



UNIVERSIDADE
ESTADUAL DE LONDRINA

LUCAS EDUARDO FERNANDES

RESISTÊNCIA INTERMEDIÁRIA AO NEMATOIDE
***Meloidogyne paranaensis* EM GENÓTIPOS DE CAFÉ DO**
HÍBRIDO DE TIMOR

Londrina
2019

LUCAS EDUARDO FERNANDES

RESISTÊNCIA INTERMEDIÁRIA AO NEMATOIDE
***Meloidogyne paranaensis* EM GENÓTIPOS DE CAFÉ DO**
HÍBRIDO DE TIMOR

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

Orientador: Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca.

Co-orientador: Dr. Gustavo Hiroshi Sera.

Londrina
2019

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

Fernandes, Lucas Eduardo.

Resistência intermediária ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* em genótipos de café do híbrido de Timor / Lucas Eduardo Fernandes. - Londrina, 2019.
53 f.

Orientador: Inês Cristina de Batista Fonseca.

Coorientador: Gustavo Hiroshi Sera.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Londrina, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós-Graduação em Agronomia, 2019.

Inclui bibliografia.

1. *Coffea arabica* - Tese. 2. Melhoramento de plantas - Tese. 3. Nematoide das galhas - Tese. 4. Sarchimor - Tese. I. Fonseca, Inês Cristina de Batista. II. Sera, Gustavo Hiroshi. III. Universidade Estadual de Londrina. Centro de Ciências Agrárias. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

LUCAS EDUARDO FERNANDES

RESISTÊNCIA INTERMEDIÁRIA AO NEMATOIDE *Meloidogyne paranaensis* EM GENÓTIPOS DE CAFÉ DO HÍBRIDO DE TIMOR

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

Orientador: Profa. Dra. Inês Cristina de Batista Fonseca.

Co-orientador: Dr. Gustavo Hiroshi Sera.

BANCA EXAMINADORA

Co-orientador: Dr. Gustavo Hiroshi Sera
Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR

Prof. Dr. Vagner do Nascimento
Universidade Estadual de Londrina - UEL

Dra. Luciana Harumi Shigueoka
Instituto Agronômico do Paraná - IAPAR

Londrina, 27 de Fevereiro de 2019.

Dedicatória

A Deus

Por me permitir conhecer a grandeza de suas obras e me ensinar que é preciso esvaziar-me de vaidades para preencher-me com sabedoria.

A minha mãe - Águeda, minha filha – Maria Clara e sua mãe – Juliana

Todas foram e continuam sendo essenciais em minha caminhada, minha mãe pelo apoio inicial em todas as escolhas da minha vida, minha filha por ser o motivo de um sentido maior para lutar e à Juliana por ser peça fundamental nessa caminhada.

Ao meu pai (in memoriam)

Pelos exemplos de coragem, honestidade, humildade e de extremo amor.

AGRADECIMENTOS

À UEL, pela oportunidade e confiança em mim depositadas.

À CAPES, pela concessão da bolsa.

Ao IAPAR, por ceder a estruturas e material.

À UFV, por ceder o material genético.

Aos orientadores, Prof^a Dr^a Inês Cristina de Batista Fonseca e pesquisador Dr. Gustavo Hiroshi Sera, pela oportunidade de realizar essa pesquisa junto à sua equipe, pelos conhecimentos transmitidos e pelo incentivo e disponibilidade sempre presentes. Por suas contribuições valiosas, incentivo, segurança e conhecimento transmitidos ao longo do trajeto.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, de maneira especial aos professores Dr. Adônis Moreira e Dr. Amarildo Pasini, pelas palavras de incentivo e exemplo profissional.

Aos amigos e irmãos, pelas palavras de apoio, críticas, ensino, paciência e pelo exemplo nas batalhas.

Aos colegas do mestrado, pela cooperação e companheirismo nos trabalhos realizados.

FERNANDES, Lucas Eduardo. **Resistência intermediária ao nematoide *Meloidogyne paranaensis* em genótipos de café do híbrido de Timor**. 2019. 54 folhas. Dissertação de Mestrado em Agronomia – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2019.

RESUMO

A cafeicultura brasileira sofre importantes perdas econômicas devido ao fitonematoide *Meloidogyne paranaensis*. Em áreas afetadas pelo *M. paranaensis*, o manejo genético por meio do uso de cultivares resistentes é a melhor alternativa para o cultivo, pelo controle eficiente, baixo custo e por não causar danos a meio ambiente. O Híbrido de Timor, resultante da hibridação natural entre as espécies *C. canephora* e *C. arabica*, por possuir genes de *Coffea canephora*, tem sido usado no melhoramento como fonte de resistência à ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix*) e a *Meloidogyne* spp. De acordo com essa possibilidade, o objetivo desse estudo foi avaliar a resistência a *M. paranaensis* em genótipos do Híbrido de Timor (HT). Foram avaliados 10 acessos do HT, provenientes do banco de germoplasma da EPAMIG/UFV e, como controle suscetível, foi utilizada a cultivar Mundo Novo IAC 376-4. Foram conduzidos dois experimentos idênticos, simultaneamente, em casa de vegetação no Instituto Agrônômico do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR, Brasil, entre os meses de Outubro de 2017 e Fevereiro de 2018. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 tratamentos, 8 repetições e uma planta por parcela. As mudas com três a quatro pares de folhas foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL e 32 dias após o transplante, foram inoculados 1200 ovos e juvenis J2 de *M. paranaensis* – população inicial (Pi). As avaliações foram iniciadas 134 dias após a inoculação, quando foram obtidos os dados do número de ovos e juvenis J2 por grama de raízes e a população final de nematoides (Pf). O fator de reprodução (FR) foi calculado usando a fórmula: $FR = Pf / Pi$. Para classificar os genótipos quanto aos níveis de resistência, foi utilizada a redução do fator de reprodução (RFR), sendo classificados em uma escala de notas, desde altamente resistentes até altamente suscetíveis. Os dados foram submetidos ao teste de normalidade dos resíduos, Shapiro - Wilk, e ao teste de homogeneidade das variâncias, Bartlett. Em seguida, foi efetuada a análise de variância e teste de agrupamento de médias Scott - Knott a 5% de significância. Foram observados diferentes níveis de resistência parcial entre os acessos, com destaque para HT UFV 408-28 que apresentou moderada resistência. O HT UFV 408-28 demonstrou possuir genes de resistência ao nematoide *M. paranaensis* e será utilizado em cruzamentos com plantas que possuem características de interesse para o melhoramento de cafeeiros.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, melhoramento, nematoide das galhas, Sarchimor.

FERNANDES, Lucas Eduardo. **Intermediate resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in Híbrido de Timor coffee genotypes**. 2019. 54 sheets. Dissertation Master in Plant Science - State University of Londrina, Londrina, Brazil, 2019.

ABSTRACT

The Brazilian coffee industry suffers significant economic losses due to the phytonematoid *Meloidogyne paranaensis*. In areas affected by *M. paranaensis*, genetic management through the use of resistant cultivars is the best alternative for cultivation, efficient control, low cost and no harm to the environment. The Hybrid of Timor, resulting from the natural hybridization between the species *C. canephora* and *C. arabica*, for having *Coffea canephora* genes, has been used in breeding as a source of resistance to orange rust (*Hemileia vastatrix*) and to *Meloidogyne* spp. According to this possibility, the objective of this study was to evaluate the resistance to *M. paranaensis* in genotypes of the Timor Hybrid (HT). Ten HT accessions from the germplasm bank of EPAMIG / UFV were evaluated and, as susceptible control, the cultivar Mundo Novo IAC 376-4 was used. Two identical experiments were conducted simultaneously in a greenhouse at the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), in Londrina, PR, Brazil, between October 2017 and February 2018. The experimental design was completely randomized with 10 treatments, 8 replicates and one plant per plot. Seedlings with three to four pairs of leaves were transplanted into plastic cups with a capacity of 700 mL and 32 days after transplanting, 1200 eggs and J2 juveniles of *M. paranaensis* – population (Pi). Evaluations were started 134 days after inoculation, when data on the number of eggs and juveniles J2 per gram of roots and the final population of nematodes (Pf) were obtained. The reproduction factor (FR) was calculated using the formula: $FR = Pf / Pi$. To classify the genotypes for resistance levels, the reduction of the reproductive factor (RFR) was used, being classified in a scale of notes, from highly resistant to highly susceptible. The data were submitted to the normality test of the residues, Shapiro - Wilk, and the homogeneity test of variances, Bartlett. Afterwards, the analysis of variance and the Scott - Knott averages grouping test were performed at 5% significance. Different levels of partial resistance between the accesses were observed, highlighting HT UFV 408-28 that presented moderate resistance. HT UFV 408-28 has been shown to possess resistance genes to the nematode *M. paranaensis* and will be used in crosses with plants that have characteristics of interest for the improvement of coffee.

Key words: *Coffea arabica*, breeding, gnats nematoid, Sarchimor.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Classificação dos níveis de resistência a *M. paranaensis* dos genótipos de café, baseado nos valores da redução do fator de reprodução (RFR)37

Tabela 2 – Fator de reprodução (FR) e nematoides por grama de raízes (NGR) de *Meloidogyne paranaensis* em acessos de Híbrido de Timor (HT) avaliados em dois experimentos (Exp. 1 e Exp. 2) em casa de vegetação, Londrina, PR, Brasil.....38

Tabela 3 – Níveis de resistência (NR) e redução do fator de reprodução (RFR) de *Meloidogyne paranaensis* em acessos de Híbrido de Timor avaliados em dois experimentos (Exp. 1 e Exp. 2) em casa de vegetação, Londrina, PR, Brasil.....40

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	09
2	REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1	IMPORTÂNCIA DA CAFEICULTURA NO BRASIL	11
2.2	ESPÉCIES DE <i>COFFEA</i>	12
2.3	HISTÓRICO DO MELHORAMENTO GENÉTICO	13
2.4	IMPORTÂNCIA DO HÍBRIDO DE TIMOR NO MELHORAMENTO	18
2.5	CULTIVARES BRASILEIRAS DERIVADAS DO HÍBRIDO DE TIMOR	24
2.6	PRINCIPAIS NEMATÓIDES PARASITOS DO CAFÉ NO BRASIL	25
2.7	IMPORTÂNCIA DO HÍBRIDO DE TIMOR NO MELHORAMENTO	27
2.7.1	Fontes de Resistência	28
2.7.1	Níveis e Tipos de Resistência	28
2.7.1	Cultivares de Resistência	30
3	ARTIGO: RESISTÊNCIA INTERMEDIÁRIA AO NEMATOIDE <i>Meloidogyne paranaensis</i> EM GENÓTIPOS DE CAFÉ DO HÍBRIDO DE TIMOR	32
3.1	RESUMO	32
3.2	ABSTRACT	33
3.3	INTRODUÇÃO	34
3.4	MATERIAL E MÉTODOS	35
3.4.1	Condução e Instalação do Experimento	36
3.4.2	Obtenção, Quantificação e Inoculação dos Nematóides	36
3.4.3	Avaliação da Resistência	37
3.4.4	Classificação dos Níveis de Resistência	37
3.4.5	Análises Estatísticas	38
3.5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
3.6	CONCLUSÃO	42
4	CONSIDERAÇÕES FINAIS	43
	REFERÊNCIAS	44

1 INTRODUÇÃO

O café se destaca entre as bebidas mais consumidas mundialmente. O Brasil é o maior produtor, maior exportador e segundo maior consumidor de café do mundo.

Na cafeicultura brasileira, os nematoides do gênero *Meloidogyne* representam um dos principais fatores que prejudicam sua produção, causando perdas econômicas significativas. As principais espécies de fitonematoides são *Meloidogyne exigua*, *M. incognita* e *M. paranaenses*.

M. exigua se destaca pela ampla distribuição geográfica e *M. incognita* e *M. paranaenses* pela intensidade dos danos causados no parasitismo. Porém, *M. paranaenses* está se tornando uma ameaça, pois existem relatos do aumento de sua disseminação no principal estado produtor de café do país, Minas Gerais.

O controle de nematoides é difícil de ser realizado, pois em áreas infestadas a erradicação é praticamente impossível. Nessas áreas, a estratégia de manejo eficiente é o uso de cultivares resistentes, juntamente com o manejo cultural, o químico e o biológico. Entretanto, o manejo genético é o mais eficiente e econômico.

Atualmente existem três cultivares disponíveis com alta resistência são Apoatã IAC 2258 de *Coffea canephora*, IPR 100 e IPR 106, ambas de *C. arabica*, com introgressão de *C. liberica* e *C. canephora*, respectivamente. Ainda assim, em mais de 90% das áreas de café do Brasil são cultivadas com cultivares suscetíveis a *M. paranaensis* como Catuaí, Mundo Novo e Acaíá. Dessa forma, existe uma demanda para novas cultivares de café arábica com características agrônômicas diferentes de IPR 100 e IPR 106, que são suscetíveis à ferrugem alaranjada e com ciclo de maturação dos frutos muito tardio.

São poucas as fontes de resistência disponíveis para os programas de melhoramento desenvolverem novas cultivares de café arábica, sendo restrito aos cafeeiros arábicos da Etiópia, cafeeiros do Icatu e seus derivados, além de cafeeiros derivados do BA-10. Poucos estudos relataram que genótipos derivados do Híbrido de Timor como Sarchimor possuem resistência intermediária. Entretanto, ainda não foi bem elucidado os níveis de resistência de Híbrido de Timor e seus derivados.

No geral, os programas de melhoramento de *Coffea* spp. utilizaram a resistência vertical ou qualitativa, com altos níveis de resistência, para o desenvolvimento de cultivares resistentes. Pouco se conhece sobre a resistência intermediária a *M. paranaensis*, que pode ser do tipo horizontal ou quantitativa.

