



SILVANA RAMLOW OTTO TEIXEIRA DA LUZ

DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L. RESISTENTES AOS NEMATÓIDES DAS GALHAS

**LAVRAS-MG
2021**

SILVANA RAMLOW OTTO TEIXEIRA DA LUZ

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L.
RESISTENTES AOS NEMATÓIDES DAS GALHAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2021**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Luz, Silvana Ramlow Otto Teixeira da.

Desempenho agrônômico de progênies de *Coffea arabica* L.
resistentes aos nematoides das galhas / Silvana Ramlow Otto
Teixeira da Luz. - 2021.

87 p. : il.

Orientador(a): Gladyston Rodrigues Carvalho.

Coorientador(a): Sônia Maria de Lima Salgado.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de
Lavras, 2021.

Bibliografia.

1. Café. 2. *Meloidogyne exigua*. 3. *M paranaensis*. I. Carvalho,
Gladyston Rodrigues. II. Salgado, Sônia Maria de Lima. III. Título.

SILVANA RAMLOW OTTO TEIXEIRA DA LUZ

**DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *Coffea arabica* L.
RESISTENTES AOS NEMATÓIDES DAS GALHAS**

**AGRONOMIC PERFORMANCE OF *Coffea arabica* L. PROGENIES RESISTENT TO
GALLS NEMATODES**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 24 de março de 2021.

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado EPAMIG

Dr. Mário Lúcio Vilela de Resende UFLA

Dr. João Paulo Felicori Carvalho UNICERP

Dr. Gladyston Rodrigues Carvalho
Orientador

Dra. Sônia Maria de Lima Salgado
Coorientadora

**LAVRAS-MG
2021**

Aos meus pais, Lusine Ramlow e Daído Otto, meus maiores exemplos.

*Aos meus irmãos Vanderlei Ramlow Otto e Ana Vitória Ramlow Otto,
pela amizade, carinho e incentivo.*

*Ao meu esposo Diego Teixeira da Luz, que além de amor, confiança e compreensão
sempre esteve ao meu lado nos momentos mais difíceis.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela proteção e por me guiar em todos os momentos da minha vida.

Aos meus pais e aos meus irmãos, pelo exemplo de vida, fé e coragem, e que mesmo longe, estavam sempre comigo.

Ao meu esposo Diego Teixeira da Luz, por todo o amor, compreensão nos momentos de ausência e, principalmente, pelo incentivo. Essa conquista também é sua!

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), à Pró-Reitoria de Pós-Graduação e ao Departamento de Agricultura, que por meio de seus professores e funcionários, oportunizaram a realização do curso.

O presente trabalho foi realizado com apoio de Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq).

Ao Consórcio Pesquisa e Café, Fapemig e INCT-Café, pelo apoio financeiro para a execução do projeto.

Ao orientador Gladyston Rodrigues Carvalho, pela oportunidade, amizade, paciência, disposição e excelente orientação.

À coorientadora Sônia Maria de Lima Salgado, pela amizade, conselhos, orientações e valiosas contribuições.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Marli dos Santos Túlio, pela paciência e auxílio.

Ao Dr. André Dominghetti Ferreira, pelo convívio, amizade, incentivo, conselhos e por todas as contribuições.

Ao Dr. Vinícius Teixeira Andrade, pela grande ajuda nas análises estatísticas, interpretação dos resultados e valiosas contribuições.

À Dra. Bárbara Joana dos Reis Fatobene e a Flaminia Rosa Campos Ferreira, pela amizade, conhecimentos transmitidos e por toda a ajuda nas análises laboratoriais.

Aos proprietários das Fazendas São Judas Tadeu em Piumhi-MG e Santa Cecília em Carmo do Paranaíba-MG, pela concessão das áreas e de funcionários para a realização dos experimentos.

Ao grupo de pesquisa da EPAMIG, pela recepção, amizade e auxílio nas avaliações.

A todos os meus amigos e familiares que me incentivaram, me fortaleceram e tornaram esta caminhada mais leve.

A todos que, direta ou indiretamente, fizeram parte da minha caminhada até aqui.

Muito obrigada!

RESUMO

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. estão disseminados em várias regiões produtoras de café no Brasil, causando redução significativa na produtividade das lavouras. Em áreas infestadas, a utilização de cultivares com resistência genética é a principal estratégia para manter a produção. Diante disso, o presente trabalho objetivou avaliar o desempenho de progênies de *Coffea arabica*, oriundas do germoplasma Amphillo visando a obtenção de cultivares que apresentem resistência aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* com boas características agronômicas. Dois experimentos foram instalados em diferentes localidades. O primeiro experimento foi plantado na Fazenda São Judas Tadeu em uma área infestada por *M. paranaensis*, situada no município de Piumhi-MG. Foi composto por nove progênies em geração F_{6:7} e a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 como testemunha suscetível e a cultivar IPR 100 como testemunha resistente. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com cinco repetições e 15 plantas na parcela. Foram avaliadas a população de nematoides nas parcelas experimentais por meio do Bioteste em tomateiros e da população nas raízes das progênies e cultivares em 2019 e 2020. Aos 12 e 24 meses foram avaliados o incremento de altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários. Em maio de 2020 foram avaliados o vigor vegetativo, diâmetro de copa, comprimento do internódio da haste ortotrópica, produtividade em sacas de café beneficiado por ha⁻¹; porcentagem de frutos verdes, cereja, seco, chochos, peneira 17 e acima, grãos moca e renda. A maioria das progênies foram resistentes a *M. paranaensis* sendo que, a progênie MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) apresentou bom desempenho vegetativo aliado ao alto potencial produtivo e ciclo de maturação precoce. O segundo experimento conduzido na Fazenda Santa Cecília em área infestada por *M. exigua*, no município de Carmo do Paranaíba-MG, foi composto por oito progênies em geração F_{6:7}, a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 e a cultivar IPR 100. O delineamento foi em blocos casualizados com quatro repetições e 10 plantas na parcela. Foram avaliadas a população de nematoides (ovos + J2) nas raízes das progênies e das cultivares em 2019 e 2020. Aos 12 e 24 meses foram avaliados os incrementos de altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários. Em maio de 2020 foram avaliados o vigor vegetativo, diâmetro de copa, comprimento do internódio da haste ortotrópica, produtividade em sacas de café beneficiado por ha⁻¹; porcentagem de frutos verdes, cereja, seco, chochos, peneira 17 e acima, grãos moca, renda e bebida. As progênies não se mostraram resistentes a *M. exigua* pela metodologia utilizada. Entretanto, tiveram, em média, a metade do número de ovos e juvenis em suas raízes quando comparadas com a cultivar suscetível usada como testemunha. As progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) se sobressaíram em relação as demais nos quesitos produtividade e ciclo de maturação precoce.

