



UNIVERSIDADE  
ESTADUAL DE LONDRINA

---

GEOVANA DE SOUZA YOP

**DESENVOLVIMENTO E REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne paranaensis* E *M. exigua* EM *Coffea arabica***

---

Londrina  
2023

GEOVANA DE SOUZA YOP

**DESENVOLVIMENTO E REPRODUÇÃO DE *Meloidogyne paranaensis* E *M. exigua* EM *Coffea arabica***

Dissertação apresentada ao Departamento de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup>. Débora Cristina Santiago

Co-orientador: Dr. Juarez Pires Tomaz

Londrina  
2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do Programa de Geração Automática do Sistema de Bibliotecas da UEL

Yop, Geovana de Souza.

Desenvolvimento e reprodução de *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* / Geovana de Souza Yop. - Londrina, 2023.  
45 f.

Orientador: Débora Cristina Santiago.

Coorientador: Juarez Pires Tomaz.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2023.  
Inclui bibliografia.

1. Nematóide das galhas - Tese. 2. *Coffea arabica* - Tese. 3. Desenvolvimento - Tese. 4. Reprodução - Tese. I. Cristina Santiago, Débora . II. Pires Tomaz, Juarez . III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU 63

GEOVANA DE SOUZA YOP

**DESENVOLVIMENTO E REPRODUÇÃO DE**  
***Meloidogyne paranaensis* E *M. exigua* EM *Coffea arabica***

Dissertação apresentada ao Departamento de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade Estadual de Londrina, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia

---

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Débora Cristina Santiago  
Universidade Estadual de Londrina - UEL

---

Dr. Inorbert de Melo Lima  
Instituto Capixaba de Pesquisa,  
Assistência  
Técnica e Extensão Rural - INCAPER

---

Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria Amelia dos Santos  
Universidade Federal de Uberlândia - UFU

Londrina, 28 de fevereiro de 2023.

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela minha vida e por me permitir ultrapassar todos os obstáculos encontrados ao longo da realização deste trabalho e alcançar os meus objetivos.

A minha família por todo o apoio, em especial, meus pais, sem eles eu não teria chegado até aqui. Ao Adriano Bortolucci que sempre esteve ao meu lado, me incentivando e apoiando.

A todos os professores da Universidade Estadual de Londrina - UEL, Londrina - PR, pela dedicação; pelos esclarecimentos e conhecimentos ofertados ao longo do curso.

Agradeço em especial a Prof. Dr<sup>a</sup>. Débora Cristina Santiago e o Dr. Juarez Pires Tomaz pela orientação, oportunidade, paciência, incentivo, ensinamento e profissionalismo de ambos.

Agradeço a parceria do Instituto de Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR-EMATER, IDR-Paraná, em especial, a Dr<sup>a</sup>. Andressa Cristina Zamboni Machado e ao Santino Aleandro da Silva pelo apoio na realização dos experimentos e pelos ensinamentos repassados.

Aos amigos, que sempre estiveram ao meu lado, pelo apoio demonstrado ao longo desta jornada.

Ao pessoal do laboratório de Biotecnologia e Nematologia do IDR-Paraná que estiveram comigo me ajudando e incentivando.

A todas as pessoas que contribuíram para a realização deste trabalho!

Yop, Geovana de Souza. **Desenvolvimento e reprodução de *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica***. 2023. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2023.

## RESUMO

*Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* são as duas espécies de nematoides das galhas que mais causam danos à cafeicultura brasileira, o primeiro por ser a espécie mais agressiva e o segundo por ser o mais distribuído nas regiões produtoras do país. O objetivo desse trabalho foi avaliar o desenvolvimento e a reprodução de *M. paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho, pela avaliação da penetração, do desenvolvimento de juvenis e da reprodução de ambas as espécies. Para a avaliação da penetração e do desenvolvimento dos juvenis, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 (2 espécies de nematoide x 6 períodos de avaliação), sendo as avaliações realizadas aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após a inoculação (DAI), com cinco repetições. Plantas com três pares de folhas foram transplantadas para vasos de 500 mL e inoculadas 13 dias após o transplante com suspensão de inóculo contendo 3.000 ovos e/ou juvenis de segundo estágio (J2s). Em cada período, as raízes foram coradas com fucsina ácida para contagem dos espécimes nos estágios J2 pré-parasita, J2 parasita, J3, J4, fêmea imatura e fêmea madura. Os dados foram submetidos à análise de regressão, ajustados para o modelo binominal negativo sem interação. Para a avaliação da multiplicação do nematoide, o delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 6 (2 espécies de nematoide x 6 períodos de avaliação), com cinco repetições. As plantas com três pares de folhas foram transplantadas para vasos de 945 mL e inoculadas 13 dias após o transplante. Foram inoculados 1.000 ovos e/ou J2s (população inicial =  $P_i$ ) e os períodos de avaliação foram 60, 90, 120, 150, 180 e 210 DAI, sendo obtida a população final dos nematoides ( $P_f$ ) em cada período para estimativa do número de nematoides por grama de raiz ( $Nema.g^{-1}$ ) e fator de reprodução (FR). Os dados foram submetidos à análise de variância, sendo adotado o modelo cúbico incompleto para ambas as espécies. O fechamento do ciclo ocorreu em 10 dias, independente da espécie avaliada, porém *M. paranaensis* penetra mais rápido na raiz do que *M. exigua*. Em relação à reprodução, apesar do intervalo de confiança mostrar que se deve realizar as avaliações entre 113 e 172 DAI, para  $Nema.g^{-1}$ , e 135 e 190 DAI para FR, recomendamos que os experimentos com ambas as espécies em café sejam avaliados entre 120 e 150 DAI, pois, esse intervalo fornece maior confiabilidade nos resultados em estudos de interação entre *C. arabica* e nematoides das galhas.

**Palavras-chave:** Café; Fenotipagem; Fator de reprodução; Nematoide das galhas.

Yop, Geovana de Souza. **Development and reproduction of *Meloidogyne paranaensis* and *M. exigua* in *Coffea arabica***. 2023. 43 p. Dissertation (Master's in Agronomy) - State University of Londrina, Londrina, 2023.

## ABSTRACT

*Meloidogyne paranaensis* and *M. exigua* are the two species of root-knot nematodes that cause most damage to Brazilian coffee production, the first being the most aggressive species and the second being the most distributed in the producing regions of the country. The objective of this work was to evaluate the development and reproduction of *M. paranaensis* and *M. exigua* in *Coffea arabica* cv. Catuaí Vermelho, by evaluating penetration, juvenile development and reproduction of both species. For the evaluation of penetration and development of juveniles, the experimental design was completely randomized, in a 2 x 6 factorial scheme (2 species of nematode x 6 evaluation periods), with evaluations carried out at 5, 10, 15, 20, 25 and 30 days after inoculation (DAI), with five replications. Plants with three pairs of leaves were transplanted into 500 mL pots and inoculated 13 days after transplantation with an inoculum suspension containing 3,000 eggs and/or second-stage juveniles (J2). In each period, the roots were stained with acid fuchsin to count the specimens in the stages J2 pre-parasite, J2 parasite, J3, J4, immature female and mature female. Data were submitted to regression analysis, adjusted for the negative binomial model without interaction. For the evaluation of nematode multiplication, the experimental design was completely randomized, in a 2 x 6 factorial scheme (2 nematode species x 6 evaluation periods), with five replications. Plants with three pairs of leaves were transplanted into 945 mL pots and inoculated 13 days after transplanting. 1,000 eggs and/or J2 were inoculated (initial population = IP) and the evaluation periods were 60, 90, 120, 150, 180 and 210 DAI, obtaining the final population of nematodes (FP) in each period to estimate the number of nematodes per gram of root (Nema.g-1) and reproduction factor (RF). Data were submitted to analysis of variance, using the incomplete cubic model for both. *M. paranaensis* presented cycle closure at 15 DAI and *M. exigua* at 20 DAI. Regarding species reproduction, despite the confidence interval showing that evaluations between 113 and 172 DAI should be carried out, for Nema.g-1, and 135 and 190 DAI for RF, we recommend that experiments with these nematodes in coffee be evaluated between 120 and 150 DAI, since this interval provides greater reliability in the phenotyping results for both nematodes evaluated.

Keywords: Coffee; Phenotyping; Reproduction factor; Root-knot nematode.

## LISTA DE FIGURAS

- Figura 1** – Diagrama do ciclo de vida de nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. (Adaptado de Castagnone-Sereno et al. (2013) ..... 16
- Figura 2** – Estádios de desenvolvimento de *Meloidogyne* spp. (Adaptado de Ferraz e Brown, 2016) ..... 22
- Figura 3** – Curva de ajuste (CA) comportamental do número de nematoides totais de *Meloidogyne paranaensis* (Mp) e *M. exigua* (Me) na cultivar de *Coffea arabica* Catuaí Vermelho ao longo do ciclo reprodutivo dos nematoides ..... 27
- Figura 4** – Curva de análise de regressão realiza com os dados de número de nematoides por grama de raiz (Nema.g<sup>-1</sup>) de *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho aos 60, 90, 120, 150 e 180 dias após a inoculação (DAI) ..... 31
- Figura 5** – Curva da análise de regressão realizada com os dados de fator de reprodução (FR) de *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI)..... 33
- Figura 6** – Desenvolvimento do sistema radicular estimado pela massa fresca de raiz (MFR) ao longo do período avaliado (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI) para *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho ..... 36
- Figura 7** – Desenvolvimento do sistema radicular estimado pela massa fresca de raiz (MFR) ao longo do período avaliado (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI) para *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho ..... 36
- Figura 8** – Desenvolvimento do sistema radicular estimado pela massa fresca de raiz (MFR) ao longo do período avaliado (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI)) para *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* em *Coffea arabica* cultivar Catuaí Vermelho ..... 37

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1</b> – Reagentes e respectivas quantidades para preparo das soluções utilizadas para coloração dos nematoides presentes no interior das raízes com fucsina ácida (adaptado de Byrd et al., 1983).....	21
<b>Tabela 2</b> – Número de nematoides em diferentes estágios de desenvolvimento de <i>Meloidogyne paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> em raízes de <i>Coffea arabica</i> cultivar Catuaí Vermelho aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após a inoculação (DAI).....	26
<b>Tabela 3</b> –Fator de reprodução (FR) e número de nematoides por grama de raízes (Nema.g <sup>-1</sup> ) de <i>Meloidogyne paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> e Massa fresca de raiz (MFR) de <i>Coffea arabica</i> cultivar Catuaí Vermelho aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI).....	29
<b>Tabela 4</b> – Quadro da análise de variância para os dados de número de nematoides por grama de raiz (Nema.g <sup>-1</sup> ) na análise fatorial entre datas de avaliação e tratamento com <i>Meloidogyne paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> em <i>Coffea arabica</i> cultivar Catuaí Vermelho.....	30
<b>Tabela 5</b> – Parâmetros estimados ( $B_0$ , $B_1$ e $x_i$ ) para o ajuste do modelo reparametrizado utilizado para avaliação dos nematoides <i>Meloidogyne paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> avaliados, em função do número de nematoides por grama de raiz (Nema.g <sup>-1</sup> ) em <i>Coffea arabica</i> cultivar Catuaí vermelho.....	30
<b>Tabela 6</b> – Quadro da análise de variância para fator de reprodução (FR) na análise fatorial entre datas de avaliação e tratamento com <i>Meloidogyne paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> em <i>Coffea arabica</i> cultivar Catuaí Vermelho.....	32
<b>Tabela 7</b> – Parâmetros estimados ( $B_0$ , $B_1$ e $x_i$ ) para o ajuste do modelo reparametrizado utilizado para avaliação dos nematoides <i>Meloidogyne paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> , em função do fator de reprodução (FR) em <i>Coffea arabica</i> cultivar Catuaí Vermelho.....	32

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CA	Curva Ajustada
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
DAI	Dias Após a Inoculação
FR	Fator de Reprodução
IOC	International Coffee Organization
J1	Juvenil de 1º estágio
J2	Juvenil de 2º estágio
J3	Juvenil de 3º estágio
J4	Juvenil de 4º estágio
<i>Me</i>	<i>Meloidogyne exigua</i>
<i>Mp</i>	<i>Meloidogyne paranaensis</i>
MFR	Massa Fresca de Raiz
Nema.g <sup>-1</sup>	Nematoides por Grama de Raiz
PI	População Inicial
PF	População final