Vários acessos do Híbrido de Timor foram e ainda são muito importantes para os programas de melhoramento visando resistência às doenças e melhoria na qualidade de bebida, porém ainda não foi comprovado que esses acessos possuem resistência a *M. paranaensis*.

Portanto, o objetivo do nosso estudo foi avaliar os níveis de resistência de *M. paranaensis* em genótipos do Híbrido de Timor.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CAFEICULTURA

O café é uma das principais commodities agrícolas mundiais, sendo amplamente produzido nas regiões tropicais e subtropicais do mundo. O Brasil ocupa a posição de maior produtor e exportador mundial, gerando cerca de 3 bilhões de dólares por ano em exportações e produzindo aproximadamente um terço do café consumido em todo o mundo (MATIELLO et al., 2016).

A produção brasileira de café da safra 2019 está estimada entre 50,48 e 54,48 milhões de sacas beneficiadas com potencial de produtividade de aproximadamente 29,58 sacas por hectare. O café arábica tem produção estimada entre 36,12 milhões e 38,16 milhões de sacas e o café robusta corresponderá a 30% da produção nacional, com estimativa entre 14,36 milhões e 16,33 milhões de sacas. A área total de cultivo de café no Brasil está estimada em 1,8 milhões de hectares. A produção de café arábica continua concentrada em Minas Gerais e São Paulo, enquanto que o robusta está mais presente no Espírito Santo, seguido por Bahia e Rondônia (CONAB, 2019).

O setor de produção cafeeira possui cerca de 300 mil produtores (70% pequenos com área de menos que 10 hectares), 50 cooperativas e 20 associações de cafeicultores. A cultura cafeeira ocupa pouca área e gera muita renda, como um exemplo, em regiões cafeeiras típicas de Minas Gerais, onde foi observado que, apesar de o café ocupar, em média, menos de 20% das áreas da propriedade, ele foi responsável por 70-80% da renda bruta total (MAPA, 2017).

De acordo com Matiello et al. (2016), a cultura do café é útil na fixação do homem no meio rural, evitando sua migração para a periferia de grandes cidades. Somente nos cafezais, são gerados cerca de 3 milhões de empregos diretos ou indiretos, de forma permanente ou temporária. A cafeicultura gera empregos de forma direta (desde a produção até a embalagem do café), e indiretamente (por meio da indústria de torrefação, indústria e venda de máquinas e insumos agrícolas, aluguel de máquinas agrícolas, além de serviços na área de pesquisa científica com testes de insumos agrícolas).

2.2 ESPÉCIES DE *COFFEA*

Os cafeeiros pertencem ao filo das Fanerógamas, à classe das Angiospermas e subclasse *Eudicotiledônea*, à ordem *Rubiales*, da família das *Rubiaceae*, tribo *Coffeae* e subtribo *Coffeinae*, dos gêneros *Coffea* e *Psilanthus*. Apresentam placentação típica, importante característica morfológica e os grãos possuem, no sentido longitudinal, um sulco ventral (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

De acordo com Bridson (1987), apud Carvalho et al., (2008), nas espécies do gênero *Coffea*, as flores apresentam estilo longo, anteras e estigmas acentuados e, são compostos pelos subgêneros *Baracoffea* e *Coffea*.

Segundo Chevalier (1942), apud Carvalho et al., (2008), são conhecidas 103 espécies do subgênero *Coffea*, distribuídas em três seções, que se caracterizam pelas regiões que ocupam, abrangência geográfica. O subgênero *Coffea* é dividido pelas seções: *Mascarocoffea*, que tem a maior parte das suas espécies em Madagascar e Ilhas Mascarenhas; *Mozambicoffea*, que agrupa espécies do leste africano; *Eucoffea*, que possui espécies nas regiões central e oeste do continente africano. As quatro subseções que existem na seção *Eucoffea*, que são: *Erythrocoffea* e *Melonocoffea*, das quais os frutos têm, concomitantemente, coloração vermelha e preta; *Nanocoffea* e *Pachycoffea*, que mantêm, respectivamente, espécies pequenas ou arbustivas e arbóreas.

As espécies mais importantes da seção *Eucoffea* são: *C. arabica*, *C. canephora*, *C. liberica*, *C. dewevrei*, *C. klainii*, *C. congensis*, *C. racemosa*, *C. salvatrix*, *C. stenophylla*, *C. eugenioides*, *C. kapakata*, *C. humilis*, *C. sessiliflora*, *C. heterocalyx* e *C. anthonyi*, dentre outras. Dessas espécies, somente *C. arabica* e *C. canephora* são cultivadas comercialmente, sendo assim, quase todo o café produzido e comercializado no mundo provém dessas, no entanto as demais espécies possuem uma grande diversidade (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

A espécie *C. arabica* L., denominada café arábica, é classificado como perene e é uma autógama devido à cleistogamia. É um arbusto que apresenta ramos dimórficos de crescimento contínuo e um sistema radicular pivotante. Possui folhas rígidas e sem divisões, com pecíolos resistentes e curtos. A formação da inflorescência se dá nos nós de ramos laterais novos, com glomérulos em flores prontas, hermafroditas e autocompatíveis. Seu fruto é climatérico e, quando está

maduro, recebe o nome de “fruto cereja”, apresentando exocarpos vermelhos ou amarelos. Os frutos são do tipo drupa, geralmente, com duas sementes chatas. As sementes são formadas por uma película, endosperma verdadeiro de cor verde, por isso o grão de café cru é comercialmente chamado de café verde (green coffee), e internamente, um pequeno embrião com dois cotilédones (SAKIYAMA, 2015).

Segundo revisão feita por Carvalho et al. (2008), o café arábica é nativo da região que abrange o sudeste da Etiópia, sudeste do Sudão e norte do Quênia que possui grandes altitudes alternando entre 1.000 a 3.000 metros. O desempenho da espécie é melhor com temperaturas médias anuais entre 18,5°C a 21,4°C, coincidindo com precipitações entre 1200 a 2000 mm.

C. arabica é autofértil com frequência de polinização cruzada entre 7,3 e 9,0%, sendo que a autofecundação ocorre dentro das flores ou pela ação de vento, insetos e gravidade. O principal agente causador da fecundação cruzada parece ser o vento (CARVALHO; KRUG, 1949).

O *C. arabica* é autofértil com cerca de 10% de polinização cruzada e vários estudos de natureza genética (CHARRIER; BERTHAUD, 1985), citológica (PINTO-MAGLIO; CRUZ, 1987), ou mesmo, análises relacionadas à origem geográfica e compatibilidade em cruzamentos controlados, indicam que a espécie teve origem mais provável na hibridação natural de gametas não reduzidos das espécies diploides *C. eugenoides* com *C. canephora* (LASHERMES et al., 1999).

Ainda de acordo com a revisão de Carvalho et al. (2008), a *C. arabica* é autofértil com cerca de 10% de polinização cruzada e vários estudos de natureza genética, citológica, ou mesmo, análises relacionadas à origem geográfica e compatibilidade em cruzamentos controlados, indicam que a espécie teve origem mais provável na hibridação natural de gametas não reduzidos das espécies diploides *C. eugenoides* com *C. canephora* ou *C. eugenoides* com *C. congensis*. As duas hipóteses não são conflitantes, uma vez que *C. canephora* e *C. congensis* pertencem a um mesmo grupo, denominado aliança canephora, composto de seis espécies taxonomicamente muito relacionadas e morfológicamente similares.

Pinto–Maglio; Cruz (2006) relatam que *Coffea arabica* é a única espécie poliplóide ($2n = 4x = 44$) e autocompatível no gênero, considerada um alotetraploide verdadeiro. A *C. arabica* possui um número básico de 11 cromossomos, apresentando a segregação genética tipicamente das espécies diplóides para quase todos os locos estudados, porém, uma parte mínima dos locos

exibe uma segregação diferenciada (TEIXEIRA-CABRAL et al., 2004; OLIVEIRA et al., 2007). Estima-se que o tamanho do genoma é de $2,56 \times 10^9$ pares de bases para *C. arabica* (CLARINDO; CARVALHO, 2009).

A espécie *C. canephora* Pierre ex Froehner, também denominada no Brasil como café robusta ou conilon, possui maior diversidade genética que a *C. arabica* e, devido a localização geográfica de grupos de *C. canephora*, foram então divididos para melhor identificação de suas características e designados como Guineano e Congolês. Populações silvestres da Costa do Marfim formam o grupo Guineano enquanto que o grupo Congolês é formado por plantas silvestres do Congo, Camarões e República Centro-Africana (CARVALHO et al., 2008).

O grupo Guineano é formado no Brasil pelos cafés conhecidos como conilon da espécie *C. canephora* e estes exibem sementes menores e estreitas, da mesma forma, as folhas. Já o grupo Congolês, que é formado por cafeeiros da variedade robusta, possuem plantas produtivas e com melhor vigor, maiores frutos e sementes, assim como folhas largas (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

A espécie *C. canephora* é uma planta alógama, sendo assim, apresenta fecundação cruzada, em consequência de uma autoincompatibilidade genética gametofítica controlada por um único gene S multialélico (NOWAK et al., 2011). De acordo com Pinto-Maglio e Cruz (2006), *C. canephora* e as demais espécies do gênero *Coffea* são diploides com ($2n = 2x = 22$) e auto-incompatíveis, exceto a *C. arabica*, como já foi dito anteriormente, com um genoma estimado de $1,38 \times 10^9$ pares de bases.

As folhas da espécie *C. canephora* em relação às da *C. arabica* são grandes, bordos com ondulações, nervuras bastante salientes, elípticas e lanceoladas e de coloração verde, porém, menos intensa. Possui grande número de flores, de cor branca e inflorescência em cada axila foliar, 5 a 8 estames fixados à base e o mesmo número de lobos na corola. Tem estigma bifido e estilo longo, com o pedicelo floral contido no caulículo, ao qual os lobos delongam - se em apêndices foliares (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

O crescimento da parte aérea (ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, formação de nós, expansão foliar, etc.) é lento em períodos de outono-inverno, épocas de seca, frio e dias curtos, não coincidindo com regiões equatoriais. Em estações de primavera-verão há um rápido crescimento, com condições favoráveis de chuvas, temperaturas e comprimento do dia (CANNEL, 1976, apud RONCHI;

DAMATTA, 2007).

A quantidade de frutos por nós (verticilo foliar) varia de 30 a 60, dependendo da cultivar. Eles exibem coloração avermelhada enquanto maduros. Geralmente as sementes são menores, comparando com as de *C. arabica*, possuem cor verde-clara, película prateada fixa. O endosperma, com cafeína concentrada, e pouco aromático, abundante em sólidos solúveis e na maioria das vezes exibindo bebida de caráter neutro (GUERREIRO-FILHO et al., 2008).

É comum entre o café robusta uma maior variação de maturação na lavoura, segundo Fazuoli et al. (2007), ocorrendo maturação precoce (270 dias), mediana (300 dias) e tardia (330 dias) nas cultivares. Para maximização da uniformidade dos lotes a clonagem das plantas precoces, médias ou tardias, separadamente, é uma estratégia recomendável.

É constante o emprego do robusta como mistura incorporada ao café de sabor e aroma melhores, derivados das cultivares de *C. arabica*. A denominação genérica, no comércio, relacionada ao produto dessa liga, é café “robusta” (GUERREIRO FILHO et al., 2008).

2.3 HISTÓRICO DO MELHORAMENTO GENÉTICO

O melhoramento genético do café é uma das áreas que proporciona grandes contribuições de pesquisa para o aumento da produtividade e da qualidade. Por ser o cafeeiro uma planta perene, o seu melhoramento para produtividade e outras características agrônômicas de interesse demandam um longo tempo (PEREIRA, 2010). Os métodos de melhoramento que podem ser utilizados no café arábica são introdução, genealógico, SSD, Bulk, retrocruzamentos e seleção recorrente, podem levar mais de 30 anos para o desenvolvimento das cultivares (SERA, 2001; SAKIYAMA et al., 2005).

Segundo Carvalho et al. (2008), o melhoramento genético do café arábica no Brasil pode ser dividido em duas fases distintas, sendo a primeira iniciada com a introdução do café no país, em 1727 estendendo-se até o início da década de 1930. Essa primeira fase é marcada pelo melhoramento considerado empírico (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002), ou seja, realizado pelos próprios produtores, que selecionavam as plantas mais produtivas para colher sementes e formar as mudas para novas plantações.

Foi introduzida no Brasil em 1727 a cultivar Typica, também denominada Arábica, Comum, Crioula e Nacional (CAMARGO; TELES Jr., 1953). Typica provavelmente teve sua origem de uma única planta do Jardim Botânico de Amsterdam na Holanda e originou as primeiras lavouras de café arábica plantadas no Brasil (CARVALHO; FAZUOLI, 1993).

Em 1859, foi introduzida a cultivar Bourbon Vermelho da Ilha de Reunião, considerada, na época, de produtividade maior comparado ao Typica. Em 1896, foi introduzida a cultivar Sumatra, que também apresentava maior produtividade do que Typica. Além dessas introduções, foram aproveitadas suas mutações que ocorreram no Brasil, como as que originaram as cultivares Maragogipe, Amarelo de Botucatu, Caturra Vermelho e Caturra Amarelo (CARVALHO, 1952).

No município de Maragogipe, no estado da Bahia, foram observadas mutações na cultivar Typica, que resultaram na seleção da variedade Maragogipe, a qual produz grãos com maior peneira (MÔNACO, 1960). Em 1930, em Pederneiras, no estado de São Paulo, foi encontrada a cultivar Bourbon Amarelo, presumivelmente originada do cruzamento natural entre as variedades Bourbon Vermelho e Amarelo Botucatu (CARVALHO et al., 1957).