Palavras-chave: Café. *Meloidogyne exigua*. *M. paranaensis*. Melhoramento genético. Resistência. Amphillo.

ABSTRACT

Nematodes of the genus *Meloidogyne* spp. they are widespread in several coffee producing regions in Brazil, causing a significant reduction in crop productivity. In infested areas, the use of cultivars with genetic resistance is the main strategy to maintain production. Therefore, this study aimed to evaluate the performance of *Coffea arabica* progenies, originating from the Amphillo germplasm, aiming to obtain cultivars that show resistance to *Meloidogyne paranaensis* and *Meloidogyne exigua* nematodes with good agronomic characteristics. Two experiments were installed in different locations. The first experiment was planted at Fazenda São Judas Tadeu in an area infested by *M. paranaensis*, located in the municipality of Piumhi-MG. It was composed of nine progenies in F_{6:7} generation and the cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 as a susceptible control and the cultivar IPR 100 as a resistant control. The design used was in randomized blocks with five replications and 15 plants in the plot. The nematode population in the experimental plots was evaluated using Biotest in tomato plants and the population in the roots of the progenies and cultivars in 2019 and 2020. At 12 and 24 months, the increase in plant height, stem diameter and number of primary plagiotropic agents. In May 2020 the vegetative vigor, crown diameter, length of the internode of the orthotropic stem, productivity in bags of coffee benefited by ha⁻¹ were evaluated; percentage of green fruits, cherry, dried, chochos, sieve 17 and above, mocha grains and lace. Most of the progenies were resistant to *M. paranaensis* and the MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) progeny showed good vegetative performance combined with high productive potential and early maturation cycle. The second experiment conducted at Fazenda Santa Cecília in an area infested by *M. exigua*, in the municipality of Carmo do Paranaíba-MG, was composed of eight progenies in F_{6:7} generation, the cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 and the cultivar IPR 100. The design was in randomized blocks with four replications and 10 plants in the plot. The nematode population (eggs + J2) in the roots of the progenies and cultivars in 2019 and 2020 were evaluated. At 12 and 24 months, the plant height, stem diameter and number of primary plagiotropic branches were evaluated. In May 2020 the vegetative vigor, crown diameter, length of the internode of the orthotropic stem, productivity in bags of coffee benefited by ha⁻¹ were evaluated; percentage of unripe fruits, cherry, dried, chochos, sieve 17 and above, mocha grains, income and drink. The progenies were not resistant to *M. exigua* by the methodology used. However, they had on average half the number of eggs and juveniles in their roots when compared to the susceptible cultivar used as a control. The progenies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) and MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) stood out in relation to the others in terms of productivity and early maturation cycle.

Keywords: *Coffea*. *Meloidogyne exigua*. *M. paranaensis*. Genetical enhancement. Resistance. Amphillo.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL.....	10
1 INTRODUÇÃO	10
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1 Importância econômica da cafeicultura brasileira	12
2.2 Os fitonematoides e o cafeeiro.....	13
2.3 Distribuição geográfica e danos causados por <i>Meloidogyne</i> spp.	14
2.4 Controle dos fitonematoides em cafeeiro	16
2.4.1 Melhoramento genético visando resistência a fitonematoides	17
REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO 2 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE <i>COFFEA ARABICA</i> RESISTENTES A <i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i>.....	30
1 INTRODUÇÃO	32
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	34
2.1 Descrição da área experimental.....	34
2.2 Descrição do experimento.....	34
2.3 Variáveis avaliadas	35
2.3.1 Bioteste da área experimental	35
2.3.2 População de <i>Meloidogyne paranaensis</i> nas progênies	36
2.3.3 Características agronômicas avaliadas	36
2.3.4 Classificação da resistência	37
2.3.5 Ranqueamento e seleção	38
2.4 Análise estatísticas.....	38
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
4 CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS	53
CAPÍTULO 3 COMPORTAMENTO DE PROGÊNIES DE CAFEIEIRO RESISTENTES AO <i>MELOIDOGYNE PARANAENSIS</i> EM ÁREA INFESTADA POR <i>M. EXIGUA</i>	59
1 INTRODUÇÃO	61
2 MATERIAL E METÓDOS.....	63
2.1 Descrição da área experimental.....	63
2.2 Descrição do experimento.....	63

2.3	Variáveis avaliadas	64
2.3.1	População de <i>Meloidogyne exigua</i> nas progênies	64
2.3.2	Características agronômicas avaliadas	64
2.3.3	Ranqueamento e seleção	66
2.4	Análise estatísticas.....	67
3	RESULTADOS E DISCUSSÃO	68
4	CONCLUSÃO	80
	REFERÊNCIAS	81

CAPÍTULO 1 INTRODUÇÃO GERAL

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de café, além de ser o segundo maior consumidor, o que lhe confere uma posição de destaque neste cenário. Em 2020, a produtividade média foi de 33,48 sacas por hectare, sendo que a média dos últimos quatro anos foi de 27,67 scs ha⁻¹. A área plantada total alcançou 2,16 milhões de hectares com produção (arábica e robusta) de 63,08 milhões de sacas de café beneficiado (CONAB, 2020). O aumento da produtividade do cafeeiro se deve, principalmente, às pesquisas realizadas, as quais são responsáveis por significativos avanços nos sistemas de manejo da cafeicultura no país.

