzyme phenotypes for identification of *Meloidogyne* species (Nematoda: Tylenchida). **Journal of Nematology**, Riverside, v. 17, p. 6-20. 1985.

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

FASSULIOTIS, G. The role of the nematologist in the development of resistant cultivars. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne: biology and control**. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. v. 1, p. 233-240.

FAZUOLI, L. C.; GONÇALVES, W.; BRAGHINI, M. T.; SILVAROLLA, M. B. Tupi RN IAC 1669-13: cultivar de café com resistência a *Hemileia vastatrix* e ao nematoide *Meloidogyne exigua*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIIRAS, 31, 2005, Guarapari, ES. **Anais...** Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFÉ/PNFC, 2005. p. 228-269.

FAZUOLI, L. C.; LORDELLO, R. R. A. Resistência de *Coffea liberica* e *C. dewevrei* a *Meloidogyne exigua*. In: REUNIÃO DE NEMATOLOGIA, 2, 1977, Piracicaba, SP. **Trabalhos apresentados...** Piracicaba: ESALQ, 1977. p. 197-199.

\_\_\_\_\_. Fontes de resistência em espécies de cafeeiros ao nematoide *Meloidogyne exigua*. In: REUNIÃO DE NEMATOLOGIA, 3, 1978, Mossoró, RN. **Trabalhos apresentados...** Piracicaba: ESALQ, 1978. p. 49-52. 1978.

FAZUOLI, L. C.; MEDINA FILHO, H. P.; GUERREIRO FILHO, O.; GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B.; GALLO, P. B. Cultivares de café selecionadas pelo Instituto Agrônomo de Campinas. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2000. p. 488-493.

FERRAZ, S.; DIAS, C. R.; FREITAS, L. G. de. Controle de nematoides com práticas culturais. In: ZAMBOLIM, L. (ed.) **Manejo integrado Fitossanidade: cultivo protegido, pivô central e plantio direto**. 1. ed. Viçosa: UFV, 2001. v. 1. p. 1-53.

FLOR, H. H. Current status of gene-for-gene concept. **Annual Review of Phytopathology**, California, v. 9, p. 275-296. 1971.

FONSECA, A. F. A. da.; FERRÃO, R. G.; FERRÃO, M. A. G.; VOLPI, P. S.; VERDIN FILHO, A. C.; FAZUOLI, L. C. Cultivares de café Robusta. In: CARVALHO, C. H. S. de. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 255-280.

GHINI, R. Coletor solar para desinfestação de substratos para produção de mudas sadias. **Embrapa Meio Ambiente – Circular Técnica 4**, Jaguariúna, 2004. 5p.

GÓMEZ, L.; GANDARILLA, H.; RODRÍGUEZ, M. G. *Pasteuria penetrans* como agente de controle biológico de *Meloidogyne* spp. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 25, n. 3, 137-149. 2010.

GONÇALVES, W.; FERRAZ, L. C. C. B. Resistência do cafeeiro a nematoides. II. Teste de progênies e híbridos para *Meloidogyne incognita* raça 3,1. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, p. 125-142. 1987.

GONÇALVES, W.; GUERREIRO-FILHO, O.; MEDINA-FILHO, H. P.; CARVALHO, A. Reação de cafeeiros derivados de *Coffea racemosa* a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 16, n. 1 e 2, p. 93. 1992.

GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A. de; FAZUOLI, L. C. Resistência do cafeeiro a nematoides: III. Avaliação da resistência de espécies de *Coffea* e de híbridos interespecíficos a *Meloidogyne incognita* raça 3. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 12, p. 47-54. 1988.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001. p. 199-268.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 54-56. 2007.

GOULART, A. M. C.; SÁ, M. A. C. de. **Controle de nematoides: prevenção e métodos físicos**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2009. Disponível em: <<http://www.cpac.embrapa.br/noticias/artigosmidia/publicados/153/>>. Acesso em: 20 mai. 2013.

HUANG, C. S. Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne: biology and control**. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. v. 1, p. 155-164.

HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula for *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, [S. l.], v. 57, n. 12, p. 1025-1028. 1973.

INTERNATIONAL COFFEE ORGANIZATION (ICO). Statistics. Total production of exporting countries. January, 2014. Disponível em: <http://www.ico.org/prices/po.htm>. Acesso em 01 mar. 2014.

ITO, D. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; SANTIAGO, D. C.; KANAYAMA, F. S.; DEL GROSSI, L. Progênies de café com resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163. 2008.

JATALA, P.; RUSSELL, C. C. Nature of sweet potato resistance to *Meloidogyne incognita* and the effects of temperature on parasitism. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 4, n. 1, p. 1-7. 1972.

KANAYAMA, F. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S. da; RUAS, P. M.; ITO, D. S. Progênies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 5, p. 1321-1326. 2009.