Genótipos do Caturra foram de grande importância para o melhoramento, por se tratarem da primeira mutação para porte baixo com elevada capacidade de produção. Caturra Vermelho, provavelmente, foi originado da mutação natural ocorrida em Bourbon Vermelho. O Instituto Agrônomo (IAC), após intenso trabalho de seleção, lançou em 1949 as cultivares Caturra Amarelo IAC 476 e Caturra Vermelho IAC 477 (PEREIRA; BAIÃO, 2015).

A segunda fase do melhoramento genético do cafeeiro no Brasil teve início no começo da década de 1930, mais precisamente no ano de 1933, quando foi criada a Seção de Genética do IAC. Nessa fase foi iniciada o melhoramento de café utilizando metodologia científica, com grandes avanços na produtividade da cultivar Mundo Novo comparada ao Typica (CARVALHO, 1981, 1985).

Inicialmente, as análises genéticas tinham o objetivo de estudar a herança de algumas características nas variedades comerciais de *C. arabica*. Em seguida, passaram a dar ênfase aos estudos de características de maior interesse econômico como o porte, arquitetura e desenvolvimento dos cafeeiros e, principalmente, produção de grãos (MENDES; GUIMARÃES; SOUZA, 2002).

O Mundo Novo é uma recombinação resultante do cruzamento natural entre as cultivares Sumatra e Bourbon Vermelho, encontrado no município paulista de Mineiros do Tietê. Entre os anos de 1943 a 1952 foram efetuadas várias seleções de várias plantas matrizes e, sendo distribuídas aos agricultores a partir de 1952. Em experimentos conduzidos em Campinas, Jaú e Mococa, verificou-se que as melhores progênes de 'Mundo Novo' chegaram a produzir 80% a mais que o material original (sem seleção); 50% a mais do que as melhores seleções de 'Bourbon Amarelo'; 95% a mais que as melhores seleções de 'Bourbon Vermelho' e 240% a mais do que as progênes do 'Typica' (FAZUOLI et al., 2008).

As cultivares do grupo Catuaí surgiram da hibridação artificial de Caturra Amarelo IAC 476-11 com Mundo Novo IAC 374-19 realizado no IAC em 1949, com o intuito de transmitir os alelos responsáveis pelo porte baixo (*CtCt*) de Caturra Amarelo para Mundo Novo. Após diversas seleções, a cultivar foi lançada pelo IAC para fins comerciais em 1972 (CARVALHO et al., 2008).

Após a constatação no Brasil do fungo *Hemileia vastatrix* Berk. et Br., agente causal da ferrugem alaranjada, no início da década de 1970, além do IAC, outras instituições de pesquisa como EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais), IAPAR e ex-IBC iniciaram seus programas de melhoramento visando à resistência a essa doença. Como fontes de resistência foram utilizados os cafeeiros Icatu, Sarchimor, Híbrido de Timor e derivados da série BA, portadores do gene S_H3 (FAZUOLI et al., 2005; PEREIRA et al., 2005; SERA et al., 2005; MATIELLO; ALMEIDA; CARVALHO, 2005).

Híbrido de Timor (HT) e Icatu são híbridos interespecíficos entre as espécies *C. canephora* e *C. arabica*, os quais foram utilizados para transferência de genes de resistência à ferrugem do cafeeiro. Híbrido de Timor é o resultante da hibridação natural entre as duas espécies, enquanto que Icatu foi obtido de uma hibridação artificial entre um cafeeiro tetraploide de *C. canephora* e uma planta da cultivar Bourbon Vermelho de *C. arabica*, realizada em 1950, no IAC (PEREIRA; BAIÃO, 2015; FAZUOLI et al., 2008).

Na década de 90 e, principalmente, a partir do ano 2000, foram lançadas cultivares com diferentes origens como Catuaí x Mundo Novo, Villa Sarchi x Híbrido de Timor, Icatu x Catuaí, Catuaí x Híbrido de Timor, Sarchimor x Mundo Novo, Catimor x Catuaí, Acaiá x Catimor, Icatu x Catimor, Catuaí x Catindu e Catuaí x "Icatu de porte baixo", desenvolvidas por várias instituições de pesquisa como IAC,

IAPAR, PROCAFÉ (Fundação Procafé/MAPA), INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural) e EPAMIG / UFV (Universidade Federal de Viçosa) / UFLA (Universidade Federal de Lavras) (PEREIRA; BAIÃO, 2015).

Essas instituições são parte de um consórcio nacional de pesquisa denominado Consórcio Pesquisa Café, gerenciado pela EMBRAPA, e já desenvolveram cultivares com alto potencial produtivo, resistentes a diferentes doenças (EMBRAPA, 2015).

Vários programas de melhoramento utilizaram cafeeiros arábicos portadores de genes de *C. liberica* provenientes da Índia como S795, S288-23, S333 e cafeeiros da série BA. Esses cafeeiros da Índia foram cruzados com Caturra, Catuaí e Mundo Novo para transferir o fator S_H3 de resistência à ferrugem (FAZUOLI et al., 2005; PEREIRA et al., 2005; PEREIRA, 2010).

Além da resistência à ferrugem, foram identificados cafeeiros da série BA, originados da estação experimental de Balehonnur na Índia, com resistência à seca (MAZZAFERA; CARVALHO, 1987; QUEIROZ-VOLTAN et al., 2014).

Em 2012, foi lançada IPR 100, a primeira cultivar de café arábica de porte baixo com resistência aos nematoides *M. paranaensis* e *M. incognita*, a qual foi derivada do cruzamento de 'Catuaí Vermelho IAC 81' x ('Catuaí Vermelho IAC 81' x IAC 1110-8) (SERA et al., 2017).

O genótipo IAC 1110-8 é uma seleção feita no IAC na variedade BA-10 da Índia. IPR 105 também foi originada da mesma planta F_1 H8721 – EP164 c.1420 que, por sua vez, deu origem ao IPR 100. Entretanto, IPR 105 é suscetível aos nematoides e altamente resistente à ferrugem, provavelmente, por ser portador do gene S_H3 , enquanto que IPR 100 é suscetível à ferrugem (SERA et al., 2010). Outro cafeeiro derivado do cruzamento entre Catuaí com um material da Índia é a cultivar Saira (MATIELLO et al., 2016).

Recentemente, a Fundação Procafé lançou a cultivar Siriema AS1, que é propagada por sementes e possui resistência ao bicho-mineiro. Essa cultivar é portadora de genes de *C. racemosa*, possui três retrocruzamentos com *C. arabica* (RC₃) e foi originada do cruzamento entre Catimor UFV 417 e o genótipo C1195-5-6-2 (CARVALHO et al., 2008).

O genótipo C1195-5-6-2 foi derivado da hibridação natural entre *C. arabica* e *C. racemosa* (C1195), originando o híbrido triploide C1195-5, o qual foi

retrocruzado naturalmente mais duas vezes com *C. arabica*, dando origem à progênie F₁RC₂, denominada C1195-5-6-2 (GUERREIRO-FILHO, 2007).

Esse genótipo RC₂ foi utilizado por programas de melhoramento do Brasil como IAC, IAPAR e Fundação Procafé, visando transferir a resistência ao bicho-mineiro e à seca de *C. racemosa* para genótipos de *C. arabica* (MEDINA-FILHO; CARVALHO; MEDINA, 1977; GUERREIRO-FILHO et al., 1990).

De acordo com Carvalho (1993), a base genética de *C. arabica* é bastante estreita e a maioria das cultivares dessa espécie foi derivada de duas formas botânicas: Typica e Bourbon. Como já relatado anteriormente, os híbridos interespecíficos Híbrido de Timor, Icatu, cafeeiros da série BA e C1195-5-6-2 também contribuíram para a base genética das cultivares modernas de café arábica.

Uma diversidade genética maior do que nesses genótipos é observada em cafeeiros do centro primário de diversidade de *C. arabica*, que se encontra nos altiplanos do sudoeste da Etiópia. Esses recursos genéticos oriundos da Etiópia constituem uma grande fonte de alelos para o melhoramento genético (SILVESTRINI et al., 2007).

Atualmente, um dos principais desafios dos programas de melhoramento de café do Brasil é desenvolver cultivares de café arábica com produtividades superiores aos das cultivares mais antigas como as dos grupos Catuaí e Mundo Novo, as quais ainda são as mais cultivadas no Brasil, segundo Chalfoun; Reis (2010).

As cultivares do Catuaí e Mundo Novo são produtivas e possuem ampla adaptabilidade no Brasil, porém são suscetíveis à ferrugem e a outras doenças. Algumas cultivares superaram as produtividades das cultivares desses dois grupos em alguns ambientes de cultivo, como é o caso das cultivares Catuaí Amarelo 20/15, Sabiá 398, Catiguá MG 02, Catuaí Amarelo 24/137, IPR 103, IPR 100 e Acauã, que foram mais produtivas do que Catuaí Vermelho IAC 144 no noroeste do estado do Rio de Janeiro, Brasil (RODRIGUES et al., 2014).

Atualmente, não existem cultivares de café arábica simultaneamente resistentes ao nematoide *M. paranaensis* e com resistência à ferrugem alaranjada. É nesse sentido que o Híbrido de Timor pode ser um diferencial, permitindo o desenvolvimento de uma nova cultivar que possua ao mesmo tempo essas duas características de resistência tão desejadas.

2.4 IMPORTÂNCIA DO HÍBRIDO DE TIMOR NO MELHORAMENTO

O Híbrido de Timor (HT) foi originado do cruzamento espontâneo entre a espécie alotetraploide *C. arabica* ($2n = 4x = 44$ cromossomos) e a espécie diploide *C. canephora* ($2n = 2x = 22$ cromossomos). A primeira planta de HT foi encontrada em 1927, numa plantação da cultivar *Typica* implantada aproximadamente em 1917 ou 1918 na ilha de Timor. Em 1957, sementes de diferentes plantas do HT registradas no Centro de Investigação das Ferrugens do Cafeeiro (CIFC), em Oeiras, Portugal (BETTENCOURT, 1981).

Das plantas obtidas foram selecionadas plantas com alta resistência à todas as raças de ferrugem, das quais se destacaram os clones HT CIFC 832/1 e HT CIFC 832/2 (RODRIGUES-JUNIOR; BETTENCOURT; RIJO, 1975). A suposta primeira planta do HT foi introduzida no CIFC por meio de propagação vegetativa e foi denominada CIFC 4106 (PEREIRA et al., 2005), que posteriormente foi confirmada que é um alotriploide (CLARINDO; CARVALHO; MENDONÇA, 2012), o que explica a alta porcentagem de frutos moca.

Após anos das introduções CIFC 832, foram introduzidos no CIFC outros HT como CIFC 1343, CIFC 2252, CIFC 2255 e o clone CIFC 4106 (BETTENCOURT; FAZUOLI, 2008).

A maior parte dos cafeeiros melhorados para a resistência à ferrugem no mundo tiveram como fonte de resistência as plantas HT CIFC 832/1, HT CIFC 832/2, HT CIFC 1343 e HT CIFC 2570 (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Os principais híbridos produzidos no CIFC com o HT foram: HW 26 = Caturra Vermelho x HT 832/1 (“Catimor”); H 46 = Caturra Vermelho x HT 832/2 (“Catimor”); H 361 = Villa Sarchí x HT 832/2 (“Sarchimor”); H 528 = Catuaí Amarelo x HW 26/13 (“Cavimor”); H 529 = Caturra Amarelo x H 361/3 (“Cachimor”) (SILVA et al., 2006).

Outras introduções de cafeeiros do HT foram feitas pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), por meio de propagação vegetativa e sementes coletadas em cafeeiros selecionados no CIFC, Instituto de Investigação Agronômica de Angola (IIAA) e da Estação Regional de Uige (ERU) do Instituto de Café da Angola (PEREIRA et al., 2005).

As cultivares IAPAR 59, IPR 98, IPR 99 e Tupi IAC 1669-33 foram originados do H 361, enquanto que a cultivar Colômbia foi originada do cruzamento Caturra x HT CIFC 1343. Além da resistência à ferrugem, cafeeiros do HT são de grande importância para o melhoramento, pois também possuem: resistência à doença Coffee Berry Disease, provocada pelo fungo *Colletotrichum kahawae* (VAN DER VOSSSEN; WALYARO, 1980; RODRIGUES-JUNIOR; GONÇALVES; VÁRZEA, 2004).

Essas cultivares possuem também, moderada resistência à mancha aureolada provocada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (MOHAN; CARDOSO; PAVAN, 1978); alta resistência ao nematoide *Meloidogyne exigua* (MUNIZ et al., 2009); resistência intermediária a *M. paranaensis* (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014; SHIGUEOKA et al. 2016b); resistência intermediária a *M. incognita* (ALBUQUERQUE et al., 2010); qualidade de bebida especial com sabores de chocolate, caramelo, frutado e floral (SOBREIRA et al., 2015).

2.5 CULTIVARES BRASILEIRAS DERIVADAS DO HÍBRIDO DE TIMOR

Do cruzamento de Villa Sarchí CIFC 971/10 com HT CIFC 832/2 foram originadas cultivares do grupo Sarchimor como IAPAR 59, Tupi IAC 1669-33, IPR 98, IPR 99, Sarchimor MG 8840 e IAC 125 RN. Obatã Vermelho IAC 1669-20, provavelmente, foi originada do cruzamento natural entre Sarchimor e Catuaí Vermelho, enquanto que Obatã Amarelo IAC 4739, do cruzamento natural entre Obatã Vermelho IAC 1669-20 e Catuaí Amarelo (PEREIRA; BAIÃO, 2015).

A cultivar Arara foi lançada recentemente pela Fundação Procafé e se originou do cruzamento natural entre Sarchimor 1669-20 com Catuaí Amarelo ou com Icatu Amarelo IAC 2944 (MATIELLO et al., 2016).