Embora tenha ocorrido incrementos consideráveis em produtividade, alguns problemas, principalmente os fitossanitários, prejudicam a cafeicultura no país. Dentre eles, os fitonematoides são responsáveis por danos econômicos diretos e indiretos aos cafeicultores. Sob altas infestações em cultivares suscetíveis os nematoides podem reduzir em até 15% a produção mundial e 20% a produção brasileira sendo, as espécies do gênero *Meloidogyne* responsáveis por aproximadamente 75% (VILLAIN *et al.*, 2018). Além da redução da produção da lavoura, pode ocorrer morte das plantas, dependendo da suscetibilidade da cultivar, da espécie de nematoide e do grau de infestação na área. Com isso, há diminuição da vida útil da lavoura e o manejo da lavoura se torna mais complexo, provavelmente onerando a produção.

Para a cafeicultura, os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., conhecidos como nematoides das galhas, constituem o grupo de maior importância em virtude de sua ampla distribuição e polifagia. São organismos altamente adaptados como parasitas obrigatórios, sobrevivendo em quase todas as espécies de plantas superiores e com alta capacidade de multiplicação (MOENS *et al.*, 2009). A espécie *M. exigua* representa grande importância devido sua distribuição geográfica e aos danos causados ao cafeeiro (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007). Outra espécie de importância é o *M. paranaensis*. Este nematoide reduz drasticamente o sistema radicular do cafeeiro, provocando depauperamento geral das plantas e, geralmente, levando-as a morte (SALGADO *et al.*, 2014).

O controle dos fitonematoides representa um desafio para os pesquisadores e produtores brasileiros, pois é praticamente impossível a erradicação dos nematoides nas lavouras infestadas, e as técnicas de manejo, ocasionalmente, são ineficientes (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Uma das alternativas mais viáveis para o controle destes fitonematoides e evitar os prejuízos causados pelas altas infestações é o uso de cultivares resistentes, desde que

associadas a outras práticas de manejo. Desta forma, há uma concentração de esforços dos programas de melhoramento genético visando a obtenção de cultivares resistentes.

Os programas de melhoramento genético atuantes na cafeicultura proporcionaram ganhos de produtividade, resistência às principais pragas e doenças, além de adequar a arquitetura das plantas para a colheita mecanizada. Entretanto, um dos grandes desafios atuais é a obtenção de cultivares de cafeeiro resistentes as diferentes espécies de nematoides e com características agronômicas desejáveis.

Diante da necessidade de obtenção de cultivares resistentes aos nematoides das galhas, a realização de trabalhos em campo é necessária por fornecerem dados mais confiáveis sobre o desempenho agronômico das progênies de café em seu ambiente de cultivo (OLIVEIRA *et al.*, 2011). Entretanto, por ser uma planta perene de ciclo longo, a seleção para resistência a fitonematoides associada a características agronômicas de interesse para os produtores demanda considerável tempo e esforço.

Diante disso, o objetivo deste trabalho é avaliar, em área infestada, o desempenho de progênies de *Coffea arabica* oriundas do germoplasma Amphillo, visando a obtenção de cultivares que apresentem resistência aos nematoides *M. paranaensis* e *M. exigua* com boas características agronômicas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Importância econômica da cafeicultura brasileira

O Brasil é o maior produtor de café *in natura*, sendo responsável por 32% do mercado mundial. Além de ser o maior exportador, ocupa a segunda posição entre os países mais consumidores da bebida. A importância da cafeicultura para o país é inquestionável, são cerca de 300 mil produtores, distribuídos em aproximadamente 1.900 municípios, gerando renda e trabalho nessas localidades. Um parque cafeeiro de 2,16 milhões de hectares, gera mais de oito milhões de empregos diretos e indiretos (MAPA, 2018; CONAB, 2020).

A produção brasileira de café aumentou significativamente nos últimos anos, apesar da área plantada ter diminuído. Em 2020, a produtividade média chegou a 33,48 sacas por hectare e a área plantada total alcançou 2,16 milhões de hectares, acréscimo de 1,4% em relação à safra anterior. Desse total, 277,3 mil hectares estão em formação e 1,88 milhão de hectares em produção. A área em produção de 2020 aumentou 3,9% em relação à safra de 2019, e a área em formação reduziu 13,1% (CONAB, 2020).

Dentre os estados brasileiros, Minas Gerais destaca-se como maior produtor de café do país, com mais de 50% da safra nacional, com produção em quatro regiões: Sul de Minas (sul/sudoeste), Matas de Minas (Zona da Mata/Rio Doce), Cerrados de Minas (Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba) e Chapadas de Minas (Vale do Jequitinhonha/Mucuri) (BARBOSA *et al.*, 2012). Em 2020, o estado alcançou a produção de 34,65 milhões de sacas beneficiadas, com um parque cafeeiro constituído de 1,23 milhões de hectares de lavoura, sendo 203,56 mil hectares em formação e 1,031 milhões de hectares em produção (CONAB, 2020). O café é o principal produto agrícola do PIB de Minas Gerais, e representa um importante elemento econômico e social para o estado, sendo considerado em muitas regiões, a principal fonte de renda e trabalho.

A posição de destaque do estado de Minas Gerais no cenário brasileiro se deve, principalmente, à melhoria dos índices de produtividade das lavouras. Nas últimas décadas a produção passou de 8,39 sacas por hectare em 1970, para 33,27 sacas por hectare em 2020 (SIMÕES; PELEGRINI, 2010; CONAB, 2020). O incremento na produtividade da cafeicultura do estado se deve às condições climáticas e de solos favoráveis e à utilização de tecnologias, tais como adubação e poda, adensamento das lavouras, aprimoramento do controle fitossanitário, além do desenvolvimento de novas cultivares mais produtivas (SIMÕES; PELEGRINI, 2010). Neste sentido, vale destacar a função das instituições de pesquisa, ensino

e extensão nos avanços da cafeicultura brasileira, as quais são responsáveis por gerar e difundir conhecimentos, promovendo avanços desde a implantação da cultura até a comercialização, tornando-a competitiva em âmbito nacional e internacional (CHALFOUN; REIS, 2010).