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b> .....	11
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	13
2.1	ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO CAFÉ.....	13
2.2	FITONEMATOIDES.....	13
2.2.1	Gênero <i>Meloidogyne</i> spp. ....	14
2.2.2	<i>Meloidogyne</i> spp. na cafeicultura.....	17
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	20
3.1	Obtenção, Quantificação e Inoculação dos Nematoides.....	20
3.2	Avaliação da Penetração e do Desenvolvimento de Juvenis de <i>M. paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> na Cultivar Catuaí Vermelho .....	20
3.2.1	Instalação de condução do experimento.....	20
3.2.2	Coloração das raízes e avaliações.....	21
3.3	Avaliação da Reprodução de <i>M. paranaensis</i> e <i>M. exigua</i> na Cultivar Catuaí Vermelho.....	22
3.3.1	Instalação e condução do experimento.....	23
3.3.2	Avaliação da Reprodução. ....	23
3.4	Análises Estatísticas .....	24
<b>4</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	25
<b>5</b>	<b>DISCUSSÃO</b> .....	34
<b>6</b>	<b>CONCLUSÕES</b> .....	39
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	40

## 1 1 INTRODUÇÃO

2 O Brasil destaca-se como maior produtor de café total e café arábica  
3 do mundo, sendo Minas Gerais o maior produtor nacional, seguido por Espírito  
4 Santo, São Paulo, Bahia, Rondônia e Paraná (CONAB, 2022). As principais  
5 espécies cultivadas no Brasil são *Coffea arabica* L. e *C. canephora* P., denominadas  
6 como café arábica e café robusta, respectivamente. *Carabica* é a espécie mais  
7 comercializada e consumida no mundo. Esta apresenta valor de mercado mais alto  
8 comparado com ao café robusta, além de possuir melhor qualidade sensorial.

9 Embora tamanha notoriedade, a cultura não alcança todo seu  
10 potencial produtivo devido à ocorrência de intempéries abióticas e bióticas. Dentre  
11 as últimas, os nematoides são vilões significativos da perda de produtividade, pois  
12 comprometem o desenvolvimento das plantas, visto que as raízes, local preferencial  
13 de parasitismo, são fundamentais para o suporte e absorção de nutrientes e água,  
14 além de outras funções fisiológicas. Para mais, o cafeeiro está sujeito ao parasitismo  
15 dos nematoides por longo período, incluindo todas as fases da cultura no campo,  
16 devido ao fato de ser uma cultura perene.

17 O gênero *Meloidogyne*, conhecido como “nematoide das galhas”, é  
18 considerado o mais prejudicial para a cultura, visto que ataca severamente o sistema  
19 radicular, limitando a manutenção das áreas cafeeiras infestadas e a implantação  
20 de novos cultivos, ocasionando perdas na produtividade e até a morte da planta.

21 *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* representam as espécies  
22 mais importantes de nematoides das galhas para a cafeicultura brasileira. Em  
23 relação à distribuição geográfica, *M. paranaensis* encontra-se distribuído nos  
24 Estados de Goiás, Minas Gerais, Paraná e São Paulo, enquanto *M. exigua* é  
25 amplamente disseminado em todas as regiões cafeeiras brasileiras.

26 Diante deste cenário, estratégias de manejo com o objetivo de  
27 reduzir níveis populacionais de nematoides se fazem necessárias, planejado com a  
28 integração de vários métodos tais como uso de nematicidas químicos e biológicos,  
29 manejo do solo, rotação com culturas não hospedeiras e utilização de cultivares  
30 resistentes e/ou baixo fator de reprodução.

31 A utilização de cultivares resistentes é considerada um dos meio de  
32 controle mais eficiente e economicamente viável, porém, nota-se que nos

33 programas de melhoramento genético há ausência de padronização em relação aos  
34 períodos efetivos de avaliação, principalmente para espécies perenes, como o café.

35 Um dos critérios para avaliar a resistência à fitonematoides é  
36 mensurar as taxas reprodutivas dos mesmos em seus hospedeiros. A agressividade  
37 dos nematoides nada mais é do que a capacidade de se reproduzir em hospedeiro  
38 suscetível, dimensionada pelo seu fator de reprodução. Pesquisas que relatam a  
39 agressividade, o desenvolvimento e a penetração em função do tempo de  
40 desenvolvimento de *Meloidogyne* em culturas de café ainda são escassas. Conforme  
41 o exposto, objetivou-se avaliar o desenvolvimento e a reprodução de *M. paranaensis*  
42 e *M. exigua*, principais nematoides das galhas que ocasionam danos à cultura de *C.*  
43 *arabica* no Brasil.

## 44 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 45 2.1 ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DO CAFÉ

46 O cafeeiro faz parte da família Rubiaceae, do gênero *Coffea*, que  
47 abrange 124 espécies (DAVIS et al., 2011), porém apenas *C. arabica* e *C.*  
48 *canephora* são as espécies cultivadas comercialmente, sendo a maior produção  
49 pela espécie arábica (CONAB, 2022).

50 Proveniente do continente africano, mais especificamente do Sudão  
51 e da Etiópia, *C. arabica* foi introduzido no Brasil em 1727 no Estado do Pará, onde  
52 encontrou condições climáticas favoráveis para o desenvolvimento, se espalhando  
53 rapidamente pelo país, sendo posteriormente cultivado no Maranhão, Bahia, Rio de  
54 Janeiro, São Paulo, Paraná e Minas Gerais (MATIELLO et al., 2005; ABIC, 2009).

55 Atualmente o Brasil é o maior produtor e exportador de café no  
56 mundo (IOC, 2020). Segundo a Conab, em 2021 a área plantada correspondia a  
57 2,162 milhões de hectares, incluindo as espécies arábica e conilon (CONAB, 2021).  
58 No 3º levantamento realizado em 2022, a área plantada chegou a 2,24 milhões de  
59 hectares, o que representa aumento de 1,9% em comparação à safra anterior  
60 (CONAB, 2022).

61 A área estimada para o cultivo de café arábica na safra de 2022 é  
62 de 1.816,7 mil hectares, correspondendo a quase 81% da área total destinada à  
63 cafeicultura nacional. A produtividade média esperada é de 22,3 sacas por hectare,  
64 1,8% superior à da safra passada (CONAB, 2022). Em relação à exportação, o café  
65 representa 5,3% do agronegócio brasileiro, tendo papel de destaque junto com  
66 grãos (42,1%), florestas (13,3%), setor sucroenergético (6,5%) e carnes (17,1%)  
67 (FÁVARO, 2020).

68 Embora apresente tamanha notoriedade, a cafeicultura brasileira  
69 enfrenta diversos desafios, principalmente devido a adversidades abióticas e  
70 bióticas que assolam as lavouras. Dentre os fatores bióticos que reduzem a  
71 produção de café arábica destaca-se a presença dos nematoides, considerados  
72 como principal fator limitante de produção da cultura, levando em consideração a  
73 espécie e o nível de infestação na lavoura (CONTARATO et al., 2014; PIZETTA et  
74 al., 2016).

75

### 76 2.2 FITONEMATOIDES

77

78 Os nematoides são vermes microscópicos que medem de 0,2 a 3,0  
79 mm de comprimento, portanto, não podem ser vistos a olho nu. Podem ser de vida  
80 livre, não causando danos a outras espécies; podem alimentar-se de restos de  
81 outros animais ou plantas, sendo estes chamados de saprófitos; e podem ser  
82 parasitas de animais e plantas, sendo estes últimos denominados fitonematoides  
83 (MACHADO, 2006; FERRAZ e BROWN, 2016).

84 Os fitonematoides possuem, geralmente, estilete, estrutura que  
85 garante a penetração no tecido vegetal, e formato filiforme, embora haja casos em  
86 que há mudança na forma do corpo para formato aberrante, como por exemplo os  
87 gêneros *Meloidogyne* e *Heterodera* (FERRAZ e BROWN, 2016).

88 A maioria tem como preferência o parasitismo do sistema radicular  
89 das plantas e parasita grandes culturas como soja, café, tomate entre outras, em  
90 diversos Estados brasileiros. Além disso, também é causador de danos  
91 consideráveis em plantas ornamentais. Há também os fitonematoides que parasitam  
92 órgãos subterrâneos, rizomas, frutos hipógeos e órgãos aéreos das plantas  
93 (MACHADO, 2006; FERRAZ e BROWN, 2016).

94 O ciclo de vida dos fitonematoides consiste em: ovo, quatro estádios  
95 juvenis (J1 a J4) e adultos, macho e fêmea. A reprodução ocorre, comumente, por  
96 anfigimixia, encontro gamético entre macho e fêmea. Há também a reprodução por  
97 partenogênese, na qual não há fecundação, pois não ocorre participação do macho,  
98 e, neste processo, espera-se que não ocorra variabilidade genética. Há existência  
99 também de hermafroditismo em alguns gêneros, porém são casos mais raros  
100 (AGRIOS, 2005; FERRAZ e BROWN, 2016).

101 Existem diversos gêneros de fitonematoides que causam danos  
102 significativos para a produção agrícola, sendo que cada gênero dispõe de uma  
103 especificidade e adaptação em uma cultura. Dados coletados em 2015, em 14  
104 países e 40 culturas, estimam perdas causadas por nematoides em torno de 13,5%  
105 ao ano, resultando em prejuízos na ordem de 358,24 bilhões de dólares (EMBRAPA,  
106 2018).

107

108 2.2.1 Gênero *Meloidogyne*

109

110 Em 1855, em Berkeley, na Inglaterra, relatou-se a primeira  
111 incidência de plantas infectadas por nematoides e descobriu-se que havia  
112 associação entre um pequeno verme do solo com a formação de nódulos nas raízes  
113 de pepino (FERRAZ e BROWN, 2016; MOURA, 1996). No Brasil, em 1877, Joubert  
114 constatou o primeiro relato de tumores em raízes de cafezais (FERRAZ e  
115 MONTEIRO, 1995).

116 Logo após, Emílio Goeldi, em 1887, denominou este parasita como  
117 *Meloidogyne exigua*, estabelecendo então o gênero *Meloidogyne*, palavra que vem  
118 do grego *melon*, que significa maçã ou fruto do cabaceiro, *oid* (semelhante) e *gyne*  
119 (fêmea) (TIHOHOD, 1993). Com o decorrer dos anos, novas espécies foram  
120 descritas e o gênero tornou-se o de maior importância econômica e de maior  
121 interesse no mundo (FERRAZ, 2001).

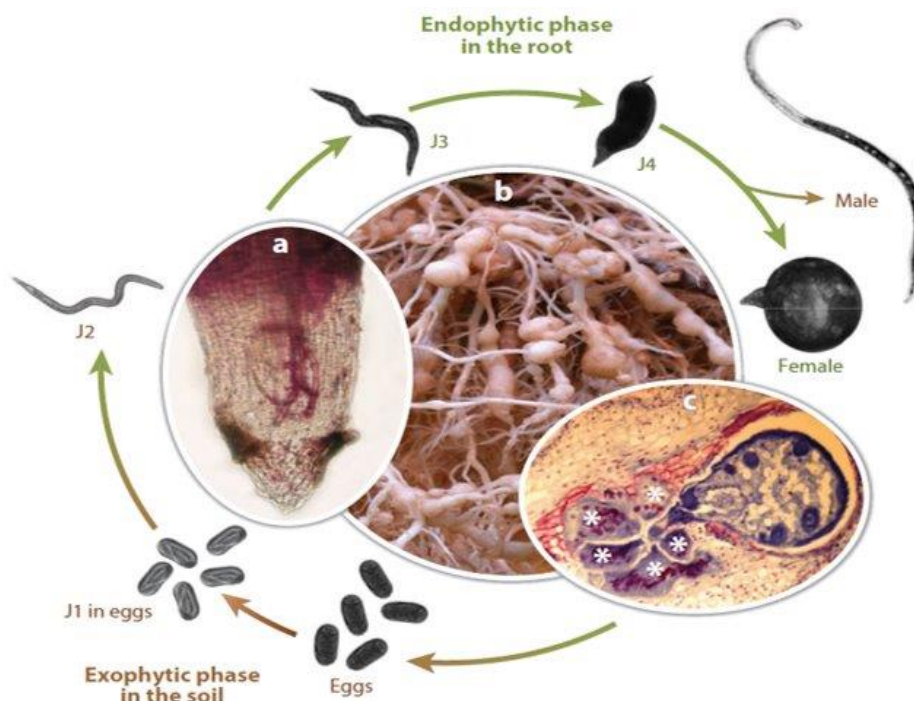
122 *Meloidogyne* pertence à classe Chromadorea e à família  
123 Meloidogynidae (DE LEY e BLAXTER, 2002). As espécies desse gênero são  
124 conhecidas como nematoides das galhas e estão entre os parasitas  
125 economicamente mais importantes para a agricultura, pois possuem ampla  
126 distribuição geográfica, além de muitas vezes, serem altamente agressivos. Muitas  
127 vezes interagem com outros patógenos de plantas formando complexos de  
128 doenças, são de difícil controle e causam queda na produção e na qualidade de  
129 várias culturas economicamente importantes, possuindo mais de 90 espécies  
130 descritas (HUNT e HANDOO, 2009; STROZE, 2012).