O cruzamento entre Caturra Vermelho CIFC 19/1 e HT CIFC 832/1 originou as cultivares do grupo Catimor denominadas Oeiras MG 6851 e Katipó (PEREIRA; BAIÃO, 2015; MATIELLO et al., 2016).

Das hibridações artificiais entre cafeeiros do grupo Catuaí com cafeeiros do HT da UFV, surgiram as cultivares Paraíso MG H419-1, Sacramento MG 1, Araponga MG1, Catiguá MG 1, Catiguá MG 2, Catiguá MGS3, MGS Paraíso 2, Pau-Brasil MG1 (PEREIRA, 2010).

Três cultivares derivadas do cruzamento entre Sarchimor e Mundo Novo foram lançadas pelo IAPAR com o nome IPR 107 e pela Fundação Procafé com os nomes Acauã e Acauã Novo (SERA; SERA, 2013).

As cultivares IBC Palma 1 e IBC Palma 2 foram originadas da hibridação artificial entre Catimor UFV 353 (Caturra Vermelho CIFC 19/1 x HT 832/1) e Catuaí Vermelho IAC 81 (MATIELLO et al., 2016). A cultivar Sabiá Tardio é o resultado do cruzamento entre 'Catimor UFV 386' e Acaiaí (CARVALHO et al., 2008), enquanto que MGS Aranãs é uma cultivar originada do cruzamento entre Icatu Vermelho IAC 3851-2 e Catimor UFV 1602-215 (MATIELLO et al., 2016).

Essas cultivares derivadas do HT possuem porte baixo, sendo que várias são altamente resistentes à ferrugem e ao nematoide *M. exigua* (SERA et al., 2010; DEL GROSSI et al., 2013).

2.6 PRINCIPAIS NEMATOIDES PARASITOS DO CAFÉ NO BRASIL

Dentre os diversos fatores limitantes para se produzir café no Brasil, os fitonematoides estão entre os principais. As espécies dos gêneros *Pratylenchus* e *Meloidogyne* são, atualmente, as que mais atingem à cafeicultura brasileira, no entanto, a presença de cada gênero e/ou espécie varia de acordo com a região cafeeira (GONÇALVES; SILVAROLA, 2001).

Aproximadamente 90 espécies já descritas de *Meloidogyne*, 17 delas estão associadas com a cultura do café. *Meloidogyne paranaensis*, *M. incognita* e *M. exigua* são as três espécies de maior importância econômica nas lavouras de café do Brasil (CARNEIRO; COFCEWICZ, 2008; SALGADO; CARNEIRO; CANUTO, 2011).

Apesar dos nematoides *M. incognita* e *M. paranaensis* serem mais agressivos do que *M. exigua*, esta última, provavelmente, é a espécie que mais causa danos a cafeicultura, pois a sua disseminação é generalizada nos cafezais onde ocorre e apresenta uma ampla distribuição geográfica no Brasil. O *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).

De acordo com Santos (1997), também já foi observado *M. exigua* em cafezais dos seguintes estados: Paraná, Espírito Santo, Rio de Janeiro, Bahia, Distrito Federal e Ceará.

M. incognita é uma espécie com maior disseminação nas regiões do arenito dos Estados de São Paulo (CARNEIRO et al., 2005) e Paraná (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNÉHERVÉ, 2000). *M. incognita* foi identificado em poucas propriedades cafeeiras dos estados do Espírito Santo (LORDELLO; HASHIZUME, 1971), Minas Gerais (LIMA et al., 1985; CAMPOS; MELLES, 1987) e Bahia (SOUZA et al., 2000).

M. paranaensis está bem disseminado em cafezais paranaenses (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNÉHERVÉ, 2000) e paulistas (LORDELLO; LORDELLO, 2001; CARNEIRO et al., 2005), porém está se tornando um grave problema em regiões importantes do estado de Minas Gerais (CASTRO et al. 2008, SALGADO et al. 2015). Essa espécie também foi identificada atacando cafeeiros nos estados de Goiás (SILVA et al., 2009) e Espírito Santo (BARROS et al., 2011).

Utilizando plantas diferenciadoras de espécies diferentes do café, foram caracterizadas duas raças (raças 1 e 2) em *M. exigua*, quatro raças (raças 1 a 4) em *M. incognita* e somente uma em *M. paranaensis* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

Em um estudo foi verificada reação diferencial entre genótipos de café arábica resistentes com diferentes populações de MEX (*M. exigua*) denominadas Mex 1, Mex 2, Mex 3 e Mex 4. Para Mex 1 foram altamente resistentes os genótipos IAPAR 59, Paraíso H419-5-4-5-2 e Tupi IAC 1669-33, todos derivados de Híbrido de Timor, enquanto que para Mex 2 e Mex 4 foram altamente resistentes somente os dois primeiros. A população com maior espectro de virulência foi o Mex 3, que proporcionou suscetibilidade em todos genótipos (MUNIZ et al. 2009).

M. incognita e *M. paranaensis* são altamente agressivos ao cafeeiro, provocando severos danos ao sistema radicular e acarretando em alguns casos a morte da planta. A contaminação por essas espécies dificulta a manutenção e limitam o plantio de novos cafezais, pela alta incidência no solo, com ampla disseminação em plantas hospedeiras, e existência de raças fisiológicas de *M. incognita*, coincidindo com a suscetibilidade das cultivares de *Coffea arabica* (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007; MÔNACO et al., 2009).

Tanto o *M. paranaenses* quanto o *M. incognita* podem causar destruição de até 85% do volume do sistema radicular de cafeeiros da espécie *C. arabica* em um período de até cinco anos de cultivo (BERTRAND; ANTHONY, 2008) e permanecem aderidos no sistema radicular, alimentando-se, desenvolvendo-se e, reproduzindo-se por todo o ano praticamente (CAMPOS; SILVA, 2008; CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Além do café, *M. paranaensis* possui diversos hospedeiros (soja, olerícolas, plantas daninhas, entre outros), o que favorece o aumento da população e dificulta a sua eliminação (MÔNACO et al., 2009).

O controle de *M. paranaensis* é um grande desafio, sendo que a principal medida é evitar a disseminação por implementos, água, solo e mudas. Em áreas já infestadas, as medidas de controle são genético, químico, biológico e cultural (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

2.7 RESISTÊNCIA A MELOIDOGYNE PARANAENSIS

2. 7.1 Fontes de resistência

Foi identificada alta resistência a *M. paranaensis* em *Coffea canephora* Pierre ex Froehner (SERA et al. 2006, ANDREAZI et al. 2015) e em acessos de *C. arabica* silvestres da Etiópia (ANTHONY et al., 2003, BOISSEAU et al., 2009, FATOBENE et al., 2017).

Cafeeiros arábicos com introgressão de *C. canephora* como os derivados de Icatu possuem alta resistência (GONÇALVES; SILVAROLLA 2007, SHIGUEOKA et al. 2016a), enquanto que HT e seus derivados mostraram resistência intermediária (MUNIZ et al. 2009, SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014; SHIGUEOKA et al. 2016b).

É provável que a espécie *C. liberica* também possua alta resistência, porém ainda não foi testada. Isto porque a cultivar de café arábica IPR 100 possui alta resistência a *M. paranaensis* e foi derivada do cruzamento 'Catuaí Vermelho IAC 81' x ('Catuaí Vermelho IAC 81' x IAC 1110-8). Como Catuaí é suscetível, é provável que a fonte de resistência seja o IAC 1110-8, também denominado BA 10, o qual possui introgressão da espécie *C. liberica* (SERA et al. 2017).

A principal fonte de resistência utilizada até o momento nos programas de melhoramento para resistência a *M. paranaensis* foi o genótipo Icatu Vermelho IAC 925 (GONÇALVES et al., 1998).

IPR 106 foi a segunda cultivar de café arábica resistente lançada, cuja fonte de resistência foi o Icatu Vermelho IAC 925. O genótipo IAC 1110-8 foi bastante utilizado pelos programas de melhoramento do IAPAR (SERA et al. 2005) e IAC (FAZUOLI et al., 2005), porém ainda não é possível afirmar que esse genótipo e *C. liberica* tenham sido as fontes de resistência porque não foram testados.

2. 7. 2 Níveis e tipos de resistência

A resistência vertical ou qualitativa é caracterizada por ser controlada por um gene (monogênica), ou poucos genes (oligogênica), ter altos níveis de resistência e ter resistência específica para raças fisiológicas. A resistência horizontal ou quantitativa é controlada por muitos genes (poligênica), possui níveis de resistência moderados ou parciais e a resistência não é específica para raças. A resistência horizontal é mais durável do que a vertical, pois a maior quantidade de genes envolvidos no caráter dificulta a quebra de resistência por patógenos (BORÉM et al., 2017).

Uma das formas de avaliar a resistência qualitativa é por meio do FR, no qual pelo critério de Sasser; Carter; Hartman, (1984) com modificações, genótipos com $FR \leq 1,0$ são considerados resistentes e os com $FR > 1,0$ são suscetíveis. Entretanto, se utilizado somente o FR, é possível que ocorram graves erros na seleção dos genótipos ou no descarte de genótipos com resistência intermediária do tipo quantitativa.

Portanto, além do FR devem ser utilizados outros parâmetros para avaliar os níveis de resistência como a redução do fator de reprodução (RFR) (SHIGUEOKA et al., 2017) e o índice de suscetibilidade do hospedeiro (ISH) (GONÇALVES; FERRAZ, 1987, SHIGUEOKA et al., 2017).

Baseado nos valores do RFR os cafeeiros são classificados como altamente suscetível, suscetível, moderadamente suscetível, moderadamente resistente, resistente e altamente resistente (MOURA; REGIS, 1987; SHIGUEOKA et al., 2017).

A maioria dos estudos em *Coffea* spp. relatam a resistência qualitativa, com níveis de resistência elevados a *M. paranaensis* (LIMA et al., 2015), porém alguns estudos indicam a existência de resistência intermediária do tipo quantitativa (SHIGUEOKA et al., 2016b). Esse alto nível de resistência qualitativa ocorre devido a reação de hipersensibilidade de *Coffea* spp. ao parasitismo de *M. paranaensis* (LIMA et al. 2015).

A resistência intermediária a *M. paranaensis* foi identificada em genótipos do HT (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014) e seus derivados como o Sarchimor (MUNIZ et al., 2009; SHIGUEOKA et al. 2016b).

O genótipo HT UFV 408-01 apresentou resistência a *M. paranaensis* em condições de campo, no estado de Minas Gerais (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014). No HT UFV 408-28 foi identificada resistência intermediária a *M. incognita* no nível de moderada resistência e também foi observada reação de hipersensibilidade, enquanto que esse genótipo foi suscetível a *M. paranaensis* (ALBUQUERQUE et al. 2010).

2. 7. 3 Cultivares resistentes aos nematoides

O porta-enxerto Apoatã IAC-2258 de *C. canephora* possui alta resistência simultânea a *M. exigua* (SALGADO; REZENDE; CAMPOS, 2005), *M. paranaensis* (ANDREAZI et al., 2015) e *M. incognita* (SERA et al., 2006) e era a única opção de cultivar resistente aos nematoides.

Atualmente, além do porta-enxerto Apoatã, a cultivar de café arábica IPR 100, lançada em 2012, também possui alta resistência simultânea para esses três nematoides. Em 2017, o IAPAR lançou outra cultivar de café arábica, denominada IPR 106, com alta resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* (ITO et al., 2008). IPR 100 e IPR 106 podem ser utilizados como porta-enxertos, quando se quer um enxerto com resistência à ferrugem e de ciclo mais precoce (SERA et al., 2017).

Os genótipos do HT e seus derivados, como Sarchimor apresentaram resistência intermediária em alguns estudos (MUNIZ et al., 2009; SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014; SHIGUEOKA et al., 2016b) e, além disso, possuem alta resistência à ferrugem e possui ciclos de maturação dos frutos mais precoces (FAZUOLI et al., 2005; PEREIRA et al., 2005; SERA et al., 2005).

Como relatado anteriormente, os IPR 100 e IPR 106 são as únicas cultivares de *C. arabica* com resistência a *M. paranaensis*, porém são suscetíveis à ferrugem alaranjada e possuem ciclo de maturação dos frutos supertardio. Portanto, atualmente, existe uma demanda por cultivares resistentes a *M. paranaensis* com resistência à ferrugem e de ciclos de maturação dos frutos mais precoces.