2.2 Os fitonematoides e o cafeeiro

Os nematoides parasitas de plantas representam cerca de 15% das espécies pertencentes ao filo Nematoda (FERRAZ; BROWN, 2016). No cafeeiro, os fitonematoides representam um dos principais problemas fitossanitários em nível mundial. Vários gêneros têm sido encontrados associados às raízes do café no Brasil e em diversos países do mundo (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007), sendo as maiores perdas causadas pelo gênero *Meloidogyne* spp. Esses nematoides pertencem à ordem Tylenchida (MANTELIN *et al.*, 2017) e são mundialmente conhecidos como nematoides das galhas devido ao engrossamento das raízes das plantas hospedeiras após estabelecimento do sítio de alimentação durante o parasitismo (MARIN *et al.*, 2017).

Dentre as 100 espécies descritas deste gênero, 19 já foram identificadas parasitando plantas de café (FERRAZ; BROWN, 2016; VILLAIN *et al.*, 2018). No Brasil, seis espécies de nematoide das galhas ocorrem nos cafezais brasileiros: *M. coffeicola* (LORDELLO; ZAMITH, 1963; CARVALHO *et al.*, 1963), *M. exigua* (GOELDI, 1887), *M. hapla* (CHITWOOD, 1949), *M. incognita* (KOFOID; WHITE, 1919; CHITWOOD, 1949), *M. paranaensis* (CARNEIRO *et al.*, 1996) e *M. izalcoensis* (STEFANELO *et al.*, 2018). Os mais prejudiciais são *M. exigua* Goeldi, pela sua ampla distribuição geográfica, *M. incognita* (Kofoid & White) e *M. paranaensis* pela intensidade dos danos causados às plantas, podendo até inviabilizar o cultivo de café em áreas infestadas (GONÇALVES *et al.*, 2004).

Como endoparasitas sedentários, os nematoides das galhas passam grande parte da sua vida alimentando-se na raiz no mesmo local (SALGADO; REZENDE, 2010). A relação de parasitismo ocorre através do estilete, que é usado para introduzir substâncias produzidas pelas glândulas esofagianas e retirar nutrientes das células radiculares (ABAD *et al.*, 2003; CASTAGNONE-SERENO, 2006). Esse modo de parasitismo induz a formação das células gigantes (SALGADO; REZENDE, 2010), responsáveis pela nutrição do patógeno durante todo o seu ciclo de vida, permitindo o seu desenvolvimento e reprodução.

O ciclo de vida dessas espécies de *Meloidogyne* começa com as fases embriogênicas dentro do ovo, seguido pela formação do juvenil de primeiro estágio (J1). Ainda no interior do ovo, ocorre a primeira ecdise, e formação do juvenil de segundo estágio (J2). Esses juvenis

passam a migrar no solo em busca das raízes (CASTAGNONE-SERENO; DANCHIN, 2014). No estágio J2 inicia a fase ativa do ciclo de vida do *Meloidogyne*. Através dos exsudatos radiculares, os nematoides no estágio J2 orientam sua movimentação em direção às raízes e penetram na zona de alongamento celular, logo atrás da coifa (MOREIRA *et al.*, 2018). Em seguida, os juvenis movem-se em direção ao meristema radicular e próximo ao cilindro central estabelecem seu sítio de alimentação (WARMERDAM *et al.*, 2018) onde secretam substâncias que causam modificações nas células próximas as regiões dos vasos estabelecendo o sítio de alimentação originando as chamadas células nutridoras ou gigantes (CASTAGNONE-SERENO; DANCHIN, 2014). Com o desenvolvimento dos J2s nesses locais (MARIN *et al.*, 2017) ocorre hiperplasia e hipertrofia dos tecidos circundantes aos J2s, os quais perdem mobilidade na raiz e as galhas se tornam visíveis, sintoma típico de *Meloidogyne* (FERRAZ; BROWN, 2016; MOREIRA *et al.*, 2018). A partir deste estágio, ocorrerá mais duas ecdises, passando pelos juvenis de terceiro (J3s) e quarto estágio (J4s) até atingirem a fase adulta reprodutiva depois da última ecdise (ABAD *et al.*, 2009).

Após infectadas, as plantas reduzem a absorção e a translocação de nutrientes, o que resulta em conseqüente redução da produção (FERRAZ; BROWN, 2016), além do depauperamento, crescimento desigual e dependendo da espécie do parasito, a morte dos cafeeiros (CARNEIRO *et al.*, 2008; SALGADO *et al.*, 2011). Sendo assim, necessário adotar estratégias para a redução da população do nematoide em áreas infestadas, a fim de viabilizar o cultivo de café.

2.3 Distribuição geográfica e danos causados por *Meloidogyne* spp.

Os nematoides das galhas pertencentes ao gênero *Meloidogyne* (GOELDI, 1887) possuem mais de 100 espécies descritas (FERRAZ; BROWN, 2016), e mais de 2000 espécies de plantas hospedeiras (PERRY *et al.*, 2009), o que representa uma ameaça a produção agrícola mundial. Entre as espécies de nematoides das galhas mais encontrados nas regiões cafeeiras no Brasil estão o *M. exigua* e o *M. paranaensis* (SALGADO *et al.*, 2014; VILLAIN *et al.*, 2018). Esses fitonematoides parasitam as raízes do cafeeiro e interferem na absorção de água e nutrientes pela planta, já no início do parasitismo (GUIMARÃES *et al.*, 2020).