131 Os nematoides das galhas possuem alto grau de polifagia, são  
132 endoparasitas obrigatórios, sedentários e possuem como característica o  
133 dimorfismo sexual. As diferenças na forma do corpo das fêmeas e machos são  
134 estabelecidas durante o desenvolvimento pós-embrionário. As espécies de  
135 *Meloidogyne* apresentam o mesmo ciclo de vida, porém a diferenciação sexual, a  
136 reprodução e a fecundidade dos mesmos são afetadas por fatores ambientais e pela  
137 espécie vegetal à qual estão associados (MOURA 1996; GOMES, 2006; STROZE,  
138 2012).

139 Os danos às plantas se devem à capacidade de parasitarem o  
140 sistema radicular, pela introdução do estilete, cujo objetivo é obter alimentos para  
141 completar o ciclo de vida, permitindo ainda que sejam injetadas secreções das  
142 glândulas esofagianas (substâncias tóxicas) (CHARCHAR, 1999).

143 Assim como a maioria dos fitonematoides, o ciclo de vida da das

144 espécies do gênero *Meloidogyne* consiste em seis estádios de desenvolvimento:  
 145 ovo, juvenis (J1, J2, J3, J4) e adultos (Figura 1) (OLIVEIRA e ROSA, 2018).  
 146



147

148

149 **Figura 1** – Diagrama do ciclo de vida de nematoides do gênero *Meloidogyne*  
 150 (Adaptado de Castagnone-Sereno et al. (2013)).  
 151

152

153 O ovo é depositado pela fêmea e seu desenvolvimento ocorre  
 154 poucas horas após a oviposição até a formação do juvenil de primeiro estágio (J1),  
 155 que, ao trocar de cutícula, ainda no interior do ovo, torna-se juvenil de segundo  
 156 estágio (J2). Ocorre então a eclosão dos J2s (OLIVEIRA e ROSA, 2018), que é a  
 157 forma de maior preocupação econômica, devido ao fato de ser a fase infectante,  
 158 pois migram no solo à procura de raízes de plantas suscetíveis, atraídos por  
 159 exsudatos que emanam das raízes dos hospedeiros (GOMES, 2006; STROZE  
 2012; OLIVEIRA e ROSA, 2018).

160

161 A penetração ocorre na região meristemática da raiz, por meio da  
 162 perfuração pelo estilete. Encontrando um sítio de alimentação no parênquima  
 163 vascular, os J2s injetam substâncias que modificam algumas células próximas à  
 164 região dos vasos condutores. À medida em que estes se alimentam e se  
 165 desenvolvem, causam hiperplasia e hipertrofia originando as células gigantes  
 multinucleadas no parênquima vegetal (MOURA, 1996; FERRAZ, 2001; OLIVEIRA;

166 ROSA, 2018).

167                   Para atingir sua forma adulta, os nematoides se nutrem das células  
168 vegetais gigantes, passando pelas fases de juvenil de terceiro estágio (J3) e juvenil  
169 de quarto estágio (J4). A partir desta, há a degeneração do estilete e do esôfago  
170 destes indivíduos. Após o desenvolvimento embrionário, as fêmeas se tornam  
171 obesas, com formato de pera (piriforme), podendo gerar de 800 a 2.850 ovos e os  
172 machos, quando presentes, apresentam aspecto filiforme com hábito migrador e  
173 deixam as raízes (MANZANILLA-LÓPEZ et al., 2004; FERRAZ e BROWN, 2016).

174                   A reprodução dos nematoides das galhas ocorre por via assexual,  
175 não ocorrendo meiose, dependendo da espécie (KALOSHIAN e TEIXEIRA, 2019).  
176 Dois modos de reprodução são conhecidos em *Meloidogyne*, anfimixia e  
177 partenogênese. Nas espécies anfimíticas, os machos são frequentes e ativos  
178 sexualmente, ou seja, se movem na busca de fêmeas e copulam ao encontrá-las, o  
179 que ocorre com a espécie *M. exigua* (COOK e EVANS, 1987).

180                   Já nas espécies que se reproduzem por partenogênese mitótica  
181 obrigatória, machos normais (com um só testículo) são raros; entretanto, sob  
182 condição de superpopulação ou devido a algum tipo de estresse como: condições  
183 ambientais desfavoráveis, elevada população de nematoides na raiz ou resistência  
184 da planta hospedeira, machos atípicos (apresentando dois testículos) podem ser  
185 encontrados, sendo resultantes de processo de reversão sexual que ocorre em  
186 juvenis femininos ainda não completamente desenvolvidos. Exemplos desse tipo de  
187 reprodução são: *M. paranaensis*, *M. incognita* e *M. javanica* (FREITAS et al., 2006;  
188 FERRAZ e BROWN, 2016).

189                   O ciclo reprodutivo pode variar entre 20 e 45 dias, dependendo da  
190 cultura hospedeira e das condições de umidade e temperaturas entre 25 e 30 °C.  
191 Temperaturas acima de 40 °C e abaixo de 5 °C diminuem as atividades vitais desses  
192 indivíduos (BRASS et al., 2008; FERRAZ e BROWN, 2016). A temperatura pode  
193 influenciar tanto a embriogênese, o desenvolvimento, a eclosão, a mobilidade e a  
194 distribuição geográfica do nematoide, como também o crescimento do hospedeiro,  
195 causando modificações morfológicas e fisiológicas (STROZE, 2012).

196

197                   2.2.2 *Meloidogyne* spp. na cafeicultura

198

199 Dentre os diversos fatores que causam prejuízos e perdas na  
200 produtividade na cultura do café estão os fitonematoides. O gênero *Meloidogyne*,  
201 conhecido como nematoides das galhas, apresenta maior destaque (ITO et al.,  
202 2012).

203 Os nematoides deste gênero danificam drasticamente a integridade  
204 das raízes do cafeeiro apresentando sintomas como galhas típicas arredondadas  
205 em raízes superficiais e mais novas, como as infecções são causadas por *M. exigua*  
206 (LORDELLO, 1984), ou descorticamento e escamações na superfície das raízes,  
207 com aspecto de cortiça, rachaduras e pontos de lesões necróticas, que são  
208 característicos de infecções causadas por *M. incognita* e *M. paranaensis*  
209 (SALGADO et al., 2011). Os sintomas visíveis na parte aérea das plantas são  
210 clorose, desfolhamento, reboleiras, seca de ramos plagiotrópicos, redução no  
211 crescimento e, em alguns casos, morte da planta (FERRAZ e MONTEIRO, 2011).

212 As perdas econômicas causadas pelos nematoides deste gênero  
213 alcançam 45% de redução na produção na cafeicultura (OLIVEIRA e ROSA, 2018).  
214 As espécies que atacam a cultura do café no Brasil são: *M. exigua*, *M. coffeicola*, *M.*  
215 *incognita* e *M. paranaensis* (MESQUITA et al., 2016). Dentre estas, destaca-se *M.*  
216 *exigua*, por ocorrer em praticamente todas as regiões produtoras, e *M. paranaensis*,  
217 por ocasionar os maiores prejuízos (CAMPOS e VILLAIN, 2005), tornando-se,  
218 assim, as principais espécies com efeito significativo na produtividade da  
219 cafeicultura brasileira.

220 *Meloidogyne paranaensis* é extremamente agressivo em relação a  
221 outros nematoides do mesmo gênero e causa danos nas raízes do café, podendo  
222 também apresentar efeitos visuais na parte aérea da planta (CARNEIRO e  
223 COFCEWICZ, 2008). Apesar de ocasionar danos principalmente na cultura do café,  
224 também é relatado em outras culturas como tomate, algodão e quiabo, ocasionando  
225 danos como rachaduras, engrossamento (galhas) e degradação nos tecidos  
226 corticais. Quando se encontra no estágio de fêmea madura, observam-se manchas  
227 necróticas ao longo da raiz (ZAMBOLIM et al., 2005). Este nematoide apresenta  
228 elevado risco à produção brasileira de café, por ser encontrado em várias regiões  
229 produtoras, como Minas Gerais, local de maior produção de café no Brasil, com  
230 destaque para a região do sul do Estado (CARVALHO, 2008).

231 *Meloidogyne exigua* não é o patógeno mais agressivo dentro de seu  
232 gênero, porém é considerada a espécie que mais causa danos nos cafezais do país

233 (SILVA et al., 2006). Isto se deve à sua ampla disseminação por todas as regiões  
234 produtoras de café, o que causa perda significativa na rentabilidade nacional  
235 (OLIVEIRA et al., 2005). Segundo Costa et al. (2013), *M. exigua* foi encontrado em  
236 95% dos cafezais do Estado de Minas Gerais, maior produtor nacional.  
237

### 238 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 239 3.1 Obtenção, Quantificação e Inoculação dos Nematoides

240

241 A população de *M. paranaensis* utilizada como inóculo nos experimentos foi  
242 obtida no município de Londrina (Paraná, Brasil) e multiplicada rotineiramente em  
243 café cv. Mundo Novo. A confirmação específica de *M. paranaensis* foi realizada pela  
244 análise de fenótipo de  $\alpha$ -esterase (CARNEIRO e ALMEIDA, 2000). Sessenta dias  
245 antes do início do experimento, ovos de *M. paranaensis* foram extraídos de raízes de  
246 plantas de café e inoculados em plantas de tomate cultivar Santa Clara, para  
247 obtenção da quantidade necessária de inóculo para o experimento. A população de  
248 *M. exigua*, obtida de plantas de café no município de Lavras - MG, foi identificada  
249 pela fenotipagem de  $\alpha$ -esterase de acordo com Carneiro e Almeida (2000),  
250 confirmada com marcadores SCAR-PCR (RANDING et al., 2002) e multiplicada em  
251 *Coffea arabica* cv. Mundo Novo.

252 Os inóculos foram obtidos pela extração de ovos e J2 a partir das raízes de  
253 tomateiro e café pela metodologia descrita por Boneti e Ferraz, 1981: as raízes foram  
254 lavadas, em seguida cortadas e trituradas em liquidificador com solução de 0,5% de  
255 hipoclorito de sódio. Os nematoides extraídos foram quantificados em microscópio  
256 de luz, com auxílio de câmara de Peters para determinação da concentração e  
257 posteriormente inoculados. Foram inoculados 1.000 ou 3.000 ovos e/ou J2 de *M.*  
258 *paranaensis* (população inicial = Pi), para a avaliação da multiplicação do nematoide  
259 (fator de reprodução) e do desenvolvimento (coloração das raízes), respectivamente,  
260 aplicados diretamente no colo das plantas.

261

#### 262 3.2 Avaliação da Penetração e do Desenvolvimento de Juvenis de *M. paranaensis* e 263 *M. exigua* na Cultivar Catuaí Vermelho

264

##### 265 3.2.1 Instalação de condução do experimento

266

267 O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de  
268 Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR/EMATER, em Londrina, PR, Brasil

269 (23°21'20,0"S; 51°09'58,2"O), entre os meses de novembro de 2021 a janeiro de  
 270 2022. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema  
 271 fatorial 2 x 6, com cinco repetições. Os fatores consistiram em duas espécies de  
 272 nematoide (*M. paranaensis* e *M. exigua*) e seis períodos de avaliação após a  
 273 inoculação dos nematoides (5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias). A temperatura máxima e  
 274 mínima durante o período experimental foi de 45° e 21°C respectivamente.