- LIMA, E. A. de.; FURLANETTO, C.; SOUSA, M. G.; MENEZES, A. C. M.; SOUSA, F. R. de.; ALMEIDA, M. R. A.; SERGIO JÚNIOR, A.; FERRÃO, M. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Resistência múltipla e resposta de hipersensibilidade do cafeeiro 'Conilon 14' a *Meloidogyne* spp.. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 8. 2013, Salvador, **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2013.
- LORDELLO, L. G. E. Perdas causadas por nematoides. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.51, n. 3-4, p. 222. 1976.
- MARCUZZO, K. V.; SANTOS, M. A.; JULIATTI, F. C.; MELO, B.; SEVERINO, G. M. Uso de nematicidas no controle de *Meloidogyne incognita* e *M. exigua* em cafeeiro, no município de Indianópolis, MG. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2000. p. 260-261.
- MATA, J. S. da; SERA, T.; ALTÉIA, M. Z.; AZEVEDO, J. A.; FADELLI, S.; PETEK, M. R.; TRILLER, C.; SERA, G. H. Resistência de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) de São Jorge do Patrocínio ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, v.6, p. 34-36. 2002.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Variedades de café. In: MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. (Ed.). **Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações**. Rio de Janeiro/Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. p. 63-98.
- MELO, I. S.; AZEVEDO, J. L. **Controle Biológico**. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2000. v 2, 388 p.
- MITKOWSKI, N. A.; ABAWI, G. S. 2003. **Nematoide das galhas**. Tradução de Everaldo A. Lopes, Rosângela Dallemole-Giaretta, Bruno Sérgio Vieira. Brasil: Fonte Editorial, 2003. Tradução de: Root-knot nematode. Disponível em: <<http://www.apsnet.org/edcenter/intropp/lessons/Nematodes/Pages/RootknotNematodePort.aspx>> Acesso em: 22/03/2013.
- MORERA, N.; LÓPEZ, R. Desarrollo y reproducción de tres poblaciones de *Meloidogyne exigua* Goeldi, 1887, em cafeeiro, cv. Catuai. **Turrialba**, San José, v. 38, n. 1, p. 1-5. 1988.
- MOURA, R.; REGIS, E. M. O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11, p. 215-225. 1987.
- MUNIZ, M. de F. S.; CAMPOS, V. P.; MOITA, A. W.; GONÇALVES, W.; ALMEIDA, M. R. A.; SOUSA, F. R. de.; CARNEIRO, R. M. D. G. Reaction of coffee genotypes to different populations of *Meloidogyne* spp.: detection of a naturally virulent *M. exigua* population. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 34, n. 6, p. 370-378. 2009.
- NEVES, W. S.; FREITAS, L. G.; COUTINHO, M. M.; PARREIRA, D. F.; FERRAZ, S.; COSTA, M. D. Biofumigação do solo com espécies de brássicas para o controle de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 31, n. 3, p. 195-201. 2007.
- NISHIJIMA, M.; SAES, M. S. M.; POSTALI, F. A. S. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, Piracicaba-SP, v. 50, n. 1, p. 069-082, Jan/Mar. 2012.

- NOIR, S.; ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; COMBES, M. C.; LASHERMES, P. Identification of a major gene (*Mex-1*) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, [S. l.], v. 52, p. 97-103. 2003.
- OLIVEIRA, C. M. G. de; GONÇALVES, W.; MONTEIRO, A. R. Espécies de *Meloidogyne* e raças de *M. incognita* em cafezais do estado de São Paulo. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 76, n. 1, p. 155-164. 2001.
- OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, R. D. L.; SILVA, D. G.; SILVA, R. V. Characterization of *Meloidogyne incognita* populations from São Paulo and Minas Gerais state and their pathogenicity on coffee plants. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, n. 3, 190-194. 2011.
- PORTZ, R. L.; STANGARLIN, J. R.; FRANZENER, G.; BALBI-PENA, M. I.; FURLANETTO, C. *Meloidogyne* spp. associadas à cafeicultura em municípios do oeste do Paraná. **Nematologia brasileira**, Piracicaba, v. 30, n. 1, p. 23-27. 2006.
- PRESTON, J. F.; DICKSON D. W.; MARUNIAK, J. E.; NONG, G.; BRITO, J. A.; SCHMIDT, L. M.; GIBLIN-DAVIS, R. M. *Pasteuria* spp.: Systematics and Phylogeny of These Bacterial Parasites of Phytopathogenic Nematodes. **Journal of Nematology**, Riverside, v. 35, n. 2, p. 198-207. 2003.
- RANDIG, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic diversity root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. **Genome**, [S. l.], v. 45, p. 862-870. 2002.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338. 2006.
- RITZINGER, C. H. S. P.; ROCHA, H. S. **Uso da técnica da solarização como alternativa para o preparo do solo ou substrato para produção de mudas isentas de patógenos de solo**. 1. ed. Cruz das Almas: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, 2010. 12 p.
- ROBERTS, P. A. Concepts and Consequences of Resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.) **Plant resistance to parasitic nematodes**. New York: CABI Publishing, 2002. p. 23-41.
- ROBERTS, P. A. Conceptual and practical aspects of variability in root-knot nematodes related to host plant resistance. **Annual Review of Phytopathology**, California, v. 33, p. 199-221. 1995.
- ROESE, A. D.; OLIVEIRA, R. D. de L. Capacidade reprodutiva de *Meloidogyne paranaensis* em espécies de plantas daninhas. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 28, n. 2, p. 137-141. 2004.
- ROESE, A. D.; OLIVEIRA, R. D. de L.; LANES, F. F. de. Reação de cultivares de soja (*Glicine max* L. Merrill) a *Meloidogyne paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 28, n. 2, p. 131-135. 2004.
- ROESE, A. D.; OLIVEIRA, R. D. de L. OLIVEIRA, D. S. Variabilidade Fisiológica em Populações de *Meloidogyne paranaensis*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 1, p. 40-43. 2007.