O *M. exigua* causa galhas tipicamente arredondadas, principalmente nas raízes finas do cafeeiro resultando em alterações no sistema nutricional da planta, em função da redução na absorção e translocação de água e nutrientes, reduzindo assim, a produtividade das plantas (BARBOSA *et al.*, 2004b).

O *M. exigua* é a espécie mais disseminada em áreas de cultivo de café no Brasil (CASTRO *et al.*, 2008). No Rio de Janeiro, de 190 propriedades amostradas, em três principais regiões produtoras fluminenses, 70% das lavouras amostradas apresentaram *M. exigua* (BARBOSA *et al.*, 2004a). Em Minas Gerais, estima-se que este nematoide esteja presente em praticamente todos os municípios produtores de café (OLIVEIRA *et al.*, 2005). Castro *et al.* (2008) realizaram um levantamento de fitonematoídeos em 61 municípios produtores de café no Sul de Minas Gerais e constataram *M. exigua* em 95,1% dos municípios amostrados e em 24,2% das amostras analisadas. Nas regiões produtoras de café do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. Terra *et al.* (2020) analisaram 158 amostras de raízes de 105 propriedades e encontraram *M. exigua* em 10 municípios e em 49% das amostras.

Embora os prejuízos decorrentes dessa espécie de nematoide sejam considerados menos danosos, eles são responsáveis pelas maiores perdas devido a sua ampla distribuição geográfica, podendo reduzir a produção entre 13% e 30% em cafeeiros com até cinco anos de idade em manejo com alto nível tecnológico, dependendo dos níveis populacionais desses nematoídeos no solo. Em lavouras com mais de cinco anos, quando não há nenhum tipo de controle, a queda na produtividade pode chegar a 45% a partir de três juvenis de segundo estágio J2/100cm³ de solo (BARBOSA *et al.*, 2004a).

Outro fitonematoide que parasita as raízes do cafeeiro no Brasil é o *M. paranaensis*. Esta espécie descrita por Carneiro *et al.* (1996) é responsável por grandes perdas econômicas à cafeicultura brasileira. A presença desta espécie afeta o cafeeiro, destruindo o sistema radicular, reduzindo o crescimento, induzindo a necrose foliar, causando queda das folhas e depauperamento geral das plantas (CARNEIRO *et al.*, 2008; SERA *et al.*, 2020a) e dependendo da infestação e da suscetibilidade da cultivar, pode provocar a morte das plantas (CARNEIRO *et al.*, 2008). Os sintomas típicos de rachaduras longitudinais nas raízes já são observados no primeiro ciclo biológico do nematoide (GUIMARÃES *et al.*, 2020).

No Brasil, o *M. paranaensis* representa um grande risco à cafeicultura, pois, está disseminado nas principais regiões produtoras de café no país. Estudos confirmaram a presença de *M. paranaensis* nas lavouras cafeeiras no estado do Paraná (KRZYZANOWSKY *et al.*, 2001; PORTZ *et al.*, 2006), Goiás (SILVA *et al.*, 2008), Espírito Santo (BARROS *et al.*, 2011), São Paulo (CARNEIRO *et al.*, 2005) e Minas Gerais (SALGADO *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018).

Em Minas Gerais, a disseminação deste parasita é preocupante, visto que a ocorrência de *M. paranaensis* já foi detectada no município Patrocínio e Serra do Salitre (CASTRO *et al.*, 2003; TERRA *et al.*, 2018), Piumhi (CASTRO *et al.*, 2008), Alpinópolis e Coqueiral

(SALGADO *et al.*, 2015), Carmo da Cachoeira (SALGADO *et al.*, 2018), Araguari, Carmo do Paranaíba, Indianópolis, Monte Carmelo e Rio Paranaíba (TERRA *et al.*, 2020) causando uma grande preocupação aos técnicos e produtores de café, devido a sua capacidade de reduzir a produtividade a níveis antieconômicos já na primeira produção (MATA *et al.*, 2000; TERRA *et al.*, 2020).

2.4 Controle dos fitonematoides em cafeeiro

O controle dos fitonematoides em cafeeiro ainda é um grande desafio para os pesquisadores, isso porque, uma vez introduzido na área agrícola, sua erradicação é praticamente impossível (SALGADO *et al.*, 2011). Entre as medidas de controle adotadas, a principal é evitar a sua disseminação e introdução em áreas isentas. Entre as estratégias, a redução do trânsito de equipamentos agrícolas, evitar a movimentação de solo e água de áreas infestadas que podem carrear ovos e nematoides para áreas isentas e, principalmente, utilizar mudas sem contaminação (SALGADO *et al.*, 2011; HOLDERBAUM *et al.*, 2020; TERRA *et al.*, 2020).

O manejo dos nematoides em áreas infestadas requer a adoção de práticas integradas (FERRAZ *et al.*, 2010). Tais práticas incluem, rotação de culturas, controle químico, biológico e resistência genética (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001; FERRAZ *et al.*, 2010). A rotação de culturas com plantas antagonistas é uma prática que pode ser utilizada para a redução da população de nematoides no solo. Souza *et al.* (2011) testaram a sucessão aveia preta (*Avena strigosa* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.) e mucuna cinza (*Mucuna cinereum* Piper e Tracy) no controle de *M. paranaensis* e observaram um efeito significativo na redução das populações do nematoide. Porém, como o café é uma cultura perene essa prática só pode ser utilizada de forma efetiva antes da implantação dos cafezais (SANTOS, 2001). Entretanto, a manutenção de elevados índices de matéria orgânica e o uso de plantas específicas na entrelinha dos cafeeiros ajudam a conviver com o parasita, permitindo menores quedas na produção e maior longevidade das lavouras (COSTA, 1993).