275 As mudas de café foram obtidas pela semeadura em germinadores contendo  
 276 areia. As plantas no estágio cotiledonar com três pares de folhas foram  
 277 transplantadas para vasos com capacidade de 500 mL, contendo substrato composto  
 278 por mistura de Latossolo vermelho distrófico e areia na proporção de 1:3,  
 279 previamente esterilizado em estufa a 160 °C por 3 horas e umidade próxima da  
 280 capacidade de campo. A adubação foi realizada com a aplicação de 2 g de  
 281 Osmocote Plus® (15% N, 9% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12% K<sub>2</sub>O, 1% Mg, 2,3% S, 0,05%Cu, 0,45 %  
 282 Fe, 0,06% Mn, 0,02% Mo) por planta, no momento do transplante. Após 13 dias, as  
 283 plantas foram inoculadas com 3.000 ovos e J2 de cada nematoide.

284

### 285 3.2.2 Coloração das raízes e avaliações

286 As avaliações foram iniciadas aos 5 dias após a inoculação (DAI), pela  
 287 coloração das raízes pelo método de hipoclorito-fucsina ácida (BYRD et al., 1983).  
 288 A cada cinco dias, até o 30° dia, foram retiradas cinco plantas inoculadas com cada  
 289 nematoide, eliminando-se o substrato para que as raízes fossem lavadas. Em  
 290 seguida, as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente e submersas  
 291 em solução de NaClO (Tabela 1) comercial (2,0 – 2,5% de cloro ativo) e água (3:5,  
 292 v:v), por 6 minutos, sendo as raízes agitadas com bastão de vidro durante esse  
 293 período para auxiliar na clarificação. Posteriormente, as raízes foram lavadas e  
 294 embebidas em água por 15 minutos, sob homogeneização com bastão de vidro.  
 295

296

297 **Tabela 1** – Reagentes e respectivas quantidades para preparo das soluções  
 298 utilizadas para coloração dos nematoides presentes no interior das raízes com  
 299 fucsina ácida (adaptado de Byrd et al., 1983).

Reagente	Quantidade
----------	------------

**Solução de hipoclorito de sódio**

Água	50 mL
Hipoclorito de sódio (2,5 % de cloro ativo)	30 mL

**Solução corante**

Água destilada	75 mL
Ácido acético	25 mL
Fucsina ácida	0,34 g

**Solução de glicerina acidificada**

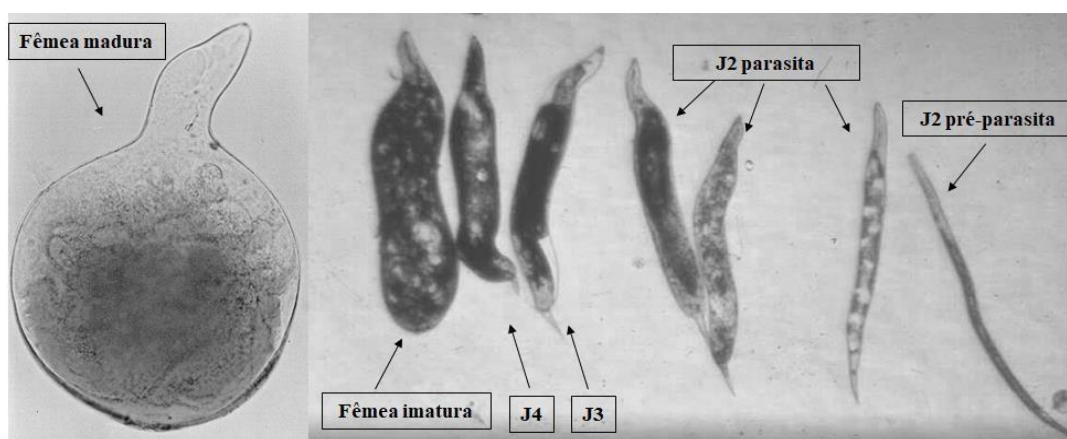
Glicerina PA	1 litro
Ácido clorídrico (5M)	13 mL

300

301 Após este procedimento, as raízes foram lavadas novamente com água e  
 302 transferidas para recipientes contendo 30 mL de água e 1 mL de solução de fucsina  
 303 ácida (Tabela 1) e submetidas à fervura por 45 segundos. Em seguida, as raízes  
 304 foram lavadas em água corrente e armazenadas em glicerina acidificada (Tabela 1),  
 305 para posterior montagem das lâminas contendo o sistema radicular das amostras.

306 As lâminas montadas foram observadas em microscópio de luz, para contagem  
 307 dos indivíduos presentes no interior das raízes e análise dos estádios de  
 308 desenvolvimento dos mesmos. Foram contados os nematoides nos estádios J2 pré-  
 309 parasita, J2 parasita, J3, J4, fêmea imatura e fêmea madura (Figura 2).

310



311

312 **Figura 2** – Estádios de desenvolvimento de *Meloidogyne* spp. (Adaptado de  
 313 Ferraz e Brown, 2016).

314

315 3.3 Avaliação da Reprodução de *M. paranaensis* e *M. exigua* na Cultivar Catuaí  
 316 Vermelho.

317

### 3.3.1 Instalação e condução do experimento

318

319

320 O experimento foi conduzido em casa de vegetação no Instituto de  
321 Desenvolvimento Rural do Paraná – IAPAR/EMATER, em Londrina, PR, Brasil  
322 (23°21'20,0"S; 51°09'58,2"O), entre os meses de novembro de 2021 a junho de 2022.  
323 O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2  
324 x 6, com seis repetições representadas por uma planta cada. Os fatores consistiram  
325 em duas espécies de nematoide (*M. paranaensis* e *M. exigua*) e seis períodos de  
326 avaliação após a inoculação (60, 90, 120, 150, 180 e 210 DAI). A temperatura  
327 máxima e mínima durante o período experimental foi de 45° e 20° C,  
328 respectivamente.

329 As mudas foram obtidas pela sementeira em germinadores contendo areia. As  
330 plantas com três pares de folhas foram transplantadas para copos de isopor com  
331 capacidade de 945 mL contendo substrato composto conforme mencionado no  
332 experimento anterior. A adubação foi realizada com a aplicação de 2 g de Osmocote  
333 Plus® (15% N, 9% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 12% K<sub>2</sub>O, 1% Mg, 2,3% S, 0,05% Cu, 0,45 % Fe, 0,06%  
334 Mn, 0,02% Mo) por planta, no momento do transplante. Após 13 dias, as plantas  
335 foram inoculadas com 1.000 ovos e J2 de cada nematoide.

336

### 3.3.2 Avaliação da Reprodução

338

339 As avaliações foram realizadas nos períodos descritos no tópico 3.3.1, sendo  
340 descartada a parte aérea e recolhidos os sistemas radiculares, lavados em água  
341 corrente e pesados, obtendo-se a massa fresca de raiz (MFR). Em seguida, ovos  
342 e/ou J2 foram extraídos, empregando-se a metodologia de Boneti e Ferraz (1981).  
343 Após a extração, a população final (Pf) de *M. paranaensis* e de *M. exigua* em cada  
344 planta foi estimada, com auxílio de câmara de Peters sob microscópio de luz. Pela  
345 razão entre os dados da quantificação dos nematoides e da massa fresca das raízes  
346 (MFR), foi determinado o número de espécimes por grama de raízes (Nema.g<sup>-1</sup>). Na  
347 sequência, foi determinado o fator de reprodução (FR), pela fórmula:  $FR = Pf/ Pi$ .

348

### 3.4 Análises Estatísticas

349

350

351 Os dados da contagem do número total de nematoides de *M. exigua* e *M.*  
352 *paranaensis* nos diferentes estádios de desenvolvimento avaliados (5, 10, 15, 20, 25  
353 e 30 DAI) foram submetidos ao modelo de análise de regressão separadamente,  
354 usando uma distribuição binomial negativa, porém este não apresentou melhor  
355 ajuste, pois os dados apresentaram sobredispersão. Para tanto, outro ajuste foi  
356 realizado, sendo o modelo binominal negativo sem interação, no qual foi  
357 desconsiderado o tratamento e considerou-se somente avaliação, sendo  
358 apresentados os ajustes em apenas um gráfico, utilizando-se o pacote hnp (MORAL  
359 et al., 2018) do programa R versão 2.15.2 (R CORE TEAM 2020).

360 Os dados de Nema.g<sup>-1</sup> e FR foram submetidos à análise de variância,  
361 transformados por meio do procedimento de Box-Cox e submetidos ao teste de  
362 normalidade dos resíduos de Shapiro-Wilk. Foi necessária a adoção de modelos não-  
363 lineares para melhor interpretação dos parâmetros, sendo adotado o modelo cúbico  
364 incompleto para ambas as variáveis.

365

366

367

## 368 4 RESULTADOS

369 4.1 Avaliação do desenvolvimento e da penetração de juvenis de *M.*  
370 *paranaensis* e *M. exigua* na cultivar Catuaí Vermelho.

371

372 A análise descritiva das médias dos estádios de desenvolvimento de *M. exigua*  
373 e *M. paranaensis* encontrados no interior das raízes de *C. arabica* cultivar Catuaí  
374 Vermelho (Tabela 2) mostra que, aos 5 DAI, houve penetração de *M. paranaensis*,  
375 enquanto a penetração de *M. exigua* ocorreu apenas aos 10 DAI, uma vez que  
376 somente nessa data J2 pré-parasitas dessa espécie foram observados no interior das  
377 raízes de café.

378 Em relação às fêmeas maduras (Tabela 2), observou-se presença a partir de  
379 15 DAI para *M. paranaensis* e 20 DAI para *M. exigua*, sugerindo que o fechamento  
380 do ciclo reprodutivo acontece neste intervalo para cada espécie, respectivamente.  
381 Levando-se em consideração o tempo de penetração de cada espécie e a primeira  
382 visualização de fêmeas maduras, ambos nematoides completaram o ciclo em 10 dias  
383 nas raízes de *C. arabica* cv Catuaí Vermelho.

384 **Tabela 2** – Número de nematoides em diferentes estágios de desenvolvimento de *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* na  
 385 cultivar de *Coffea arabica* Catuai Vermelho aos 5, 10, 15, 20, 25 e 30 dias após a inoculação (DAI).

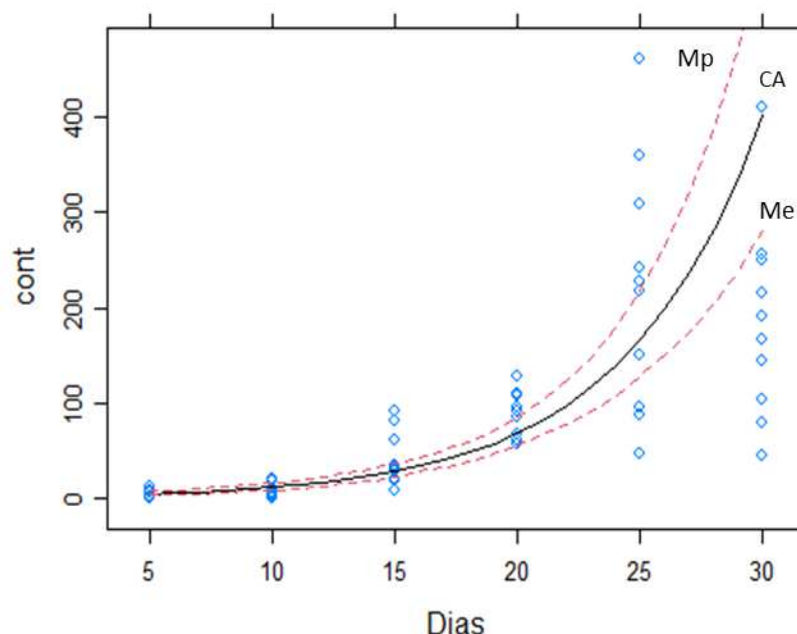
386

Espécie	Estádios	5 DAI	10 DAI	15 DAI	20 DAI	25 DAI	30 DAI
<i>M. paranaensis</i>	J2PRÉ	7,6	0	0	0	2,2	0,4
	J2PAR	0	2,4	2,8	5,6	24,2	17,8
	J3	0	8,4	11,6	27,2	49,6	25
	J4	0	0	16,4	27,8	71,4	24
	FIM	0	0	8,4	26,4	99,4	40,8
	FM	0	0	1,4	3,8	36,4	95,4
<i>M. exigua</i>	J2PRÉ	0	1,2	1,4	1	24	1,4
	J2PAR	0	0,2	24	27	38,4	11,8
	J3	0	1,6	11	35,4	36,8	25
	J4	0	0	3	17,2	29,6	42,2
	FIM	0	0	1	9,8	18	28,2
	FM	0	0	0	1	8,8	60,4

387 Cada valor representa a média de cinco repetições. Dados apresentados são apenas descritivos. J2PRÉ= Juvenil de segundo estágio  
 388 pré-parasita; J2PAR= Juvenil de segundo estágio parasita; J3= Juvenil de terceiro estágio; J4= Juvenil de quarto estágio; FIM=  
 389 Fêmea Imatura e FM= Fêmea Madura.