Por possuir alta resistência à ferrugem e ciclos de maturação dos frutos mais precoces, a identificação de genótipos do HT e seus derivados com resistência a *M. paranaensis* são de grande importância para os programas de melhoramento. São necessários estudos que comprovem os níveis de resistência a *M. paranaensis* dos genótipos do HT.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. V. S.; CARNEIRO, R. M. D. G.; COSTA, P. M.; GOMES, A. C. M. M.; SANTOS, M.; PEREIRA, A. A.; NICOLE, M.; FERNANDEZ, D.; GROSSI-DE-AS, M. F. Resistance to *Meloidogyne incognita* expresses a hypersensitive-like response in *Coffea arabica*. **European Journal of Plant Pathology**, Springer, 127:365-373, Mar 2010.
- ANDREAZI, E.; SERA G. H.; SERA T.; FARIA, R. T. de; FONSECA I. C. de B.; MACHADO, A. C. Z.; SHIGUEOKA, L. H.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C. Behavior of 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' coffee cultivars under different infestation levels of *Meloidogyne paranaensis* inoculum. Australian: **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, n.11, p. 1069-1074, 2015.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; ASTORGA, C.; ANZUNETO, F.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latino-americana. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica n. 67, p. 5-12, 2003.
- BARROS, A. F.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. O.; COUTINHO, R. R. *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease Notes**, v. 6, p. 43-45. 2011.
- BERTRAND, B.; ANTHONY, F. Genetics of resistance to root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) and breeding. In: Souza, R. M. (Ed.). **Plant-parasitic nematodes of coffee**, Berlin: Springer, p. 165-190, 2008.
- BETTENCOURT, A.J. **Melhoramento genético do cafeeiro**: Transferência de factores de resistência à *Hemileia vastatrix* Berk. e Br. para as principais cultivares de *Coffea arabica* L. Lisboa: Junta de investigações científicas do ULTRAMAR/Centro de Investigação das Ferrugens do cafeeiro, Oeiras, p. 93, 1981.
- BETTENCOURT, A. J.; FAZUOLI, L. C. **Melhoramento genético de *Coffea arabica* L.**: Transferência de genes de resistência a *Hemileia vastatrix* do Híbrido de Timor para a cultivar Villa Sarchí de *Coffea arabica* / Campinas: Instituto Agrônômico, p. 20, 2008. (Documentos IAC, 84).
- BOISSEAU M. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 38-41, 2009.
- BONETTI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações no método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 533, 1981.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Melhoramento visando à resistência a doenças. In: BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. (eds.). **Melhoramento de plantas**. 7. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2017. p. 394-418.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA. **Café no Brasil**. Brasília, 2017. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/assuntos/politica-agricola/cafe/cafeicultura-brasileira>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

CAMARGO, R. de; TELLES JUNIOR, A.Q. **O café no Brasil sua aclimação e industrialização**. Rio de Janeiro: Serviço de informação Agrícola do Ministério da Agricultura, 1953. p. 535.

CAMPOS, V. P.; MELLES, C. C. A. Ocorrência e distribuição de espécies de *Meloidogyne* em cafezais dos campos das vertentes e do sul de Minas. **Nematologia Brasileira**. Piracicaba, v.11, p. 40-233. 1987.

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

CAMPOS, V. P.; SILVA, J. R. C. Management of *Meloidogyne* spp. In coffee plantations. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant Parasitic nematodes of coffee**. Dordrecht: Springer, 2008. p. 149-164.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; QUÉNÉHERVÉ, P. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**, v. 2, p. 645-654, 2000.

CARNEIRO, R. M. D. G.; COFCEWICZ, E. T. Taxonomy of coffee-parasitic root-knot nematodes, *Meloidogyne* spp. In: SOUZA, R. M. (Ed.). **Plant parasitic nematodes of coffee**. Holand: Springer, 2008. p. 87-122.

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**, v. 29, n. 2, p. 233-241, 2005.

CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro VI – Estudo e interpretação, para fins de seleção de produção individuais na variedade Bourbon. Campinas: **Bragantia**, v.12, p. 179-200, 1952.

CARVALHO, A. Novas variedades mais produtivas. **Agricultura hoje**, São Paulo, v.6, n.68, p. 32-34, 1981.

CARVALHO, A. Evolução nos cultivares de café. Campinas: **O Agrônomo**, v.37, n.1, p. 7-11, 1985.

CARVALHO, A. **Histórico do desenvolvimento do cultivo do café no Brasil**. Campinas: Instituto Agrônomo, p.7. 1993. (Documento IAC, 34).

CARVALHO, A; ANTUNES FILHO, H.; MENDES, J.E.T.; LAZZARINI, W; REIS, A.J.; ALOISI SOBRINHO, J.; MORAES, M.V. de; NOGUEIRA, P.K.; ROCHA, T.R. da.

Melhoramento do cafeeiro XIII - Café Bourbon Amarelo. *Bragantia*, Campinas, v.16, p. 411-454, 1957.

CARVALHO, A; KRUG, C. A. Agentes de polinização da flor do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). *Bragantia*, v. 9 (1-4): p. 11-24. 1949.

CARVALHO, A.; FAZUOLI, L. C. Café. In: FURLANI, A. M. C.; VIÉGAS, G. P. (Ed.). **O Melhoramento de plantas do Instituto Agrônômico**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1993. p. 29-76.

CARVALHO, C, H, S.; FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO FILHO, O.; PEREIRA, A. A.; ALMEIDA. S. R.; MATIELLO. J. B.; BARTHOLO. G. F.; SERA. T.; MOURA. W. M.; MENDES. A. N. G.; REZENDE J. C.; FONSECA. A. F. A.; FERRÃO M. A. G.; FERRÃO. R. G.; NACIF A. P.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI M. T. CARVALHO, C. H. S. (Ed.). **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, p. 157-226, 2008.

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 Brasil*, 32, 56-64. 2008.

CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. In: REIS, P.R.; CUNHA, R.L. da. **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG SM, v.1. 2010. p. 23-85.

CHARRIER, A.; BERTHAUD, J. Botanical classification of coffee. In: CLIFFORD, M. N.; WILSON, K. C. (Ed.). **Coffee: botany, biochemistry and production of beans beverage**. Westpost: AVI, 1985. p. 13-47.

CLARINDO, W. R.; CARVALHO, C.R. Comparison of the *Coffea canephora* and *C. arabica* karyotype based on chromosomal DNA conten. *Plant Cell Reports*, Berlin, v. 28, p. 73-81. 2009.

CLARINDO, W. R.; CARVALHO, C. R.; MENDONÇA, M. A. C. Cytogenetic and flow cytometry data expand knowledge of genome evolution in three *Coffea* species. *Plant System Evolution*. p. 298:835–844. 2012.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento da Safra Brasileira Café: segundo levantamento**. Brasília: CONAB, 2019. Disponível em:

<file:///C:/Users/Lab.%20Caf%C3%A9/Downloads/BoletimZCafeZjanZ2019%20(1).pdf> Acesso em: jan. 2019.

DEL GROSSI, L.; SERA, T.; SERA, G. H.; FONSECA, I. C. de B.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G. Rust resistance in Arabic Coffee cultivars in northern Paraná. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, v. 56, p. 27-33, 2013.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – Embrapa. **Consórcio Pesquisa Café, coordenado pela Embrapa Café, lança Aranãs, nova cultivar de café de alta produtividade e qualidade de bebida**. Brasília: Embrapa, 2015.

Disponível em: <<https://www.embrapa.br/cafe/busca-de-noticias/-/noticia/3617420/consorcio-pesquisa-cafe-coordenado-pela-embrapa-cafe-lanca-aranas-nova-cultivar-de-cafe-de-alta-produtividade-e-qualidade-de-bebida>>. Acesso em: jun. 2018.

FATOBENE, B. J. dos R.; ANDRADE, V. T.; ALOISE, G. S.; SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO-FILHO, O. Wild *Coffea arabica* resistant to *Meloidogyne paranaensis* and genetic parameters for resistance. **Euphytica**. 2017.

FAZUOLI, L. C.; CARVALHO, C. H. S.; CARVALHO, G. R.; GUERREIRO FILHO.; O. PEREIRA, A. A.; BARTHOLO, G. F.; MOURA, W. M.; SILVAROLLA, M. B.; BRAGHINI, M.T. Cultivares de Café arábica de porte baixo. IN: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem, características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, p. 227-254. 2008.

FAZUOLI, L. C.; OLIVEIRA, A. C. B. de; TOMA-BRAGHINI, M.; SILVAROLLA, M. B. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust at the IAC. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 137-185.

FAZUOLI, L. C.; TOMA-BRAGHINI, M.; MISTRO, J. C.; SILVAROLLA, M. B. Café robusta: uma nova opção para a cafeicultura paulista. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, 2007, p.71-74. Disponível em: <http://www.iac.sp.gov.br/publicacoes/agronomico/pdf/v59_artigo19.pdf> Acesso em: jun. 2018.

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

GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A.; SILVAROLLA, M. B.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O. Cultivar Icatu Vermelho IAC 925 – Fonte de resistência a nematoides do gênero *Meloidogyne*. **Genetics and Molecular Biology**, v. 21, 1998. (Supplement): 228.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v.59, n.1, p. 54-57. 2007.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, 2001. p. 199-267.

GUERREIRO-FILHO, O. Cafeeiros resistentes ao bicho mineiro. **O Agrônomo**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 46-47. 2007.

GUERREIRO-FILHO, O.; MEDINA-FILHO, H. P.; GONÇALVES, W.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro XLIII- Seleção de cafeeiros resistentes ao bicho-mineiro. **Bragantia**, Campinas, v. 49, n. 2, p. 291-304. 1990.

GUERREIRO FILHO, O.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; SILVAROLLA M. B.; BOTELHP. C. E.; FAZUOLI, L. C. Origem e classificação botânica do cafeeiro. IN: CARVALHO, C. H. S. **Cultivares de café: origem características e recomendações**. Brasília: Embrapa Café, 2008. p. 27-34.

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* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. Lavras: **Coffee Science**, v. 3, n. 2, p. 156-163. 2008.

LASHERMES, P.; COMBES, M. C.; ROBERT, J.; TROUSLOT, P.; D'HONT, A.; ANTHONY, F.; CHARRIER, A. Molecular characterisation and origin of the *Coffea arabica* L. genome. **Molecular and General Genetics**, New York, v. 261, p. 259-266. 1999.

LIMA, R. D.; CAMPOS, V. P.; HUANG, S. P.; MELLE, C.C. A. Reprodutividade e parasitismo de *Meloidogyne exigua* em ervas daninhas que ocorrem em cafezais. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v.9, p.63-72, 1985.

LIMA, E. A., FURLANETTO, C., NICOLE, M., GOMES, A. C. M. M., ALMEIDA, M. R. A., ALDEMIRO, J. J., CORREA, V. R., SALGADO, S. M., FERRÃO, M. A. G., CARNEIRO, R.M.D.G. The multi-resistant reaction of drought tolerant coffee "conilon Clone 14" to *Meloidogyne* spp. and late hypersensitive-like response in *Coffea canephora*. **Phytopathology**, v.105, n.6, p.805-814. 2015.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. Nematoides encontrados em cafezais do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 23, 2001, Garça. **Resumos...** Garça: SBN/ FAEF, 2001. p.85.

LORDELLO, L. G. E.; HASHIZUME, H. Suscetibilidade da variedade Kouillou de *C. canephora* a um nematóide. **Revista de Agricultura**, p. 46:157-158. 1971.

MAZZAFERA, P. I.; CARVALHO, A. Produção e tolerância à seca de cafeeiros. **Bragantia**, Campinas, v. 46, p. 403-415. 1987.

MEDINA-FILHO, H. P.; CARVALHO, A.; MEDINA, D. M. Germoplasma de *C. racemosa* e seu potencial no melhoramento do cafeeiro. **Bragantia**, Campinas, v. 36, p. 43-46. 1977.

MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: GUIMARÃES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. (Eds.). **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p. 39-99.

MOHAN, S. K.; CARDOSO, R. L.; PAVAN, M. A. Resistência em germoplasma de *Coffea* ao crestamento bacteriano incitado por *Pseudomonas garcae*. Amaral et al. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. p. 13: 53-64, 1978.

MÔNACO, A. P. A.; CARNEIRO, R. G.; KRANZ, W. M.; GOMES, J. C.; SCHERER, A.; SANTIAGO, D. C. Reação de Espécies de Plantas Daninhas a *Meloidogyne incógnita* Raças 1 e 3, a *M. javanica* e a *M. paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, vol. 33(3), 2009.

MÔNACO, L. C. Melhoramento do cafeeiro XVII- Seleção do café Maragogipe AD. **Bragantia**, Campinas, v. 19, p. 459- 492, 1960.

MOURA, R.; REGIS, E. M. O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematode**. Brasília, v. 11, p. 215-225, 1987.

MUNIZ, M. F. S.; CAMPOS, V. P.; MOITA, A. W.; GONÇALVES, W.; ALMEIDA, M. R. A.; SOUSA, F. R.; 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**, v.34, 2009. p. 370–378.

NOWAK, M. D.; DAVIS, A. P.; ANTHONY, F.; YODER, A. D. Expression and trans specific polymorphism of self-incompatibility rnaes in coffee (rubiaceae). **Plos One**, San Francisco, v.6, n.6, 2011.

OLIVEIRA, A. C. B.; SAKIYAMA, N.S.; CAIXETA, E. T.; ZAMBOLIM, E. M.; RUFINO, R. J. N.; ZAMBOLIN, L. Partial map of *Coffea arabica* L. and recovery of the recurrent parent in backcross progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 7, p. 196-203, 2007.

PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, E.; CAIXETA, E. T. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust in the UFV/EPAMIG breeding program. In: ZAMBOLIM, L, ZAMBOLIM, E.M.; VÁRZEA, V.M.P., (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p. 215-232.

PEREIRA, A. A. Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. **Café arábica do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. p.161-201.

PEREIRA, A. A.; BAIÃO, A. C. Cultivares. In: SAKIYAMA, N. et al. **Café arábica do plantio à colheita**. Viçosa: FUNEP, p. 24-45, 2015.

PINTO-MAGLIO, C. A. F.; CRUZ, N. D. Cytogenetics of coffee. **Brazilian Journal Plant Physiology**, p. 37-44, 2006.

PINTO-MAGLIO, C. A. F.; CRUZ, N. D. Pachytene chromosome morphology in *Coffea* L. I. **Nucleolar chromosomes**. **Caryologia**, p. 7-23, 1987.

QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; NARDIN, C. F.; FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T. Caracterização da anatomia foliar de cafeeiros arábica em diferentes períodos sazonais. **Biotemas**, Florianópolis, v. 27, n. 4, p. 1-10, 2014.

RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; BETTENCOURT A. J.; RIJO, L. Races of the pathogen and resistance to coffee rust. **Annual Review of Phytopathology**, v. 13, p. 49-70, 1975.

RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; GONÇALVES, M. M.; VÁRZEA, V. M. P. Importância do Híbrido de Timor para o território e para o melhoramento da cafeicultura mundial. **Ciências Agrárias**. p. 27: 203-213, 2004.

RODRIGUES, W. P., VIEIRA, H. D., BARBOSA, D. H., SOUZA FILHO, G. R., PARTELLI, F. L. Adaptability and genotypic stability of *Coffea arabica* genotypes based on REML/BLUP analysis in Rio de Janeiro State, Brazil. Rio de Janeiro: **Genetic Molecular Research**, p. 2391-2399, 2014.

RONCHI, C. P.; DAMATTA, F. M. Aspectos fisiológicos do café conilon. In: FERRÃO, R. G. et al. (Ed.). **Café conilon**. Vitória: INCAPER, 2007. p. 95-119.

SAKIYAMA, N.S. O café arábica. In: SAKIYAMA, N. S. et al. **Café arábica do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 9-23.

SAKIYAMA, N. S.; PEREIRA, A. A.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, L. Melhoramento do café arábica. In: BOREM, A. (Ed.). **Melhoramento de espécies cultivadas**. Viçosa: Ed. UFV, 2005. p. 203-223.

SALGADO, S. M.; CARNEIRO, R. M. D. G.; CANUTO, R. S. Aspectos técnicos dos nematoides parasitas do cafeeiro. **EPAMIG**, Belo Horizonte, 2011. 60 p. (Boletim técnico 98).

SALGADO, S. M. L.; GUIMARÃES, N. M. R. B.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; MARCELO, A. L.; SOUZA, S. R. de; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, D. F. *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, p. 475-481, 2015.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 94-101, 2014.

SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, v. 30, n. 4, p. 413-415, 2005.

SANTOS, J. M. Taxonomia de espécies de *Meloidogyne* Goeldi, 1889 que infectam o cafeeiro (*Coffea* spp.) no Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, p. 22:229-230, 1997.

SASSER, J. N.; CARTER, C. C.; HARTMAN, K. M. Standardation of host suitability studies and reporting of resistance to root-knot nematodes. Raleigh: **North Carolina State University/USAID**, 1984.

- SERA, T. Coffee genetic breeding at Iapar. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, 1(2): 179-199, 2001.
- 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. Londrina: Semina: **Ciências Agrárias**, v.27, p.171-184, 2006.
- SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S. Resistência à ferrugem alaranjada em cultivares de café. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, p. 59-66, 2010.
- SERA, T.; SERA, G. H.; FAZUOLI, L. C.; MACHADO, A. C. Z.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A. IPR 100 – Rustic dwarf Arabica coffee cultivar with resistance to nematodes *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita*. **Crop Breeding Applied Biotechnology**. v. 17, p. 175-179, 2017.
- SERA, T.; SERA, G. H. IPR 107 – Dwarf arabic coffee cultivar with resistance to coffee leaf rust. Londrina: **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 13, p. 215-217, 2013.
- SERA, T.; SERA, G. H.; ITO, D. S.; DOI, D. S. Coffee breeding for durable resistance to leaf rust disease at Instituto Agronômico do Paraná. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 187-214.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. DE B.; ANDREAZI, E.; CARDUCCI, F. C.; SERA, G.H. Coffea arabica lines with resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* derived from crossings with IPR 100. **Australian Journal of Crop Science**, v.11 n. 09. p. 1203-1209, 2017.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C.; ITO, D. S. Reaction of Arabica coffee progenies derivative from Icatu to *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, 2016a.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; SILVA, S. A.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z. Host reaction of arabica coffee genotypes derived from Sarchimor to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematoda**, p. 3: 10-16, 2016b.
- SILVA, M. do C.; VÁRZEA, V.; GERRA-GUIMARÃES, L.; AZINHEIRA, H. G.; FERNANDEZ, D.; PETITOT, A. S.; BERTRAND, B.; LASHERMES, P.; NICOLE, M. Coffee resistance to the main diseases: leaf rust and coffee berry disease. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 18, n. 1, p. 119-147, 2006.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIM, L. Primeiro relato de ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, 33, 187-190. 2009.

SILVESTRINI, M.; JUNQUEIRA, M. G.; FAVARIN, A. C.; GUERREIRO-FILHO, O.; MALUF, M. P.; SILVAROLLA, M. B.; COLOMBO, C. A.; Genetic diversity and structure of Ethiopian, Yemen and Brazilian *Coffea arabica* L. accessions using microsatellites markers. **Springer Science + Business Media**, v. 6, p. 1367-1379, 2007.

SOBREIRA, F. M.; OLIVEIRA, A. C. B. de; PEREIRA, A. A.; SAKYIAMA, N. S. Potential of híbrido de timor germplasm and its derived progenies for coffee quality improvement. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9 p. (4): 289-295, 2015.

SOUZA, S. E.; SANTOS, J. M.; MATOS, R. V.; RAMOS, J. A.; SANTOS, F. S.; FERRAZ, R. C. N.; CARVALHO, G. S.; OLIVEIRA, C. A. Levantamento preliminar de *Meloidogyne* em cafeeiros no Estado da Bahia, Planalto de Vitória da Conquista e Chapada Diamantina. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos...** Brasília, DF: Embrapa Café; Minasplan, 2000. p. 167-170.

TEIXEIRA-CABRAL, T. A.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; PEREIRA, A. A.; SCHUSTER, I. Single-locus inheritance and partial linkage map of *Coffea arabica* L. Londrina: **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 4, p. 416-421, 2004.

VÁRZEA, V. M. P.; MARQUES, D. V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 53-74.

VAN der VOSSSEN, H. A.M.; WALYARO, D. J. 'Breeding for resistance to coffee berry disease in *Coffea Arabica* II, Inheritance of the resistance'. **Euphytica**, v. 29, 777-91. 1980.

3 ARTIGO: RESISTÊNCIA INTERMEDIÁRIA AO NEMATOIDE *Meloidogyne paranaensis* EM GENÓTIPOS DE CAFÉ DO HÍBRIDO DE TIMOR

3.1 RESUMO

A cafeicultura brasileira sofre importantes perdas econômicas devido ao parasitismo de *Meloidogyne paranaensis*. Em áreas afetadas, o manejo genético por meio do uso de cultivares resistentes é a melhor alternativa para o cultivo, pelo controle eficiente, baixo custo e por não causar danos ao meio ambiente. O Híbrido de Timor, resultante da hibridação natural entre as espécies *C. canephora* e *C. arabica*, por possuir genes de *Coffea canephora*, tem sido usado no melhoramento como fonte de resistência à ferrugem alaranjada (*Hemileia vastatrix*) e a *Meloidogyne* spp. De acordo com essa possibilidade, o objetivo desse estudo foi avaliar a resistência a *M. paranaensis* em genótipos do Híbrido de Timor (HT). Foram avaliados 10 acessos do HT, provenientes do banco de germoplasma da EPAMIG/UFV e, como controle suscetível, foi utilizada a cultivar Mundo Novo IAC 376-4. Foram conduzidos dois experimentos, em casa de vegetação no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), em Londrina, PR, Brasil, entre os meses de Outubro de 2017 e Fevereiro de 2018. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 tratamentos, 8 repetições e uma planta por parcela. As mudas com três a quatro pares de folhas foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL e 32 dias após o transplântio, foram inoculados 1200 ovos e juvenis J2 de *M. paranaensis* – população inicial (Pi). As avaliações foram realizadas 134 dias após a inoculação, obtendo dados do número de ovos e juvenis J2 por grama de raízes e a população final de nematoides (Pf). O fator de reprodução (FR) foi calculado usando a fórmula: $FR = Pf / Pi$. Para classificar os genótipos quanto aos níveis de resistência, foi utilizada a redução do fator de reprodução (RFR). Foram observados diferentes níveis de resistência parcial entre os acessos, com destaque para HT UFV 408-28 que apresentou moderada resistência. O HT UFV 408-28 demonstrou possuir genes de resistência ao nematoide *M. paranaensis*, portanto, será utilizado em cruzamentos com plantas que possuam outras características de interesse e que não possuam resistência a *M. paranaensis*, ou aumentando a resistência de plantas que já possuam resistência quantitativa intermediária.

Palavras-chave: *Coffea arabica*, melhoramento, nematoide das galhas, Sarchimor.

3.2 ABSTRACT

The Brazilian coffee industry suffers significant economic losses due to the parasitism of *Meloidogyne paranaensis*. In affected areas, genetic management through the use of resistant cultivars is the best alternative for cultivation, efficient control, low cost and no harm to the environment. The Hybrid of Timor, resulting from the natural hybridization between the *C. canephora* and *C. arabica* species, for having *Coffea canephora* genes, has been used in breeding as a source of resistance to orange rust (*Hemileia vastatrix*) and *Meloidogyne* spp. According to this possibility, the objective of this study was to evaluate the resistance to *M. paranaensis* in genotypes of the Timor Hybrid (HT). Ten HT accessions from the germplasm bank of EPAMIG / UFV were evaluated and, as susceptible control, the cultivar Mundo Novo IAC 376-4 was used. Two experiments were carried out in a greenhouse at the Instituto Agronômico do Paraná (IAPAR), in Londrina, PR, Brazil, between October 2017 and February 2018. The experimental design was completely randomized with 10 treatments, 8 replicates and one plant per plot. Seedlings with three to four pairs of leaves were transplanted into plastic cups with 700 mL capacity and 32 days after transplanting, 1200 eggs and J2 juveniles of *M. paranaensis* - initial population (P_i) were inoculated. Evaluations were performed 134 days after inoculation, obtaining data on the number of eggs and juveniles J2 per gram of roots and the final population of nematodes (P_f). The reproduction factor (FR) was calculated using the formula: $FR = P_f / P_i$. To classify the genotypes for resistance levels, a reduction of the reproductive factor (RFR) was used. Different levels of partial resistance between the accesses were observed, highlighting HT UFV 408-28 that presented moderate resistance. HT UFV 408-28 has been shown to possess resistance genes to the *M. paranaensis* nematode, therefore, it will be used in crosses with plants that have other characteristics of interest and that do not have resistance to *M. paranaensis*, or increasing the resistance of plants that already have quantitative resistance.

Key words: *Coffea arabica*, breeding, root knot nematoides, Sarchimor.

3.3 INTRODUÇÃO

A cafeicultura brasileira sofre expressivas perdas econômicas devido ao parasitismo do fitonematoide *Meloidogyne paranaensis*, que é uma espécie muito agressiva, trazendo consequências negativas para o cafeeiro, levando à necrose foliar, redução do crescimento, queda de folhas e declínio geral da planta, podendo causar a morte da planta. Em geral ocorre a redução da produtividade do café arábica em áreas infestadas, e limitação da implantação de novos cafezais nessas áreas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

M. paranaensis está disseminado em cafezais paranaenses (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNÉHERVÉ, 2000) e paulistas (LORDELLO; LORDELLO, 2001; CARNEIRO et al., 2005), porém está se tornando um grave problema em regiões importantes do estado de Minas Gerais (CASTRO et al. 2008, SALGADO et al. 2015). Essa espécie também foi identificada atacando cafeeiros nos estados de Goiás (SILVA; OLIVEIRA; ZAMBOLIM, 2009) e Espírito Santo (BARROS et al., 2011).

Apesar de ser menos disseminada no Brasil, se comparado ao *M. exígua*, o *M. paranaensis* está se tornando uma grave ameaça para cafeicultura brasileira, por apresentar alta agressividade e estar se disseminando rapidamente para várias regiões cafeeiras importantes, como Sul de Minas Gerais e Triângulo Mineiro, além de existirem poucas cultivares resistentes. Esse nematoide também afeta plantações na Guatemala (CARNEIRO et al., 2004) e México (LOPEZ-LIMA et al., 2015).

Em áreas contaminadas, o controle químico e a erradicação de fitonematoide são difíceis ou praticamente impossíveis de serem realizados, sendo importantes estratégias de manejo, como: genético, biológico e cultural (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007).

O manejo genético por meio do uso de cultivares resistentes é considerado a melhor alternativa para o cultivo nessas áreas infestadas, pelo controle eficiente, e por não causar danos ao meio ambiente. O uso de mudas enxertadas sobre o porta-enxerto resistente Apatã IAC 2258 representa um baixo custo adicional, se comparar com o benefícios que o uso dessas terão se utilizadas em áreas infestadas.

Cultivares de café arábica resistentes como IPR 100 (SERA et al., 2017) e IPR 106 (ITO et al., 2008), não necessitam do porta-enxerto, o que não aumenta os custos pelo uso de mudas resistentes.

Existem poucas fontes de resistência a *M. paranaensis* identificadas em *Coffea* spp., quando comparado com *M. exigua*. Esse é um dos motivos de existirem poucas cultivares de café arábica com alta resistência a *M. paranaensis*. Alta resistência a *M. paranaensis* foi identificada em *C. canephora* Pierre ex Froehner (SERA et al., 2006, ANDREAZI et al., 2015) e em acessos de *C. arabica* silvestres da Etiópia (ANTHONY et al., 2003, BOISSEAU et al., 2009, FATOBENE et al., 2017).

Cafeeiros arábicos com introgressão de *C. canephora* como os derivados de Icatu possuem alta resistência (SHIGUEOKA et al., 2016a).

A maioria dos estudos em *Coffea* spp. relatam níveis de resistência elevados a *M. paranaensis* (LIMA et al., 2015, SHIGUEOKA et al., 2017), porém alguns estudos relataram resistência intermediária a *M. paranaensis* em derivado do Híbrido de Timor (HT) como o Sarchimor (MUNIZ et al., 2009, SHIGUEOKA et al., 2016b).

Ainda não há resultados de trabalhos que comprovem que essa resistência foi originada do HT. Em apenas um estudo foi observado que o genótipo HT UFV 408-01 apresentou resistência a *M. paranaensis* em condições de campo, no estado de Minas Gerais (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014). Dessa forma, é importante o teste com genótipos do HT também em ambiente controlado.