O controle químico é outra estratégia que pode ser utilizada para a redução da população de nematoides no cafeeiro. Faria *et al.* (2018) avaliaram a utilização do controle químico através do nematicida a base de Fluensulfone 480 no controle de *M. exigua* em regiões cafeeiras de Minas Gerais e verificaram a redução da população dos nematoides no solo após a aplicação. Entretanto, vale ressaltar que, o controle químico por meio de nematicidas possui alto custo e toxicidade (FILETI *et al.*, 2011). Além disso, após certo tempo de efetividade dos produtos, a

população dos nematoides volta a aumentar, sendo necessárias reaplicações. Entretanto, as empresas de produtos químicos estão constantemente na busca por produtos mais eficientes e menos tóxicos ao ambiente.

O potencial de produtos biológicos no controle dos nematoides das galhas do cafeeiro tem sido mais estudado nos últimos anos. Arpini *et al.* (2018) avaliaram o uso de nematicida biológico composto pelas bactérias *Bacillus subtilis* e *B. licheniformis* e observaram redução significativa da população de *M. exigua* no solo a partir de 180 dias após a aplicação, sendo interessante a aplicação em áreas altamente infestadas. Estudos com a bactéria *Bacillus subtilis* reduziram o número de galhas e ovos de *M. exigua* em casa de vegetação (REIS *et al.*, 2019).

O uso de plantas resistentes é o método mais eficaz e adequado para o controle dos nematoides em na cafeicultura (ALBUQUERQUE *et al.*, 2010; VILLAIN *et al.*, 2010; SALGADO *et al.*, 2020). Entretanto, o desenvolvimento de cultivares resistentes é um processo demorado, sendo poucas as cultivares de *C. arabica* resistentes a *Meloidogyne* spp. disponíveis aos produtores. Intensificando assim, a importância dos trabalhos de pesquisa dos programas de melhoramento em busca de cultivares de *C. arabica* resistentes as espécies de *Meloidogyne* spp. e que apresentem boas características agrônômicas.

2.4.1 Melhoramento Genético visando Resistência a fitonematoides

O melhoramento genético do cafeeiro no Brasil iniciou com a introdução do café no país em 1727. Nesse período o melhoramento era considerado empírico (MENDES *et al.*, 2002), ou seja, a seleção era realizada pelos próprios produtores, os quais selecionavam as plantas mais produtivas para formar mudas para as novas plantações.

No entanto, foi só a partir de 1933, com a criação da Seção de Genética do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC), que os ganhos com a seleção foram mais expressivos, principalmente com relação a produtividade, chegando a um acréscimo de 395% da cultivar Mundo Novo, em relação a variedade Typica, introduzida inicialmente (CARVALHO, 1981).

A partir da década de 70, outras instituições de ensino e pesquisa, como o Instituto Agrônomo do Paraná (IAPAR), a Fundação Procafé/MAPA, o Instituto Capixaba de Pesquisa e Extensão Rural (INCAPER), a Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a Universidade Federal de Lavras (UFLA) e a Universidade Federal de Viçosa (UFV) somaram-se ao IAC, e já desenvolveram cultivares com ótimo potencial produtivo (PEREIRA *et al.*, 2010).

Os trabalhos de melhoramento genético do cafeeiro, além do aumento de produtividade visam também melhorias em outras características agrônômicas como qualidade de bebida, uniformidade de maturação, vigor, rusticidade, seleção de cultivares adaptadas em regiões distintas, resistências a pragas e doenças, como os nematoides que tem sido alvo nos trabalhos de melhoramento do cafeeiro (GONÇALVES, 1992; CAMPOS; VILLAIN, 2005).

Embora os produtores tenham muitas cultivares de *C. arabica* disponíveis para o plantio, as mais cultivadas como, Mundo Novo e Catuaí Vermelho e Amarelo entre outras, são suscetíveis as várias espécies de *Meloidogyne* spp., principalmente, *M. exigua*, *M. incognita* e *M. paranaensis* (GONÇALVES *et al.*, 2004). O que representa um fator limitante para o desenvolvimento da cafeicultura brasileira (SALGADO *et al.*, 2011), principalmente porque os nematoides das galhas estão disseminados pelas principais regiões cafeeiras do Brasil.

O uso de cultivares com resistência genética a *Meloidogyne* spp. é considerado o meio de controle mais viável e econômico (MATA *et al.*, 2000; SERA *et al.*, 2006; SERA *et al.*, 2017; HOLDERBAUM *et al.*, 2020) com resultados satisfatórios em lavouras instaladas em áreas infestadas (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001).

Fontes de resistência aos nematoides das galhas vem sendo encontrada em *Coffea canephora* (GONÇALVES *et al.*, 1988; SERA *et al.*, 2004; 2006), em *Coffea congensis* A. Froehner (GONÇALVES *et al.*, 1988; SERA *et al.*, 2007), *Coffea dewevrei* De Wild. & T. Durand (KANAYAMA *et al.*, 2009; SERA *et al.*, 2005, 2006), Híbrido de Timor (PEREIRA *et al.*, 2010) e em acessos silvestres de *C. arabica* oriundos da Etiópia (ANZUETO *et al.*, 2001; BOISSEAU *et al.*, 2009; SALGADO *et al.*, 2014; FATOBENE *et al.* 2017).

O *Coffea canephora* Pierre ex Froehner é uma espécie que tem apresentado interesse aos melhoristas por apresentar resistência aos nematoides e a outras pragas e doenças como a cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus texensis* (DaMATTA *et al.*, 2007; FATOBENE *et al.*, 2012). Desde 1987 o porta-enxerto da cultivar Robusta Apatã IAC 2258 tem viabilizado a curto prazo, o cultivo de café em áreas infestadas por *Meloidogyne* spp., por demonstrar resistência a *M. paranaensis* (SERA *et al.*, 2006; FONSECA *et al.* 2008), *M. exigua* (SALGADO *et al.*, 2005; FONSECA *et al.*, 2008) e *M. incognita* (SERA *et al.*, 2006; FONSECA *et al.*, 2008). Entretanto, a utilização de porta-enxertos de *C. canephora* apresenta alguns inconvenientes, dentre eles, segregação para suscetibilidade a nematoides (10 a 15%) devido ao sistema reprodutivo de polinização cruzada de *C. canephora*, possibilidade de quebra na região do enxerto, maior número de replantios (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2007) e, além disso, as mudas enxertadas são de custo mais alto do que as mudas não enxertadas (SERA *et al.*, 2017).