390

391 Quando se analisa a soma total de nematoides no interior das raízes (Figura  
 392 3), observa-se que esta variável seguiu o mesmo comportamento de crescimento  
 393 para as duas espécies avaliadas, que correspondeu a uma binominal negativa, cujo  
 394 ajuste linear foi o que melhor se adequou a esta variável.



395 **Figura 3** – Curva de ajuste (CA) comportamental do número de nematoides totais  
 396 de *Meloidogyne paranaensis* (Mp) e *M. exigua* (Me) na cultivar de *Coffea arabica*  
 397 Catuaí Vermelho ao longo do ciclo reprodutivo dos nematoides.  
 398  
 399

400 Foram realizados cálculos para obtenção da taxa de incremento  
 401 populacional de *M. paranaensis* e *M. exigua*, a cada 5 dias (intervalo de avaliações)  
 402 e mensal, os quais demonstraram que, a cada 5 dias, há incremento contínuo de  
 403 19% no volume de nematoides no interior das raízes e, a cada mês, aumento de  
 404 188,74% da população, considerando-se os dados obtidos a partir do 5º dia de  
 405 avaliação.

406

#### 407 4.2 Avaliação da multiplicação de *M. paranaensis* e *M. exigua* na cultivar Catuaí 408 Vermelho

409

410 A análise descritiva dos valores de MFR, FR e Nema.g<sup>-1</sup> são  
 411 fornecidos na Tabela 3. Para normalização dos resíduos dos dados de Nema.g<sup>-1</sup>  
 412 utilizou-se o método de Box-Cox, que propôs transformação dos valores por log (y  
 413 + 1).

414 A análise de variância (Tabela 4) mostrou que houve interação entre  
415 os fatores datas de avaliação e tratamento. De acordo com a dispersão dos dados,  
416 os valores de Nema.g<sup>-1</sup> não se ajustaram ao modelo linear, por isso foi necessária  
417 a adoção de modelos não-lineares para melhor interpretação das variáveis  
418 analisadas. O modelo proposto para Nema.g<sup>-1</sup> foi o cúbico incompleto para ambas  
419 as espécies de nematoide avaliadas.

420

421

422 **Tabela 3** – Massa fresca de raiz (MFR), Fator de reprodução (FR) e número de nematoides por grama de raízes (Nema.g<sup>-1</sup>) de  
 423 *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* na cultivar de *Coffea arabica* Catuaí Vermelho aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a  
 424 inoculação (DAI).

425

Espécie	60 DAI			90 DAI			120 DAI		
	MFR	FR	Nema.g <sup>-1</sup>	MFR	FR	Nema.g <sup>-1</sup>	MFR	FR	Nema.g <sup>-1</sup>
<i>M. paranaensis</i>	8,3	5,79	11,68	9,64	27,8	29,43	18,67	169,43	96,43
<i>M. exigua</i>	15,54	1,41	3,98	22,43	8,09	2,67	39,38	133,71	23,97
Espécie	150 DAI			180 DAI			210 DAI		
	MFR	FR	Nema.g <sup>-1</sup>	MFR	FR	Nema.g <sup>-1</sup>	MFR	FR	Nema.g <sup>-1</sup>
<i>M. paranaensis</i>	13,34	41,6	24,2	13,59	51,96	51,48	15,47	71,8	76,81
<i>M. exigua</i>	53,82	62,53	96,43	46,07	100,54	24,2	39,03	163,68	51,48

426 Cada valor representa a média de cinco repetições. Dados apresentados são apenas descritivos.

427

428

429 **Tabela 4** – Quadro da análise de variância para os dados de número de nematoides  
 430 por grama de raiz (Nema.g<sup>-1</sup>) na análise fatorial entre datas de avaliação e tratamento  
 431 com *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* na cultivar de *Coffea arabica* Catuaí  
 432 Vermelho.  
 433

Causas de variações	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Média dos quadrados	P(>F)
Datas	5	32,17	6,43	4,45.e <sup>-13</sup> ***
Tratamentos	1	24,39	24,38	1,13.e <sup>-13</sup> ***
Datas: tratamentos	5	3,45	0,69	0,02*
Resíduos	48	11,15	0,23	

434 \*\*\* 0,001 % de significância. Valores foram transformados por log (y + 1).  
 435

436 Os modelos foram reparametrizados para o modelo cúbico  
 437 incompleto para a inflexão e ponto mínimo com equação  $y = \beta_0 + \beta_1 (x - x_i)^3$ , onde  
 438  $\beta_1$  é o ponto de inflexão (Tabela 5). Os valores apresentados em relação à curva  
 439 ajustada (Figura 4) mostra que o comportamento entre as duas espécies é o mesmo,  
 440 porém há a uma diferença observada pelo intervalo de confiança de  $\beta_0$ , no qual  
 441 verificamos que não houve sobreposição das espécies, portanto *M. exigua*  
 442 apresenta menor número de Nema.g<sup>-1</sup> que *M. paranaensis* e, por isso, as duas  
 443 curvas foram ajustadas separadamente.

444

445 **Tabela 5** – Parâmetros estimados ( $B_0$ ,  $B_1$  e  $x_i$ ) para o ajuste do modelo  
 446 reparametrizado utilizado para avaliação dos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e  
 447 *M. exigua* avaliados, em função do número de nematoides por grama de raiz (Nema.g<sup>-1</sup>)  
 448 na cultivar Catuaí vermelho.

Parâmetros estimados	<i>M. paranaensis</i>	<i>M. exigua</i>
$\beta_0$	3,76	2,18
C.I ( $\beta_0$ )*	[3,39; 4,13]	[1,78; 2,59]
$\beta_1$	1,82	2,48
C.I ( $\beta_1$ )**	[6,38; 3,01]	[1,37; 3,59]
$x_i$	148,37	129,75
C.I ( $x_i$ )***	[124,52; 172,21]	[113,32; 146,19]

449 \* intervalo de confiança para o parâmetro  $\beta_0$ ,

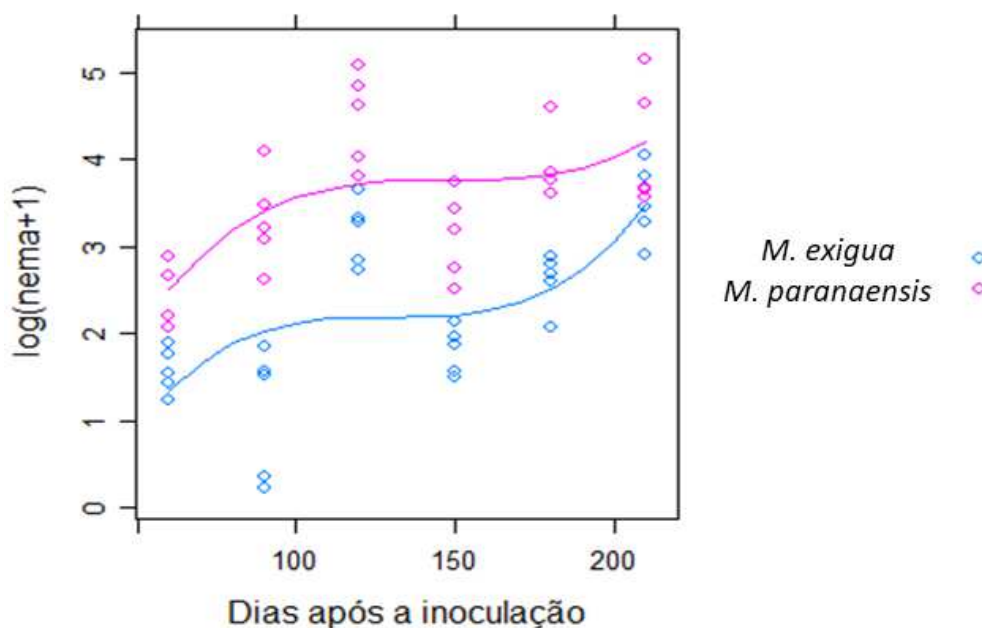
450 \*\* intervalo de confiança para o parâmetro  $\beta_1$ ;

451 \*\*\* intervalo de confiança para o parâmetro  $x_i$ .

452 Valores apresentados foram transformados por log (y+1).

453

454



455

456

457

458

459

**Figura 4** - Curva da análise de regressão realizada com os dados de número de nematoides por grama de raiz (Nema.g<sup>-1</sup>) de *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* na cultivar Catuaí Vermelho aos 60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI).

460

461

462

463

464

465

466

467

468

469

470

471

472

473

474

475

O intervalo de confiança indicado por  $x_i$  é de 113 a 172 DAI, porém não são valores confiáveis para avaliação, pois vemos que o número de Nema.g<sup>-1</sup> ainda está subindo (Figura 4). Neste caso, o intervalo que se deve considerar é o ponto de inflexão que se dá a 150 DAI. Para FR, foi utilizado o procedimento de Box-Cox para normalização dos resíduos, que propôs transformação dos valores de FR por  $\log(y + 1)$ . A análise de variância mostrou que houve interação entre os fatores datas e tratamento, porém não houve diferença entre tratamentos (Tabela 6). Para isso, realizou-se ajuste para as duas espécies avaliadas. Os modelos foram reparametrizados (Tabela 7) e foi observado que, para ambas as espécies, o intervalo de confiança indicado por  $x_i$  é de 135 a 190 DAI, porém para Nema.g<sup>-1</sup> o ponto de inflexão se dá aos 150 DAI (Figura 5). Além disso, ambas as espécies apresentam FR muito próximo (Figura 5), portanto não foi possível observar diferença na curva de crescimento dos valores de FR.

476 **Tabela 6.** Quadro da análise de variância para fator de reprodução (FR) na análise  
 477 fatorial entre datas de avaliação e tratamento com *M. paranaensis* e *M. exigua* na  
 478 cultivar de *Coffea arabica* Catuaí Vermelho.

Causas de variações	Graus de liberdade	Soma de quadrados	Média dos quadrados	P(>F)
Datas	5	79,74	15,94	$<2,2.e^{-16}$ ***
Tratamentos	1	0,00	0,00	0,09941
Datas: tratamentos	5	8,97	1,79	$4,59.e^{-05}$ ***
Resíduos	48	12,06	0,25	

479 \*\*\* 0,001 % de significância. Valores foram transformados por log (y + 1).  
 480

481

482 **Tabela 7** – Parâmetros estimados ( $B_0$ ,  $B_1$  e  $x_i$ ) para o ajuste do modelo  
 483 reparametrizado utilizado para avaliação dos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e  
 484 *M. exigua*, em função do fator de reprodução (FR) na cultivar Catuaí Vermelho.