O Híbrido de Timor (HT), resultante da hibridação natural entre as espécies *C. canephora* e *C. arabica*, quando retrocruzado com *C. arabica*, é um cafeeiro arábico autofértil e tetraplóide com genes de *C. canephora* e, tem sido muito utilizado em programas de melhoramento genético no mundo como fonte de resistência à ferrugem alaranjada, provocada pelo fungo *Hemileia vastatrix*.

Sendo assim, o objetivo desse estudo foi avaliar os níveis de resistência ao nematoide *M. paranaensis* em genótipos do Híbrido de Timor.

3.4 MATERIAL E MÉTODOS

Foram avaliados 10 acessos (UFV 408-11, UFV 443-08, UFV 446-138, UFV 408-28, UFV 448-75, UFV 428-04, UFV 408-10, UFV 439-14, UFV 445-70 e UFV 380-05) de Híbrido de Timor do banco de germoplasma da EPAMIG/UFV, os quais foram derivados de sementes de polinização aberta. Não é conhecido quais são as gerações de autofecundação desses acessos. O controle suscetível utilizado foi a cultivar Mundo Novo IAC 376-4.

3.4.1 Condução e Instalação do Experimento

Foram instalados dois experimentos (experimento 1 e experimento 2), em casa de vegetação no Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR) em Londrina, PR, Brasil (lat. 23°21'20,0"S; long. 51°09'58,2"W), entre os meses de outubro de 2017 e fevereiro de 2018. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com 10 tratamentos, oito repetições e uma planta por parcela. Durante o período do experimento, as médias de temperatura máxima e mínima registradas foram de 32,4 °C e 22,8 °C, respectivamente.

As mudas foram obtidas através de semeadura em germinadores contendo areia, sendo transplantadas para tubetes quando atingiram o estágio cotiledonar. As mudas com três a quatro pares de folhas foram transplantadas para copos plásticos com capacidade de 700 mL e 32 dias após o transplante, foram inoculadas. O substrato foi formulado contendo uma mistura de solo (Latosolo Argiloso) e areia 1:1, previamente esterilizada em estufa a 100 °C por três horas. Para cada 72 litros da mistura de solo foram adicionados 230 g de superfosfato simples, 22 g de KCl, 24 g de uréia e 72 g de calcário dolomítico, de acordo com a recomendação técnica.

3.4.2 Obtenção, Quantificação e Inoculação dos Nematoides

O inóculo de *M. paranaensis* foi obtido do município de Apucarana (Paraná, Brasil) e registrado no Laboratório de Nematologia do IAPAR com o número 98.1. A população foi identificada como *M. paranaensis* através de fenótipos de α -esterase (CARNEIRO; ALMEIDA; QUÉNÉHERVÉ, 2000), características

morfológicas (HARTMAN; SASSER, 1985), e exame do padrão perineal de fêmeas. Para obtenção da população purificada, uma massa de ovos foi multiplicada em tomateiro do cultivar Santa Clara. Após essa multiplicação, o inóculo foi mantido em cafeeiro cv. Mundo Novo IAC 376-4. Para multiplicação do inóculo que foi utilizado no experimento, cerca de 60 dias antes da inoculação, ovos e juvenis de segundo estágio (J2) foram extraídos das raízes dos cafeeiros e inoculados em tomateiro cv. Santa Clara.

Os ovos e J2 foram extraídos das raízes do tomateiro a partir do método de Boneti e Ferraz (1981) e a suspensão calibrada para 1000 ovos e J2/mL. Foram inoculados 1200 ovos e J2 de *M. paranaensis* (População inicial = Pi) em três orifícios de aproximadamente 1 cm de profundidade, feitos com um bastão de vidro ao redor do colo das plantas.

3.4.3 Avaliação da Resistência

As avaliações foram realizadas 134 dias após a inoculação, sendo descartadas as partes aéreas e recolhidos os sistemas radiculares, lavados em água corrente e pesados. Em seguida, ovos e juvenis J2 foram extraídos, empregando-se a metodologia de Boneti; Ferraz (1981). Após a extração, a população final (Pf) de *M. paranaensis* das plantas foi quantificada contando o número de ovos e juvenis J2 (Nema) por sistema radicular utilizando a câmara de Peters sob microscópio óptico. Com os dados do peso fresco das raízes e da quantificação dos nematoides, foi determinado o número de ovos e juvenis de segundo estágio por grama de raízes (NGR).

O fator de reprodução (FR) foi calculado usando a fórmula: $FR = Pf / Pi$ (OOSTENBRINK, 1966).

3.4.4 Classificação dos Níveis de Resistência

Para classificar os níveis de resistência dos genótipos foi utilizada a redução do fator de reprodução (RFR). O RFR foi calculado utilizando a fórmula: $RFR = [(FR \text{ do padrão suscetível} - FR \text{ do tratamento}) / FR \text{ do padrão suscetível}] \times 100$ (MOURA; REGIS, 1987). Baseado nos valores do RFR os genótipos foram classificados conforme Shigueoka et al. (2017) (Tabela 1).

Tabela 1. Classificação dos níveis de resistência a *M. paranaensis* dos genótipos de café, baseado nos valores da redução do fator de reprodução (RFR).

Níveis de resistência	RFR
Altamente suscetível (AS)	≤ 25%
Suscetível (S)	25,01 a 49,99%
Moderadamente suscetível (MS)	50,00 a 74,99%
Moderadamente resistente (MR)	75,00 a 89,99%
Resistente (R)	90,00 a 94,99%
Altamente resistente (AR)	95,00 a 100%

Fonte: (SHIGUEOKA et al., 2017).

Para cada genótipo foram calculados os valores médios de FR e RFR baseados nos dados da média das parcelas. Como os valores médios de RFR são baseados nos valores do FR do controle suscetível, o valor de RFR desse controle é 0,00.

3.4.5 Análises Estatísticas

Foi efetuada a análise conjunta dos experimentos. Após verificação da normalidade dos resíduos (Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (Bartlett), os dados foram submetidos à Análise de Variância Conjunta dos dois experimentos e as médias agrupadas pelo Teste Scott-Knott a 5% de significância (R CORE TEAM, 2016). Os dados de FR foram transformados em (\sqrt{x}).

3.5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

No experimento 1 foi observado um elevado FR para o controle suscetível, indicando alta multiplicação dos nematoides no experimento. Os HT UFV 408-28, UFV 439-14, UFV 445-70 e UFV 443-08 apresentaram menor FR, e diferiram do controle suscetível Mundo Novo. No experimento 2, somente o genótipo UFV 408-28 diferiu estatisticamente da testemunha Mundo Novo. O UFV 408-28 foi o único genótipo que diferiu do Mundo Novo nos dois experimentos (Tabela 2).

Tabela 2. Fator de reprodução (FR) e nematoides por grama de raízes (NGR) de *Meloidogyne paranaensis* em acessos de Híbrido de Timor (HT) avaliados em dois experimentos (Exp. 1 e Exp. 2) em casa de vegetação, Londrina, PR, Brasil.

Acessos	FR		NGR	
			Exp. 1 ⁽¹⁾	Exp. 2 ⁽¹⁾
	Exp. 1 ⁽¹⁾	Exp. 2 ⁽¹⁾		
HT UFV 408-10	99,56 Aa	26,13 Ba	8166,90 Aa	3571,14 Ba
HT UFV 446-138	85,98 Aa	35,94 Ba	7631,9 Aa	3432,36 Ba
HT UFV 408-11	77,19 Aa	44,10 Ba	8510,12 Aa	4919,26 Ba
HT UFV 428-04	56,77 Ab	25,99 Ba	7167,64 Aa	3175,82 Ba
Mundo Novo	56,20 Ab	33,46 Ba	5492,14 Ab	3231,86 Ba
HT UFV 448-75	55,36 Ab	41,75 Aa	4217,96 Ab	4107,00 Aa
HT UFV 380-05	51,01 Ab	35,98 Aa	5122,22 Ab	3175,35 Ba
HT UFV 443-08	41,41 Bc	60,73 Aa	4178,34 Ab	3483,86 Aa
HT UFV 445-70	27,29 Ac	37,33 Aa	2826,57 Ac	4267,58 Aa
HT UFV 439-14	27,11 Ac	45,41 Aa	2807,90 Ac	3831,49 Aa
HT UFV 408-28	10,09 Ad	8,20 Ab	1348,43 Ac	925,51 Ab
CV(%)	25,94		42,46	

(1) Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5%.

(2) Os dados de FR foram transformados em (\sqrt{x}) .

Analisando a quantidade de nematoides por grama de raiz apresentou valores correspondentes aos do FR nos dois experimentos. No experimento 1 os genótipos HT UFV 408-28, UFV 439-14 e UFV 445-70 diferiram estatisticamente da testemunha, porém o genótipo UFV 443-08, que apresentou FR estatisticamente diferente da testemunha, não diferiu quanto à NGR. No experimento 2, somente o genótipo UFV 408-28 diferiu do controle suscetível Mundo Novo. Dessa forma, o UFV 408-28 apresentou menor quantidade de NGR nos dois experimentos (Tabela 2).

Baseado na RFR, pode-se observar uma grande variação na classificação dos níveis em relação aos dois experimentos. Nos dois experimentos HT UFV 408-28 foi classificado como MR, enquanto que HT UFV 439-14 e UFV 445-70 foram classificados como MS no experimento 1, porém foram AS no experimento 2. (Tabela 3).

A interação entre experimentos e genótipos foi significativa para FR e NGR, sendo que vários genótipos diferiram entre os experimentos (Tabela 2). Os níveis de resistência foram alterados somente no HT UFV 439-14, 445-70 e 443-08 (Tabela 3). Isso demonstra que mesmo em experimentos idênticos, com as mesmas

condições ambientais podem ter variações nas reações de resistência. Portanto, é importante que em experimentos para resistência aos nematoides sejam feitas réplicas de experimentos ou aumentar o número de repetições do experimento.

Tabela 3. Níveis de resistência (NR) e redução do fator de reprodução (RFR) de *Meloidogyne paranaensis* em acessos de Híbrido de Timor avaliados em dois experimentos (Exp. 1 e Exp. 2) em casa de vegetação, Londrina, PR, Brasil.

Acessos	%RFR/ Exp. 1⁽¹⁾	NR/ Exp. 1	%RFR/ Exp. 2⁽¹⁾	NR/ Exp. 2
HT UFV 408-28	82,04	MR	75,49	MR
HT UFV 439-14	51,75	MS	-35,71	AS
HT UFV 445-70	51,44	MS	-11,57	AS
HT UFV 443-08	26,31	S	-81,50	AS
HT UFV 380-05	9,24	AS	-7,53	AS
HT UFV 448-75	1,48	AS	-24,77	AS
Mundo Novo	0,00	AS	0,00	AS
HT UFV 428-04	-1,01	AS	22,32	AS
HT UFV 408-11	-37,34	AS	-31,80	AS
HT UFV 446-138	-52,99	AS	-7,41	AS
HT UFV 408-10	-77,15	AS	21,91	AS

Legenda: AS-Altamente suscetível; MS-Moderadamente suscetível; S-suscetível; MR-Moderadamente resistente.

O HT UFV 408-28 se destacou em todas as avaliações, tanto para FR quanto NGR diferindo estatisticamente do Mundo Novo, apresentando nível de resistência mais alto. Outros estudos também observaram que genótipos do Sarchimor, os quais são originados do cruzamento Villa Sarchí com Híbrido de Timor, apresentaram resistência parcial ou intermediária a *M. paranaensis*.

Em um estudo foi observado que Tupi IAC 1669-33, Tupi Amarelo IAC 5111, Sarchimor IAC 4361 e Obatã IAC 1669-20, todos genótipos do Sarchimor, apresentaram FR de 8,8, 13,0, 11,3 e 13,9, respectivamente, enquanto que o controle suscetível Catuaí Vermelho IAC 144 foi estatisticamente diferente e obteve FR de 19,3 (MUNIZ et al., 2009).

Em outro estudo o controle suscetível Catuaí Vermelho IAC 99 apresentou FR de 73,76, enquanto que progênies do genótipo denominado IAPAR 88480-8, derivado de Sarchimor IAC 1669-33, diferiram estatisticamente do controle suscetível e mostraram diferentes níveis de resistência intermediária com FRs variando de 3,80 a 27,59 (SHIGUEOKA et al., 2016b).

Em um experimento em condições de campo foi relatada resistência

parcial a *M. paranaensis* em um genótipo do Híbrido de Timor denominado HT UFV 408-01 (SALGADO; REZENDE; NUNES, 2014), o qual foi derivado da mesma planta HT UFV 408 do acesso HT UFV 408-28.

Albuquerque et al. 2010 relataram que HT UFV 408-28 foi tão suscetível a *M. paranaensis* quanto o controle suscetível Catuaí Vermelho IAC 15, no entanto, no nosso estudo esse mesmo acesso foi MR. Isso pode ter acontecido porque o HT UFV 408-28 pode estar com a resistência em heterozigose, assim, no estudo de Albuquerque et al., (2010) é provável que tenham sido coletadas sementes de plantas individuais diferentes das utilizadas no nosso estudo.

Da mesma forma, o HT UFV 408 deve estar com a resistência em heterozigose, pois no nosso estudo HT UFV 408-10 e HT UFV 408-11 foram AS. Salgado; Rezende; Nunes (2014), também observaram que alguns acessos de HT UFV 408 não se comportaram bem em áreas infestadas por *M. paranaensis*. Portanto, plantas individuais desses acessos do HT UFV 408 devem ser autofecundadas para indentificar linhagens com resistência em homozigose.