A resistência a *M. paranaensis*, também já foi verificada em cafés arábica com introgressão dos genes de *C. canephora*, como genótipos derivados de Icatu (MATA *et al.*, 2002; SERA *et al.*, 2004; SHIGUEOKA *et al.*, 2016a), Híbrido de Timor (SALGADO *et al.*, 2014), Sarchimor (SERA *et al.*, 2009; SHIGUEOKA *et al.*, 2016b) e alguns acessos de *C. arabica* da Etiópia possuem resistência a *M. paranaensis* (ANTHONY *et al.*, 2003; BOISSEAU *et al.*, 2009; SALGADO *et al.*, 2014).

Atualmente, em áreas infestadas por *M. paranaensis*, têm sido recomendados a utilização de porta-enxertos de *C. canephora* resistentes como a cultivar Aboatã IAC 2258 (BERTRAND *et al.*, 2000; CAMPOS; VILLAIN, 2005), e as cultivares comerciais de café arábica IPR 100 (SERA *et al.*, 2017) e IPR 106 (SERA *et al.*, 2020b). Estas cultivares comerciais carregam genes de resistência de *C. liberica* e *C. canephora*, respectivamente (ITO *et al.*, 2008; SERA *et al.*, 2017). Com exceção, ao IPR 100 e IPR 106, todas as cultivares registradas de *C. arabica* são altamente suscetíveis a *M. paranaensis*.

Para *M. exigua*, as cultivares resistentes são resultados de genótipos de Híbrido de Timor oriundo do cruzamento entre *C. arabica* x *C. canephora*. As cultivares IAPAR 59 (Villa Sarchi x Híbrido de Timor (Sarchimor) (DIAS *et al.*, 2009; PEREIRA *et al.*, 2010), IAC 125 RN (Híbrido de Timor CIFC 832/2 x Villa-Sarchi) (FAZUOLI *et al.*, 2018), Acauã ('Sarchimor' x 'Mundo Novo') (MATIELLO *et al.*, 2010), Catiguá MG 3 (Híbrido de Timor UFV 440-10 x Catuaí Amarelo IAC 86) (SILVA *et al.*, 2007), Paraíso MG 419-1 (Catuaí Amarelo IAC 30 x Híbrido de Timor UFV 445-46) e IPR 100 (REZENDE *et al.*, 2017) são relatadas como resistentes.

Sabe-se, que a resistência genética dos cafeeiros aos nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. pode ser pré ou pós-infeccional, sendo que a segunda é mais frequente. Nesse tipo de resistência, embora os nematoides penetrem nas raízes, há uma redução no seu desenvolvimento e reprodução (SALGADO *et al.*, 2011). Alves *et al.*, (2019) verificaram resistência pós-infeccional do cafeeiro arábica genótipo MG 0179-1- R1 - 16-6-I derivado do Germoplasma Amphillo MR 2-161 a *M. paranaensis*. A reação de hipersensibilidade no genótipo foi observada a partir dos 14 DAI com a degradação da célula gigante.

Em *C. canephora* a resistência genética para *M. exigua*, é determinada por um gene de resistência identificado por Mex-1 (NOIR *et al.*, 2003), que reduz a penetração do nematoide e consequentemente o número de galhas (ALPIZAR *et al.*, 2007). Entretanto existe na literatura, registros de suscetibilidade de cultivares que portam o gene Mex-1, devido a variabilidade fisiológica das populações de nematoides. Muniz *et al.* (2008) avaliaram o comportamento de cultivares de café inoculadas com populações de *M. exigua* de diferentes regiões, e verificaram

FR > 100 no cafeeiro Iapar 59 (cafeeiro portador do gene Mex-1, obtido de *C. canephora*, que confere resistência à *M. exigua*) inoculado com a população de *M. exigua* do estado do Rio de Janeiro, evidenciando a diversidade fisiológica de *M. exigua*. Barbosa et al. (2007) testaram cafeeiros que já haviam sido classificados como suscetíveis a uma população ‘paulista’ de *M. exigua* e obtiveram resultado oposto, pois eles foram classificados como resistentes à população ‘Fazenda Fortaleza’ indicando a presença de diferentes raças diferentes deste nematoide.

Estes resultados indicam a necessidade de avaliações das progênies com diferentes populações de *Meloidogyne* spp. e de várias regiões pois, alguns materiais se comportam como resistentes para algumas populações e suscetível para outras (REZENDE *et al.*, 2013), o que dificulta a seleção de fontes de resistência (SALGADO; REZENDE, 2010).

Os acessos silvestres de *C. arabica* oriundos da Etiópia, tem se destacado como importantes fontes de resistência a *M. paranaensis* (ANZUETO *et al.*, 2001; BOISSEAU *et al.*, 2009; SALGADO *et al.*, 2014; FATOBENE *et al.*, 2017). Há vários anos, o Programa de Melhoramento Genético do Cafeeiro de Minas Gerais, através do Banco de Germoplasma da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais) tem realizado a seleção genealógica de plantas do Germoplasma Amphillo e tem encontrado resultados promissores para resistência a *M. paranaensis*, principalmente, para as plantas oriundas dos cruzamentos da cultivar Catuaí e os Amphillos 2-161 e 2-474.

Salgado *et al.* (2014), testaram progênies derivadas do cruzamento da cultivar Catuaí Vermelho e Amphillo MR 2161 e do genótipo Híbrido do Timor 408-01, e verificaram reação de resistência dos Amphillos a *M. paranaensis*. Peres *et al.* (2017) testaram 18 genótipos de *C. arabica* pertencentes ao Banco de Germoplasma da EPAMIG – Lavras MG. Desse total, quatro genótipos resultantes do cruzamento de Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2-161 e um resultante do cruzamento de Catuaí Vermelho x Amphillo MR 2-474 foram resistentes a esse nematoide.