485

Parâmetros estimados	<i>M. paranaensis</i> / <i>M. exigua</i>
$\beta_0$	4,27
C.I ( $\beta_0$ )*	[3,91; 4,63]
$\beta_1$	2,50
C.I ( $\beta_1$ )**	[6,81; 4,32]
$x_i$	163,19
C.I ( $x_i$ )***	[135,85; 190,53]

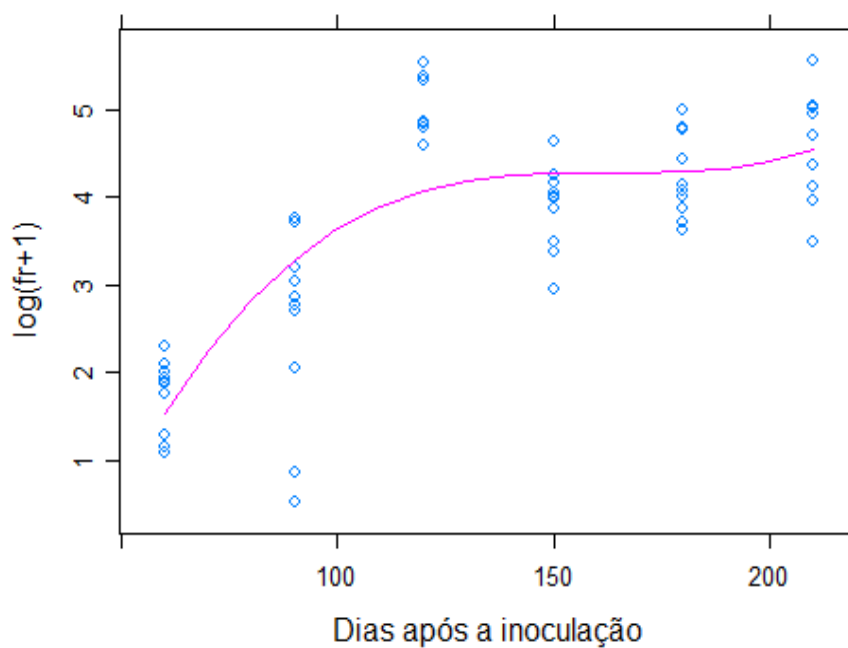
486 \* intervalo de confiança para o parâmetro  $\beta_0$ ,

487 \*\* intervalo de confiança para o parâmetro  $\beta_1$ ;

488 \*\*\* intervalo de confiança para o parâmetro  $x_i$ .

489 Valores apresentados foram transformados por log (y+1).

490



491  
492 **Figura 5** – Curva da análise de regressão realizada com os dados de fator de  
493 reprodução (FR) de *M. paranaensis* e *M. exigua* na cultivar Catuaí Vermelho aos 60,  
494 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a inoculação (DAI).

495

496

497

498

499

500

501

502

503

504

505

506

507

508

509

510

511

512

513

514

## 515 5. DISCUSSÃO

516

517 No presente trabalho, avaliamos a penetração e o desenvolvimento de duas  
518 espécies de *Meloidogyne* spp.: *M. paranaensis* e *M. exigua* ambas na cultivar Catuaí  
519 Vermelho. J2s pré-parasitas de *M. paranaensis* foram encontrados aos 5 DAI e de  
520 *M. exigua* aos 10 DAI no interior da raiz. Fêmeas maduras foram observadas aos 15  
521 DAI para *M. paranaensis* e aos 20 DAI para *M. exigua*. Apesar de *M. exigua* ter  
522 apresentado atraso na penetração nas raízes de café, esse fator não interferiu no  
523 desenvolvimento do restante do ciclo, visto que a partir do momento da penetração  
524 até a formação de fêmeas maduras ambas as espécies levaram 10 dias para  
525 completar o ciclo.

526 Silva et al. (2013) inocularam somente juvenis de *M. exigua* na mesma cultivar  
527 avaliada neste trabalho e verificaram que, com 2 DAI, havia presença de juvenis no  
528 interior das raízes, porém o início da formação de fêmeas se deu somente aos 20  
529 DAI. O atraso na penetração de *M. exigua* aqui observado pode ser atribuído à  
530 natureza da população de inóculo utilizado: ovos, em sua maioria, e juvenis.

531 Os dados de multiplicação mostram que *M. exigua* e *M. paranaensis* possuem  
532 comportamento semelhante (Figuras 4 e 5), porém em cafeeiros suscetíveis os  
533 sintomas e os danos causados pelas duas espécies no sistema radicular apresentam  
534 efeitos fisiológicos diferentes. *M. paranaensis* possui capacidade de provocar alta  
535 taxa de descorticamento, galhas atípicas, descascamento, necrose, redução no  
536 crescimento radicular (MONTEIRO et al., 1995), rachaduras no córtex e deposita  
537 massas de ovos muitas vezes internas ao tecido radicular (VOLVAS e DI VITO, 1991)  
538 enquanto *M. exigua* tem como principal característica a formação de galhas (típicas),  
539 não ocasionando descorticamento radicular (CAMPOS, 1997), com massas de ovos  
540 no córtex abaixo da epiderme radicular (VOVLAS e DI VITO, 1991).

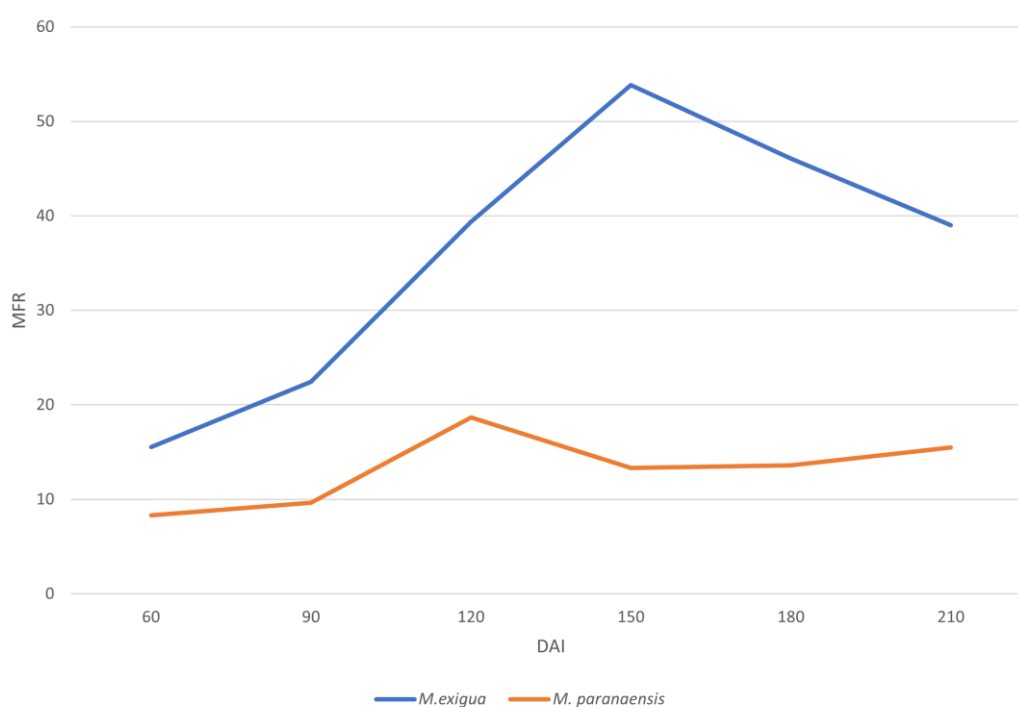
541 Pelos dados de MFR apresentados na Tabela 2 para *M.*  
542 *paranaensis* e *M. exigua*, foi possível observar o desenvolvimento do sistema  
543 radicular ao longo do período avaliado (Figura 6). A partir de 120 DAI, verificou-se  
544 que, para *M. paranaensis*, as plantas de café apresentaram redução no sistema  
545 radicular (Figura 6). Nota-se que os valores de Nema.g<sup>-1</sup> são maiores nas avaliações  
546 iniciais (Figura 4), pois ainda há disponibilidade de alimento para os nematoides, e,  
547 com isso, a população tende a crescer. Em determinado momento, cerca de 120

548 DAI (Figura 6), a população começou a reduzir, pois passou a haver escassez de  
 549 alimento para os parasitas. Esta redução do sistema radicular foi observada até 180  
 550 DAI como mostra a Figura 7B. Assim que houve a diminuição da população, a planta  
 551 possivelmente passou a emitir novas raízes, momento no qual foi possível observar  
 552 novo aumento populacional, a partir de 180 DAI (Tabela 7), observado na Figura 8B  
 553 aos 210 DAI.

554 Presume-se que a partir dos 210 DAI tende-se aumentar o sistema  
 555 radicular devido a emissão de novas raízes e conseqüentemente ocorrerá aumento  
 556 da população novamente, porém o processo da redução do sistema radicular irá  
 557 ocorrer novamente devido à alta população, ou seja, esse processo irá ocorrer  
 558 ciclicamente. Carneiro et al. (2009) apresentam dados de café cultivar Catuaí  
 559 Vermelho inoculado com 5.000 ovos de *M. paranaensis* avaliado 8 meses após a  
 560 inoculação, mostrando média de MFR de 23g e FR de 29,33. Ito et al. (2019)  
 561 também avaliaram *M. paranaensis* na mesma cultivar, com PI de 1.200 ovos/J2 aos  
 562 170 DAI e o valor de MFR foi de 13,17g.

563 Como *M. paranaensis* ocasiona danos ao sistema radicular mais  
 564 cedo e em maior extensão que aqueles observados para *M. exigua* (Figura 7A e  
 565 8A), observou-se uma curva com valores mais elevados para  $Nema.g^{-1}$  (Figura 4) e  
 566 uma inflexão maior, por conta da destruição radicular.

567

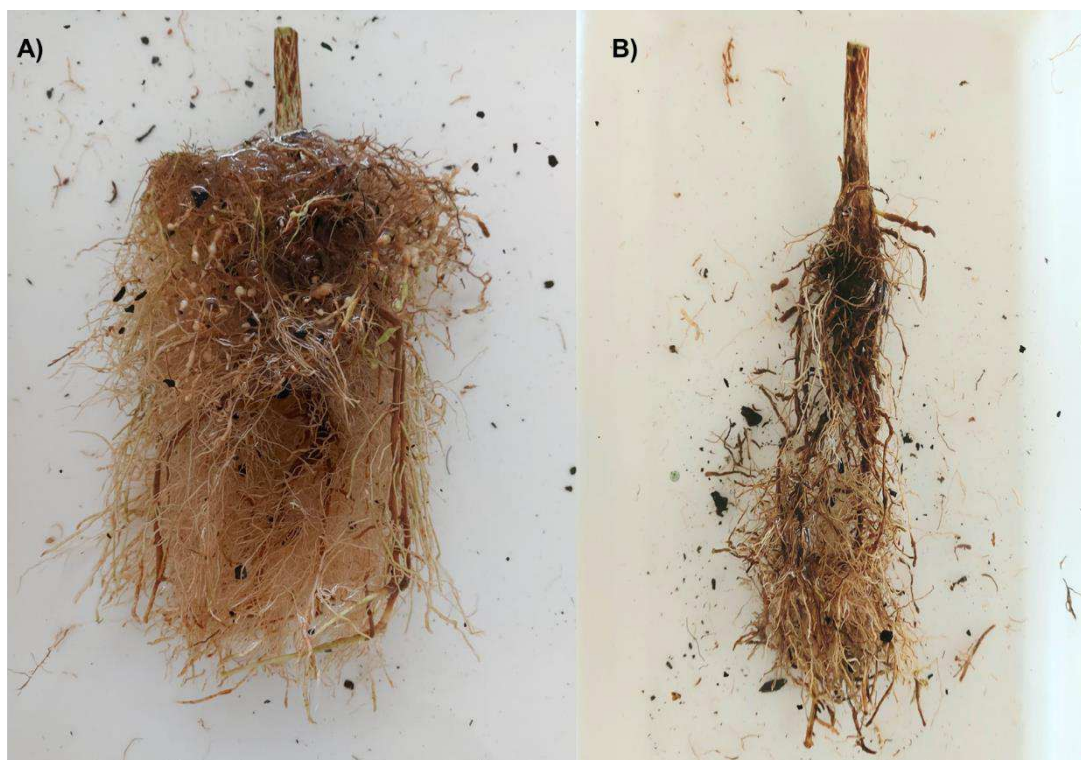


568

569

570 **Figura 6** – Desenvolvimento do sistema radicular estimado pela massa fresca de raiz  
571 (MFR) ao longo do período avaliado (60, 90, 120, 150, 180 e 210 dias após a  
572 inoculação (DAI)) para *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua* na cultivar Catuaí  
573 Vermelho.