O HT e seus derivados são fontes bem conhecidas de alta resistência do tipo vertical ou qualitativa ao nematoide *M. exigua* (NOIR, 2003; ALPIZAR; ETIENNE; BERTRAND, 2007), sendo que no nosso estudo foi comprovado que o HT representa uma fonte de resistência intermediária a *M. paranaensis*, que pode ser de natureza quantitativa.

Conforme Borém et al., (2017), a resistência horizontal ou quantitativa é controlada por muitos genes (poligênica) e possui níveis de resistência moderados ou parciais. Os valores de FR encontrados em HT UFV 408-28 foram altos, porém muito mais baixo do que do controle suscetível, indicando que esses genótipos possuem resistência do tipo quantitativa devido a ação de genes de efeito secundário.

Os programas de melhoramento poderão aproveitar essa resistência quantitativa do HT UFV 408-28 e combinar com genes de efeito secundário de cafeeiros de outras origens, podendo até mesmo aumentar o nível de resistência.

De acordo com Ribeiro do Vale; Parlevliet; Zambolim, (2001), são raras as plantas que não possuem resistência quantitativa e até mesmo plantas consideradas suscetíveis podem ter genes de resistência de efeitos secundários.

Foi observado que HT UFV 408-11, HT UFV 446-138 e HT UFV 408-10 apresentaram valores de RFR superiores e estatisticamente diferentes de Mundo

Novo, indicando que até mesmo essa última pode possuir genes de resistência de efeito secundário, enquanto que os três primeiros poderiam ser classificados como extremamente suscetíveis, ou seja, mais suscetíveis que o controle altamente suscetível.

A resistência quantitativa não é específica para raças e é mais durável do que a vertical, pois a maior quantidade de genes envolvidos no caráter dificulta a quebra de resistência por patógenos (BORÉM et al., 2017). Assim, é possível que HT UFV 408-28 tenha uma resistência inespecífica para raças ou até mesmo para algumas espécies, além de ser mais durável do que a resistência vertical.

O HT foi originado de um cruzamento espontâneo entre as espécies *C. arabica* e *C. canephora*, é auto-fértil, alotetraploide ($2n = 4x = 44$ cromossomos) e possui fenótipo de *C. arabica* (PEREIRA et al., 2005). A maior parte dos cafeeiros melhorados para a resistência à ferrugem no mundo tiveram como fonte de resistência os genótipos do HT (VÁRZEA; MARQUES, 2005).

Além da resistência à ferrugem, cafeeiros do HT são de grande importância para o melhoramento, pois também possuem: resistência à doença Coffee Berry Disease, provocada pelo fungo *Colletotrichum kahawae* (VAN DER VOSSEN; WALYARO, 1980; RODRIGUES-JUNIOR; GONÇALVES; VÁRZEA, 2004); moderada resistência à mancha aureolada provocada pela bactéria *Pseudomonas syringae* pv. *garcae* (MOHAN; CARDOSO; PAVAN, 1978); alta resistência ao nematoide *Meloidogyne exigua* (GONÇALVES; PEREIRA, 1998; MUNIZ et al., 2009); resistência intermediária a *M. incognita* (ALBUQUERQUE et al., 2010); qualidade de bebida especial com sabores de chocolate, caramelo, frutado e floral (SOBREIRA et al., 2015).

Cultivares futuras, com o mesmo nível de resistência do HT UFV 408-28 poderiam ser utilizados em áreas infestadas desde que sejam utilizados outros meios de controle como o biológico, cultural e químico.

3.6 CONCLUSÕES

O HT UFV 408-28 demonstrou possuir genes de resistência ao nematoide *M. paranaensis*, podendo ser utilizado em cruzamentos com plantas que possuam outras características de interesse;

Por possuir genes de resistência, provavelmente quantitativa, o HT UFV 408-28 poderá ser cruzado com o objetivo de aumentar a resistência já existente em outros genótipos.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observou-se no presente trabalho que HT UFV 408-28 apresentou resistência intermediária, que pode ser do tipo quantitativa pela ação de vários genes de efeitos secundários.

Projetamos em um trabalho futuro analisar: a efetividade da resistência intermediária de HT UFV 408-28 em condições de campo, com e sem o uso de outras medidas de controle como cultural, químico e biológico; efetuar cruzamentos desse acesso com genótipos de outras origens como cafeeiros arábicos da Etiópia e derivados do BA-10, visando aumentar o nível de resistência pelo aumento de genes de efeitos secundários complementares ao do HT; comprovar a existência de genes de efeitos secundários em HT UFV 408-28 por meio de análises moleculares em população F2 originadas do cruzamento entre esse acesso com um genótipos altamente suscetível; e desenvolver marcadores moleculares SNPs a partir da fenotipagem e genotipagem dessa população F2.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, E. V. S.; CARNEIRO, R. M. D. G.; COSTA, P. M.; GOMES, A. C. M. M.; SANTOS, M.; PEREIRA, A. A.; NICOLE, M.; FERNANDEZ, D.; GROSSI-DE-AS, M. F. Resistance to *Meloidogyne incognita* expresses a hypersensitive-like response in *Coffea arabica*. **European Journal of Plant Pathology**, p. 127:365-373, 2010.
- ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, v. 26, p. 903-910, 2007.
- ANDREAZI, E.; SERA G. H.; SERA T.; FARIA, R. T. de; FONSECA I. C. de B.; MACHADO, A. C. Z.; SHIGUEOKA, L. H.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C. Behavior of 'IPR 100' and 'Apoatã IAC 2258' coffee cultivars under different infestation levels of *Meloidogyne paranaensis* inoculum. **Australian Journal of Crop Science**, Australian, v. 9, n.11, p. 1069-1074, 2015.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; ASTORGA, C.; ANZUNETO, F.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latino-americana. **Manejo Integrado de Plagas y Agroecología**, Costa Rica, n. 67, p. 5-12, 2003.
- BARROS, A. F.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIM, L.; FERREIRA, A. O.; COUTINHO, R. R. *Meloidogyne paranaensis* attacking coffee trees in Espírito Santo State, Brazil. **Australasian Plant Disease**. Notes, v. 6, p. 43-45, 2011.
- BOISSEAU M. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, v. 34, p. 38-41, 2009.
- BONETTI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações no método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 533, 1981.
- BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. Melhoramento visando à resistência a doenças. In: BORÉM, A.; MIRANDA, G. V.; FRITSCHÉ-NETO, R. (eds.). **Melhoramento de plantas**. 7. ed. Viçosa: Ed. UFV, 2017. p. 394-418.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; QUÉNÉHERVÉ, P. Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. **Nematology**, v. 2; p. 645-654, 2000.
- 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**, v. 29, n. 2, p. 233-241, 2005.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; TIGANO, M. S.; RANDIG, O.; ALMEIDA, M. R. A.; SARAH, J. L. Identification and genetic diversity of *Meloidogyne* spp. (Tylenchida:

Meloidogynidae) on coffee from Brazil, Central America and Hawaii. **Nematology**, 6, 287-298. 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 Brasil**, v. 32, p. 56-64. 2008.

FATOBENE, B. J. dos R.; ANDRADE, V. T.; ALOISE, G. S.; SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; GUERREIRO-FILHO, O. Wild *Coffea arabica* resistant to *Meloidogyne paranaensis* and genetic parameters for resistance. **Euphytica**, ago 2017.

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

GONÇALVES, W.; LIMA, M. M. A.; SILVAROLLA, M. B.; FAZUOLI, L. C.; GUERREIRO FILHO, O. Cultivar Icatu Vermelho IAC 925 – Fonte de resistência a nematoides do gênero *Meloidogyne*. **Genetics and Molecular Biology** 21. 1998. (Supplement): 228.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M.B. A luta contra a doença causada pelos nematoides parasitos do cafeeiro. **O Agrônomo**, Campinas, v.59, n.1, p. 54-57, 2007.

GONÇALVES, W.; PEREIRA, A. A. Resistência de cafeeiro a nematóides IV. Reação do cafeeiro derivados do Híbrido de Timor a *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, v. 22, p. 39-49, 1998.

HARTMAN, K.M.; SASSER, J.N. Identification of *Meloidogyne* species on the basis of differential host and perineal pattern morphology. In: BARKER, K. R.; CARTER, C. C.; SASSER, J. N. (eds.). An advanced treatise on *Meloidogyne*. Vol. II: Methodology. **North Carolina State University Graphics**, North Carolina, p. 68-69, 1985.

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* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, n. 2, p. 156-163, 2008.

LIMA, E.A., FURLANETTO, C., NICOLE, M., GOMES, A.C.M.M., ALMEIDA, M.R.A., ALDEMIRO, J.J., CORREA, V.R., SALGADO, S.M., FERRÃO, M.A.G., CARNEIRO, R.M.D.G. The multi-resistant reaction of drought tolerant coffee “conilon Clone 14” to *Meloidogyne* spp. and late hypersensitive-like response in *Coffea canephora*. **Phytopathology**, v.105, n.6, p.805-814, 2015.

LOPEZ-LIMA, D.; SÁNCHEZ-NAVA, P.; CARRION, G.; MONTEROS, A. E. de los; VILLAIN, L. Corky-root symptoms for coffee in central Veracruz are linked to the root-

knot nematode *Meloidogyne paranaensis*, a new report for México. **European Journal Plant Pathology**, v. 141, p. 623-629, 2015.

LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. Nematoides encontrados em cafezais do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 23, 2001, Garça. **Resumos...** Garça: SBN/ FAEF, 2001. p.85.

MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R.; CARVALHO, C. H. S. Resistant cultivars to coffee leaf rust. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p 443-450.

MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; ALMEIDA, S. R.; GARCIA, A. W. R.; **Cultura de café no Brasil: manual de recomendações**. ed. 2015. Rio de Janeiro-RJ/Varginha-MG: MAPA/PROCAFE, 2016. p. 585.

MOHAN, S. K.; CARDOSO, R. L.; PAVAN, M. A. Resistência em germoplasma de *Coffea* ao crestamento bacteriano incitado por *Pseudomonas garcae*. Amaral et al. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. p. 13: 53-64, 1978.

MOURA, R.; REGIS, E. M. O. Reações de cultivares de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita*. **Nematode**. Brasília, v. 11, p. 215-225, 1987.

MUNIZ, M. F. S.; CAMPOS, V. P.; MOITA, A. W.; GONÇALVES, W.; ALMEIDA, M. R. A.; SOUSA, F. R.; 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**, v.34, p. 370–378, 2009.

NOIR, S.; Identification of a major gene (Mex-1) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, v. 52, p. 97-103, 2003.

OOSTENBRINK, M. Major characteristic of the relation between nematodes and plants. **Mededelingen voor Landlb**. Hoogeschool Wageningen, v. 66, p. 3-46, 1966.

PEREIRA, A. A.; SAKIYAMA, N. S.; ZAMBOLIM, L.; MOURA, W. M.; ZAMBOLIM, E.; CAIXETA, E. T. Identification and use of sources of durable resistance to coffee leaf rust in the UFV/EPAMIG breeding program. In: ZAMBOLIM, L, ZAMBOLIM, E.M.; VÁRZEA, V.M.P., (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2005. p.215-232.

R CORE TEAM. R: **A language and environment for statistical computing**. R **Foundation for Statistical Computing**, Vienna, 2016.

RIBEIRO DO VALE, F. X.; PARLEVLIET, J. E.; ZAMBOLIM, L. Concepts in plant disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**. p. 26:577- 589, 2001.

RODRIGUES-JUNIOR, C. J.; GONÇALVES, M. M.; VÁRZEA, V. M. P. Importância do Híbrido de Timor para o território e para o melhoramento da cafeicultura mundial. **Ciências Agrárias**, p. 27: 203-213, 2004.

SALGADO, S. M. L.; GUIMARÃES, N. M. R. B.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; MARCELO, A. L.; SOUZA, S. R. de; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, D. F. *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região Sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, v. 10, p. 475-481, 2015.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v. 14, p. 94-101, 2014.

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, p.171-184, 2006.

SERA, T.; SERA, G. H.; FAZUOLI, L. C.; MACHADO, A. C. Z.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A. IPR 100 – Rustic dwarf Arabica coffee cultivar with resistance to nematodes *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita*. **Crop Breeding Applied Biotechnology**, v. 17, p. 175-179, 2017.

SHIGUEOKA, L. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. DE B.; ANDREAZI, E.; CARDUCCI, F. C.; SERA, G.H. Coffea arabica lines with resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* derived from crossings with IPR 100. **Australian Journal of Crop Science**, v.11 n. 09. p. 1203-1209, 2017.

SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. de B. ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C.; ITO, D. S. Reaction of Arabica coffee progenies derivative from Icatu to *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**. Campinas. 2016a.

SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; SILVA, S. A.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z. Host reaction of arabica coffee genotypes derived from Sarchimor to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematoda**, p. 3: 10-16, 2016b.

SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R. D. L.; ZAMBOLIM, L. Primeiro relato de ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, v. 33, p. 187-190. 2009.

SOBREIRA, F. M.; OLIVEIRA, A. C. B. de; PEREIRA, A. A.; SAKYIAMA, N. S. Potential of híbrido de timor germplasm and its derived progenies for coffee quality improvement. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. (4): 289-295, 2015.

VARZEA, V. M. P.; MARQUES, D. V. Population variability of *Hemileia vastatrix* vs. coffee durable resistance. In: ZAMBOLIM, L.; ZAMBOLIM, E. M.; VÁRZEA, V. M. P. (Eds.). **Durable Resistance to Coffee Leaf Rust**. Viçosa: UFV, 2005. p. 53-74.

VAN der VOSSEN, H. A.M.; WALYARO, D. J. 'Breeding for resistance to coffee berry disease in *Coffea Arabica* II, Inheritance of the resistance'. **Euphytica**, v. 29, p. 777-91, 1980.