- RODRIGUES, A. C. F. O.; ABRANTES, I. M. O.; MELILLO, M. T.; BLEVEZACHEO, T. Ultrastructural response of coffee roots to root-knot nematodes, *Meloidogyne exigua* and *M. megadora*. **Nematropica**, Flórida, v. 30, n. 2, p. 201-210. 2000.
- SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 4, p. 413-415. 2005.
- SANTOS, A. **Doenças do café**. 2013. Disponível em: <<http://www.uesb.br/utilitarios/modelos/monta.asp?site=fitopatologia&tex=ControleBiologico.html>> Acesso em: 22 mar. 2013.
- SHARMA, R. D. e VIVALDI, L. J. Controle biológico do nematoide-das-galhas com a bactéria *Pasteuria penetrans*. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 80. Brasília, Embrapa Cerrados, 2003. 13p.
- SCHERER A.; MACHINESKI O.; KRZYZANOWSKI A. A.; YADA I. F. U.; BALOTA E. L. Efeito de fungos micorrízicos e nematófagos no biocontrole de nematoides e na nutrição fosfatada do cafeeiro. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 7., 2011, Araxá. **Anais...** Brasília: EMBRAPA-CAFÉ, 2011.
- SASSER, J. N. FREKMAN, D. W. A world perspective from nematology: the role of the society. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Ed.). **Vistas on nematology**. Maryland: Society of nematologists, 1987. p. 7-14.
- SERA, T.; MATA, J. S. da; ITO, D. S.; DOI, D. S.; SERA, G. H.; AZEVEDO, J. A. de; COTARELLI, V. M. Identificação de cafeeiros resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de Icatu (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, v. 8, p. 20. 2004.
- SERA, G. H.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A. de.; MATA, J. S. da; RIBEIRO-FILHO, C.; DOI, D. S.; ITO, D. S.; FONSECA, I. C. de B. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, n. 2, p. 171-184. 2006.
- SERA, G. H.; SERA, T.; ITO, D. S.; MATA, J. S. da; DOI, D. S.; AZEVEDO, J. A. de; RIBEIRO-FILHO, C. Progênes de *Coffea arabica* cv IPR 100 resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49. 2007.
- SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S. da; ALEGRE, C. R.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S.; KANAYAMA, F. S.; BARRETO, P. C. Reaction of coffee cultivars Tupi IAC 1669-33 and IPR 100 to nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 9, n. 4, p. 293-298. 2009.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, P. S.; FERREIRA, A. O.; RODRIGUES, F. A. Defense responses to *Meloidogyne exigua* in resistant coffee cultivar and non-host plant. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 38, n. 2, p. 114-121. 2013.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIN, L. Primeiro relato de ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 2, p. 187-190. 2009.

STIRLING, G. R. **Biological control of plant parasitic nematodes**: progress problems and prospects. Wallingford, UK: CAB International, 1991. 282 p.

TOMAZINI, M. D.; SILVA, R. A.; OLIVEIRA, C. M. G.; GONÇALVES, W.; FERRAZ, L. C. C. B.; INOMOTO, M. M. Resistência de genótipos de cafeeiros a *Pratylenchus coffeae* e *Meloidogyne incognita*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 2, p. 193-198. 2005.

VILLAIN, L.; ARIBI, J.; RÉVERSAT, G. & ANTHONY, F. A high-throughput method for early screening of coffee (*Coffea spp.*) genotypes for resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne spp.*). **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 128, n. 4, p. 451-458. 2010.

ZHANG, F; SCHMITT, D. P. Relationship of *Meloidogyne konaensis* population densities to coffee growth. **Plant Disease**, [S. l.], v. 79, n. 5, p. 446-449. 1995.