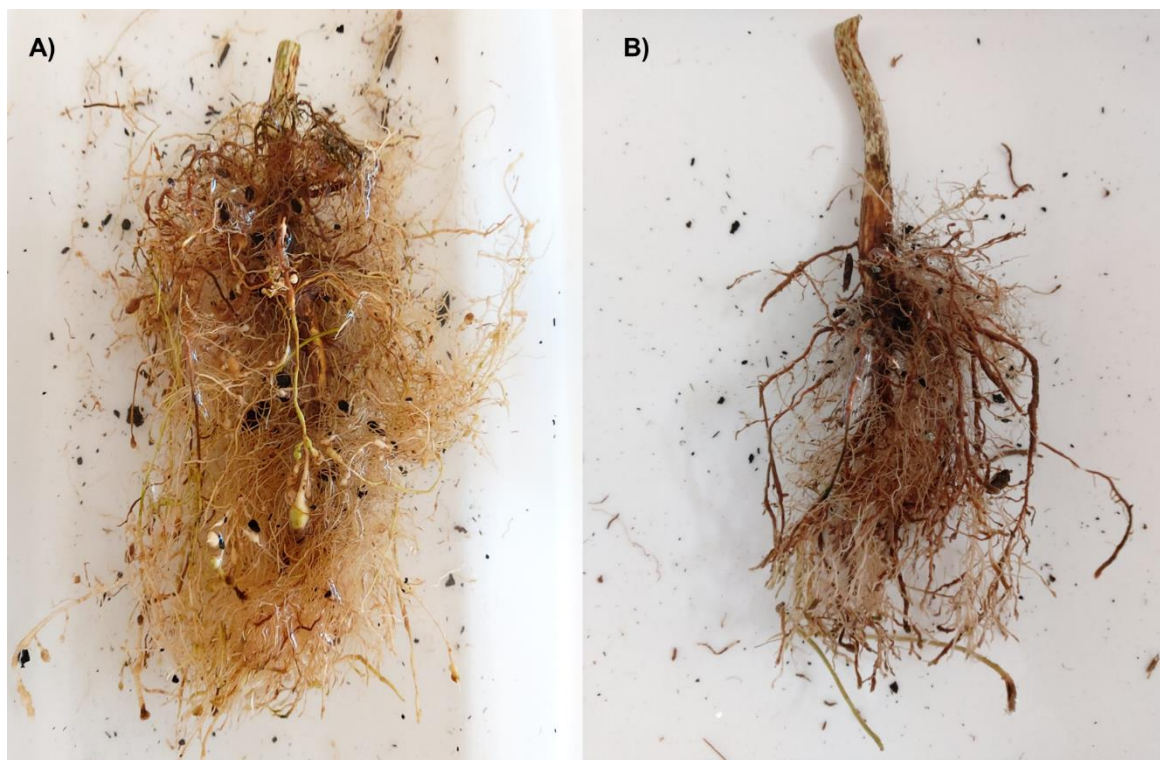
574



575

576 **Figura 7** - A) Raiz de café Catuaí vermelho x *Meloidogyne exigua* aos 180 dias após  
577 a inoculação (DAI); B) Raiz de café Catuaí vermelho x *M. paranaensis* aos 180 dias  
578 DAI.

579



580

581 Figura 8 - A) Raiz de café Catuaí vermelho x *Meloidogyne exigua* aos 210 dias após  
 582 a inoculação (DAI); B) Raiz de café Catuaí vermelho x *M. paranaensis* aos 210 dias  
 583 DAI.

584

585

586 Shigueoka et al. (2016) utilizaram como PI 5.000 ovos e/ou juvenis  
 587 de *M. paranaensis* em café cultivar Catuaí Vermelho e aos 120 DAI avaliaram  
 588 Nema.g<sup>-1</sup> e FR, 6.632,19 e 21,81, respectivamente. Nota-se que a alta população  
 589 de nematoides no sistema radicular apresenta baixo FR quando comparado como  
 590 os dados aqui apresentados (Tabela 3), sugerindo que o inoculo inicial alto pode ter  
 591 interferido nos resultados, devido ao excesso de danos no sistema radicular,  
 592 subestimando o valor de FR, assim como em Pereira et al., (2012) que inocularam  
 593 10.000 ovos de *M. exigua* em café cultivar Mundo Novo e aos 120 DAI apresentou  
 594 FR 1,18.

594

595

596

597

598

599

600

Para *M. exigua*, que não destruiu o sistema radicular e seu principal  
 efeito deletério na raiz é a redução da absorção e do transporte de água e nutrientes  
 na planta (MACEDO et al. 1974), é possível ter-se a falsa impressão de incremento  
 de massa de raízes. Entretanto, o nematoide causou o aparecimento de galhas nas  
 raízes e, portanto, houve aumento de massa radicular, que não é necessariamente  
 ligado ao melhor desenvolvimento radicular. Nota-se que o efeito de queda dos  
 valores de MFR é menor nessa espécie, quando comparado a *M. paranaensis*

601 (Figuras 4, 7 e 8).

602 Holderbaum et al. (2021), testando genótipos de café quanto ao  
603 desenvolvimento e reprodução de *M. paranaensis*, sugerem que as avaliações em *C.*  
604 *arabica* cultivar Mundo Novo devem ser realizadas entre 120 e 180 DAI. Silva et al.  
605 (2020) recomendaram que as avaliações sejam realizadas entre 90 e 180 DAI para  
606 avaliação da reação de genótipos de café a *M. incognita*. Nossos dados corroboraram  
607 com os dados apresentados por estes autores.

608 Quando analisado a taxa de crescimento populacional, Holderbaum et al.  
609 (2021) mostraram que a cada 5 dias *M. paranaensis* tem incremento de 12,5% e de  
610 103,1% mensal em *C. arabica* cultivar Mundo Novo (também suscetível), enquanto  
611 vimos que na cultivar Catuaí Vermelho há um incremento de 19% no volume de  
612 nematoides no interior das raízes a cada 5 dias e de 188,74 % a cada mês. Com  
613 isso, nota-se que apesar de serem duas cultivares suscetíveis, ambas apresentam  
614 comportamento diferente em relação a reprodução do nematoide, demonstrando a  
615 importância de compreender o comportamento de cada espécie de nematoide em  
616 cada cultivar.

617

618

619

620

621

622

623

624

625

626

627

628

629

630

631

632

633

634

635

636 **6. CONCLUSÕES**

637 Observando-se o desenvolvimento de *M. exigua* e *M. paranaensis* na cultivar  
638 de café suscetível Catuaí Vermelho, verificou-se que *M. paranaensis* apresentou o  
639 fechamento do ciclo em 15 DAI e *M. exigua* aos 20 DAI, nas condições experimentais  
640 utilizadas no presente trabalho.

641 Em relação à reprodução dos nematoides, apesar do intervalo de confiança  
642 demonstrar que as avaliações devam ocorrer entre 113 e 172 DAI utilizando-se a  
643 variável  $Nema.g^{-1}$  e aos 135 e 190 DAI para FR, recomenda-se que as avaliações  
644 para observação da reação de genótipos de café aos dois nematoides avaliados  
645 sejam realizadas entre 120 e 150 DAI, pois, este período apresentou resultado mais  
646 acurado para as variáveis avaliadas, proporcionando maior confiabilidade nos  
647 resultados. A partir de 150 DAI pode haver efeito de destruição no sistema radicular  
648 pelo nematoide e levar à visualização de dados não confiáveis.

649

650

## REFERÊNCIAS

651

652 ABIC. Café uma bebida natural e saudável. 2009. Acesso em: 08/07/2022. Disponível  
653 em: <<http://www.abic.com.br/publicue/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=279>>.

654

655 AGRIOS, G. N. **Plant Pathology**. 5th eds. Department of Plant Pathology. University  
of Florida. United States of America. cap. 15, p. 838-842, 2005.

656

657 BONETI, J. I. S e FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para  
658 extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia  
Brasileira**, Brasília, DF, v. 6, n.3, p.553, 1981.

659

660 BRASS, F. E. B.; VERONEZE, N. C.; PACHECO, E. e BOSQUÊ, G. G. Aspectos  
661 biológicos do *Meloidogyne* spp. relevantes à cultura de café. **Revista Científica  
Eletrônica de Agronomia**. n. 14, p. 1-7, 2008.

662

663 BYRD, D. E.; KIRPATRICK, T. e BARKER, K. R. An improved technique for clearing  
664 and staining plant tissue for detection of nematodes. **Journal of Nematology**,  
Riverside, v.15 p.142-143, 1983.

665

666 CAMPOS, V. P. Café (*Coffea arabica* L.). Controle de doenças: Doenças causadas  
667 por nematoides. In: VALE, F.X.R., ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Controle de doenças de  
plantas: grandes culturas**. Viçosa, UFV, v.1, p.141-180, 1997.

668

669 CAMPOS, V. P. e VILLAIN, L. Nematodes parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M.;  
670 SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. (Eds.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and  
tropical agriculture**. 2. ed. Cap.14, p.529-579. 2005.

671

672 CARNEIRO, R. M. D. G. e COFCEWICZ, E. T. Taxonomy of coffee-parasitic root-knot  
673 nematodes, *Meloidogyne* spp. In: Souza, R. M. (ed). **Plant parasitic nematodes of  
coffee**. Springer, Holland. p. 87-122, 2008.

674

675 CARNEIRO, R. M. D. G.; COSTA, S. B. ; SOUSA, F. R.; SANTOS, D. F ; ALMEIDA,  
676 M. R. A.; SANTOS, M. F. A.; SIQUEIRA, K. M. S.; TIGANO, M. S. & FONSECA, A. F.  
677 A.. Reação de cafeeiros ‘ conilon ’ a diferentes populações de *Meloidogyne* reaction  
678 of ‘ conilon ’ coffees to different populations of *Meloidogyne*. **VI Simpósio de Pesquisa  
dos Cafés do Brasil**, v. 1, p. 1–6. 2009.

679

680 CARNEIRO, R.M.D.G. e ALMEIDA, M.R.A. Caracterização isoenzimática e  
681 variabilidade intraespecífica do nematoides de galhas do cafeeiro no Brasil. In:  
682 **Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil**. Anais, Poços de Caldas, MG. p. 280-  
683 282. 2000.

684

685 CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G. J.; PERFUS-BARBEOCH, L. &  
686 ABAD, P. (2013). Diversity and Evolution of Root-Knot Nematodes, Genus  
687 *Meloidogyne*: New Insights from the Genomic Era. **Annual Review of  
Phytopathology**, 51(1), 203–220.

688

689 CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e  
recomendações**. Brasília, DF: Embrapa Café. Cap 5, p. 73, 2008.

690

691 CHARCHAR, J. M. **Nematoides em Hortaliças**. v. 18, 12. 1999. Disponível em:  
692 <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/handle/doc/768139> f>. Acesso em  
24, jun. 2022.

- 693 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da  
694 safra brasileira de café, **Safra 2018**, Brasília, v.5, 1-84, dezembro de 2018. Disponível  
695 em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 21, jul. de 2022.
- 696 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da  
697 safra brasileira de café, **Safra 2022, 3º Levantamento**, Brasília, DF, v. 9, 1-66,  
698 setembro 2022. Disponível em: <[https://www.conab.gov.br/info-  
699 agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe](https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/cafe/boletim-da-safra-de-cafe)> Acesso: 30, set. de 2022
- 700 COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). Acompanhamento da  
701 safra Brasileira de café, v. 8 – **Safra 2021 - 2º Levantamento**, Brasília, p. 1-63, Maio  
702 2021. Disponível em <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 06, jun. de 2022.
- 703 CONTARATO, C. C.; TOMAZ, M. A.; ALVES, F. R.; SOBREIRA, F. M.; JUNIOR, W.  
704 C. J.; RABELLO, L. K. C.; FERRÃO, M. A. G e FERRÃO, R. G. Reaction of Cultivar  
705 Coffee “Vitória INCAPER 8142” of Cornillon to Parasitism of *Meloidogyne exigua*.  
706 **Idesia (Arica)**, v. 32, n. 1, p. 93–97, fev. 2014.
- 707 COOK, R. e EVANS, K. Resistance and tolerance. “Principles and practice of  
708 nematode control in crops” New York: **Academic Press**, 1987. p. 179-231.
- 709 COSTA, J. C.; CARVALHO, C. H. S; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R; CARVALHO,  
710 S. P. e BALIZA, D. P. Comportamento agrônômico de progênies e cultivares de  
711 cafeeiro com resistência específica à ferrugem. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 2, p.  
712 183-191, 2013.
- 713 DAVIS, A. P.; TOSH, J.; RUCH, N. e FAY, M. F. Growing coffee: *Psilanthus*  
714 (Rubiaceae) subsumed on the basis of molecular and morphological data; implications  
715 for the size, morphology, distribution and evolutionary history of *Coffea*, **Botanical**  
716 **Journal of the Linnean Society**, Volume 167, Issue 4, December, 2011, p. 357–377.
- 717 DE LEY, P. e BLAXTER, M. Systematic position and phylogeny. In: Lee, D.L. **The**  
718 **biology of nematodes**. CRC Press, Boca Raton, USA. p.1-30, 2002.
- 719 EMBRAPA, 2018. **Congresso destaca impacto dos nematoides na agricultura**  
720 **nacional**. Disponível em: <[https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-  
721 /noticia/35351809/congressodestaca-impacto-dos-nematoides-na-agricultura-  
722 nacional](https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/35351809/congressodestaca-impacto-dos-nematoides-na-agricultura-nacional)> Acesso em: 12, jun. de 2021.
- 723 FÁVARO, L. **Sistema Faemg lista a importância econômica do café para Minas**  
724 **Gerais**, 2020. Disponível em: <[https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-  
725 noticias/sistema-faemg-lista-a-importancia-economica-do-cafe-para-minas-gerais-  
726 219609/](https://www.cafepoint.com.br/noticias/giro-de-noticias/sistema-faemg-lista-a-importancia-economica-do-cafe-para-minas-gerais-219609/)> Acesso em: 17, Junho de 2022.
- 727 FERRAZ, L. C. C. B. e BROWN, D. J. F. Nematologia de Plantas: fundamentos e  
728 importância. **Norma Editora**, 2. ed, p.251, 2016.
- 729 FERRAZ, L. C. C. B. e MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: AMORIM, L.; KIMATI, H.;  
730 BERGAMIN FILHO, A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: Princípios e conceitos**. 4.  
731 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2011, p. 168-199.
- 732 FERRAZ, L. C. C. B.. As meloidoginoses da soja: passado, presente e futuro. In  
733 Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja. Londrina: **Embrapa Soja**.  
734 2001.
- 735 FERRAZ, L.C.C.B e MONTEIRO, A.R. Nematoides. In: BERGAMIM FILHO, A.;  
736 KIMATI, H.; AMORIN, L. **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**, v.1, 3  
737 ed, São Paulo: Ceres, 1995. p.168-201.

- 738 FREITAS, L.G., OLIVEIRA, R.D.L. & FERRAZ, S. 2006. Introdução à Nematologia. 3ª  
739 ed. UFV, Viçosa, Brasil. 83p.
- 740 GOMES, A. C. M. M. Resistência e caracterização histológica de acessos de *Pfaffia*  
741 *glomerada* a *Meloidogyne incognita*. 2006. 56 f. Dissertação (Mestrado em Ciências  
742 Agrárias) - Universidade de Brasília, Brasília, 2006.
- 743 HOLDERBAUM, M. M.; SANTIAGO, D. C.; SERA, G. H.; SILVA, S. A.; DORIGO, O.  
744 F.; SHIGUEOKA, L. H. e MACHADO, A. C. Z. Penetration, development, and  
745 reproduction of *Meloidogyne paranaensis* in three *Coffea arabica* genotypes. **Tropical**  
746 **Plant Pathology**, 46, 528-535 (2021). <https://doi.org/10.1007/s40858-021-00449-x>.
- 747 HUNT, D. J. e HANDOO, Z. A. Taxonomy, identification and principal species. In: Root-  
748 knot Nematodes. PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (eds.). CABI International,  
749 Cambridge, MA, USA: 1-17, 2009.
- 750 INTERNATIONAL COFFE ORGANIZATION. **Relatório sobre o mercado cafeeiro**,  
751 2020. Disponível em: < <http://www.ico.org/pt/Market-Report-19-20-p.asp>>. Acesso  
752 em: Junho 2021.
- 753 ITO, D.S.; MACHADO, A.C.Z. e SILVA, S.A. Distribuição de espécies de nematoides  
754 do gênero *Meloidogyne* em regiões cafeeiras do Paraná. **Ciência Florestal**, Santa  
755 Maria, v. 1, p.113-124, 2012.
- 756 ITO, D. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A.; MARIUCCI  
757 JUNIOR, V.; PALAVRO, C. R. & SOUZA, R. L.. Resistência de acessos de *Coffea*  
758 *arabica* da etiópia ao nematoide. **X Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil –**  
759 **ISSN: 1984-9249, 2019.**
- 760 KALOSHIAN, I. e TEIXEIRA, M. Advances in Plant–Nematode Interactions with  
761 Emphasis on the Notorious Nematode Genus *Meloidogyne*. **Plant Disease**, 109:1988-  
762 1996. 2019.
- 763 LORDELLO, L. G. E. Nematoides das plantas cultivadas. 8ª ed. São Paulo, Ed.  
764 **Livraria Nobel**, 1984, 314 p.
- 765 MACEDO, M. C. M.; HAAG, H. P. E e LORDELLO, L. G. E. Influência do nematoide  
766 *Meloidogyne exigua* na absorção de nutrientes em plantas jovens de cafeeiro:  
767 resultados preliminares. Anais da Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz  
768 [online]. 1974, v. 31 [Acessado 6 Agosto 2022] , pp. 91-104. Disponível em:  
769 <https://doi.org/10.1590/S0071-12761974000100007>.
- 770 MACHADO, A. C. Z. *Pratylenchus brachyurus* x algodoeiro: patogenicidade, métodos  
771 de controle e caracterização molecular de populações. 2006. 132 f. Tese (Doutorado  
772 em Fitopatologia), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.
- 773 MANZANILLA-LÓPEZ, R.H.; EVANS, K. e BRIDGE, J. Plant Diseases Caused by  
774 Nematodes. In: CHEN, Z.X.; CHEN, S.Y.; DICKSON, D.W. **Nematology: Advances**  
775 **and perspectives**. Vol 2. CABI International, Cambridge, MA 02139, USA, 2004
- 776 MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R e  
777 FERNANDES, D. R. Cultura do café no Brasil: novo manual de recomendações.  
778 Varginha: **PROCAFÉ**, 2005. 438p
- 779 MESQUITA, C. M. D.; REZENDE, J. E.; CARVALHO, J. S.; JÚNIOR, M. A. F.;  
780 MORAES, N. C.; DIAS, P. T.; CARVALHO, R. M. e ARAÚJO, W. G. Manual do café  
781 distúrbios Fisiológicos, Pragas e Doenças do Cafeeiro (*Coffea arabica* L). **EMATER-**

- 782 **MG**, p.62, 2016.
- 783 MONTEIRO, A. R.; FERRAZ, L. C. C. B. e INOMOTO, M. M. Nemata - Curso de  
784 nematoides parasitos de plantas. Piracicaba: ESALQ, 1995.
- 785 MORAL, R.A., HINDE, J. e DEMETRIO., C.G.B. hnp: Half-Normal Plots with  
786 Simulation Envelopes. R package version 1.2-6. 2018. [https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=hnp)  
787 [project.org/package=hnp](https://CRAN.R-project.org/package=hnp)
- 788 MOURA, R. M. Gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte I. **Revisão Anual de**  
789 **Patologia de Plantas**, v.4, p. 209-244, 1996
- 790 OLIVEIRA, C. M. G. D. e ROSA, M. O. Boletim Técnico Nematoides Parasitos do  
791 Cafeeiro. Instituto Biológico, p.1-28, 2018
- 792 OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, R. D.; FREITAS, L. G. e SILVA, R. V. Variability of  
793 *Meloidogyne exigua* on Coffee in the Zona da Mata of Minas Gerais State, Brazil.  
794 **Journal of Nematology**, v. 37, n. 3, p. 323–7, 2005.
- 795 PEREIRA, T. B.; SALGADO, S. M. L.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, A. A.;  
796 FERREIRA, A. D. & OLIVEIRA, L. P. V.. (2012). Reação de genótipos de cafeeiro  
797 (*Coffea arabica* L.) a *Meloidogyne exigua* população Sul de Minas. **Coffee Sci.** v7,  
798 n.1, p 84-90.
- 799 PIZETTA, S. C.; RODRIGUES, R. R.; RIBEIRO, W. R.; REIS, E. F. e COLODETTI, T.  
800 V. Análise do crescimento do cafeeiro arábica em relação a fração de água  
801 transpirável no solo. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 1, p. 46-54, jan./mar. 2016.
- 802 R CORE TEAM (2020) R: a language and environment for statistical computing,  
803 Vienna, Austria, R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>.
- 804 RANDING, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R. M. D. G. e CASTAGNONE-  
805 SERENO, P. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of  
806 SCAR markers specific for the coffee-damaging species. **Genome**, 45(5), 862–870.  
807 2002.
- 808 SALGADO, S. M. L.; CARNEIRO, R. M. D. e PINHO, R. S. C. Aspectos técnicos dos  
809 nematoides parasitas do cafeeiro – Belo Horizonte: EPAMIG, 2011, 60 p. – (EPAMIG.  
810 Boletim Técnico, 98).
- 811 SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ANDREAZI, A.;  
812 CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C. & ITO, D. S.. Reaction of Arabica coffee  
813 progenies derivative from Icatu to *Meloidogyne paranaensis*. *Bragantia* [online]. 2016,  
814 v. 75, n. 2 [Acessado 01 Outubro 2022] , pp. 193-198. Disponível em:  
815 <<https://doi.org/10.1590/1678-4499.229>>. Epub 15 Abr 2016. ISSN 1678-4499.  
816 <https://doi.org/10.1590/1678-4499.229>
- 817 SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, P. S.; FERREIRA, A. O. e  
818 RODRIGUES, F. A. Defense responses to *Meloidogyne exigua* in resistant coffee  
819 cultivar and non-host plant. **Tropical Plant Pathology** [online]. 2013, v. 38, n. 2  
820 [Accessed 06 August 2022], pp. 114-121. Available from:  
821 <<https://doi.org/10.1590/S1982-56762013000200004>>.
- 822 SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; PEREIRA, A. A. e JESUS, D. S. Otimização da  
823 produção de inoculo de *Meloidogyne exigua* em Mudanças de Cafeeiro. **Nematologia**  
824 **Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 229- 238, nov. 2006.

- 825 SILVA, S.A.; BICALHO, A. C. G.; SANTIAGO, D. C.; CUNHA, L. S. e MACHADO, A.  
826 C. Z. Assessment of the most suitable nematode inoculum density and plant growth  
827 period to screen coffee genotypes for their reaction to *Meloidogyne incognita*.  
828 **Nematology**, 22(4), 373–380. 2020. doi:10.1163/15685411-00003311.
- 829 STROZE, C. T. Resistência de plantas medicinais a *Meloidogyne javanica* e *M.*  
830 *paranaensis*. 2012. 62 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade  
831 Estadual de Londrina, Londrina, 2012.
- 832 TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. In: ZAMBOLIM, L.; VALE, F. X. R.;  
833 ZAMBOLIM, E. M. Manual de fitopatologia: doenças. Jaboticabal: FUNEP, p. 267-279,  
834 1993.
- 835 VOVLAS N. & DI VITO M. (1991) Effect of root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*  
836 and *M. javanica* on the growth of coffee (*Coffea arabica* L.) in pots. **Nematologia**  
837 **Mediterranea** 19: 253-258
- 838 ZAMBOLIM, L.; VALE, F.X.R. e ZAMBOLIM, E.M. Doenças do cafeeiro (*Coffea*  
839 *arabica* e *Coffea canephora*). In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.;  
840 BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). Manual de Fitopatologia: doenças  
841 das plantas cultivadas. 4<sup>a</sup>. Ed. São Paulo SP. Agronômica Ceres, 2005. 663p.
- 842