Em experimento realizado por Fatobene *et al.* (2018), em casa de vegetação, a progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), oriunda do germoplasma Amphillo também apresentou resistência ao nematoide *M. exigua*. Esse resultado é de suma importância, pois pode possibilitar o desenvolvimento de cultivares com resistência múltipla nos programas de melhoramento genético do cafeeiro e avançar na cafeicultura em áreas infestadas.

REFERÊNCIAS

- ABAD, P.; FAVERY, B., M. N.; CASTAGNONE- SERENO, P. Root- Knot nematode parasitism and host response: molecular basis a sophisticated interaction. **Molecular plant pathology**. [S.l.], v. 4, n. 4, p. 217-224, 2003.
- ABAD, P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; ROSSO, M.; ENGLER, J. A.; FAVERY, B. Invasion, feeding and development. *In*: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (Eds.). **Root-knot Nematodes**. Wallingford: CAB International, 2009. p. 163-181.
- 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 Plant Pathology**, London, v. 127, p. 365-373, 2010.
- ANTHONY, F.; TOPART, P.; ASTORGA, C.; ANZUETO, F. E.; BERTRAND, B. La resistencia genética de *Coffea* spp. a *Meloidogyne paranaensis*: identificación y utilización para la caficultura latinoamericana. **Manejo Integrado de Playas y Agroecología**, [S.l.], v. 67, p. 5-12, 2003.
- ANZUETO, F.; BERTRAND, B.; SARAH, J. L.; ESKES, A. B.; DECAZY, B. Resistance to *Meloidogyne incognita* in Ethiopian *Coffea arabica* accessions. **Euphytica**, [S.l.], v. 118, p. 1-8, 2001.
- ALPIZAR, E.; ETIENNE, H.; BERTRAND, B. Intermediate resistance to *Meloidogyne exigua* root-knot nematode in *Coffea arabica*. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, p. 903-910, 2007.
- ALVES, P. S.; FATOBENE, B. J. R.; SALGADO, S. M. L.; GOMES, A. C. M.; CAMPOS, V. P.; CARNEIRO, R. M. D. G.; SOUZA, J. T. Early and late responses characterise the resistance derived from Ethiopian wild germplasm ‘Amphillo’ of *Coffea arabica* to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematology**, [S.l.], p. 793-804, 2019.
- ARPINI, B. S.; LIMA, I. M.; COSTA, N. S. Controle de *Meloidogyne exigua* em cafeeiro arabica com uso de bionematicida constituído por *Bacillus subtilis* E *B. licheniformis*. **Resumos Expandidos**. *In*: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 22., 2018, Universidade Vale do Paraíba. **Anais [...]**. Universidade Vale do Paraíba, 2018. *In*: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 18., 2018, Universidade Vale do Paraíba [**Anais...**]. Universidade Vale do Paraíba, 2018. *In*: ENCONTRO DE INICIAÇÃO À DOCÊNCIA, 8., 2018, Universidade do Vale do Paraíba, 2018.
- 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**. [S.l.], v. 6, p. 43-45, 2011.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M.; VIANA, A. P.; SILVA, C. P. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 28, n. 1, p. 49-54, jun. 2004a.

- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M.; VIANA, A. P.; SILVA, C. P. Survey of Root-Knot Nematoda (*Meloidogyne* spp.) in Coffee Plantations in the State of Rio de Janeiro, Brazil. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 28, n.1, p. 43-47, 2004b.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M.; DIAS, P. P.; VIANA, A. P. Desenvolvimento vegetativo e reação de genótipos de *Coffea* spp. a uma população de *Meloidogyne* virulenta a cultivares resistentes. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 31, n.1, p. 01, 2007.
- BARBOSA, J. N.; BORÉM, F. M.; CIRILLO, M. A.; MALTA, M. R.; ALVARENGA, A. A.; ALVES, H. M. R. Coffee Quality and Its Interactions with Environmental Factors in Minas Gerais, Brazil. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 4, n. 5, 2012.
- BERTRAND, B.; PEÑA DURÁN, M. X.; ANZUETO, F.; CILAS, C.; ETIENNE, H.; ANTHONY, F.; ESKES, A. B. Genetic study of *Coffea canephora* coffee tree resistance to *Meloidogyne incognita* nematodes in Guatemala and *Meloidogyne* sp. nematodes in El Salvador for selection of rootstock varieties in Central America. **Euphytica**, [S.l.], v. 113, p.79-86, 2000.
- BOISSEAU, M.; ARIBI, J.; SOUSA, F. R. de, CARNEIRO, R. M. D. G.; ANTHONY, F. Resistance to *Meloidogyne paranaensis* in wild *Coffea arabica*. **Tropical Plant Pathology**, [S.l.], v. 34, n. 1, p. 38-41, 2009.
- CAMPOS, V. P.; VILLAIN, L. Nematodes parasites of coffee and cocoa. In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, p. 529-579, 2005.
- CARVALHO, A. Novas variedades mais produtivas. **Agricultura Hoje**, São Paulo, v. 6, n. 68, p. 32-34, mar. 1981.
- CARVALHO, A. M.; SALGADO, S. M. L.; MENDES, A. N. G.; PEREIRA, A. A.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; LIMA, R. R. Caracterização de genótipos de *Coffea arabica* L. em área infestada pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 1-8, jan./mar. 2017.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; CARNEIRO, R. G.; ABRANTES, I. M. O.; SANTOS, M. S. N. A.; ALMEIDA, M. R. A. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae) a Root-Knot Nematode Parasitizing *Coffea* in Brazil. **Journal of Nematology**, [S.l.], p. 177-189, 1996.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; RANDING, O.; ALMEIDA, M. R. A.; GONÇALVES, W. Identificação e caracterização de espécies de *Meloidogyne* em cafeeiros nos estados de São Paulo e Minas Gerais através dos fenótipos de esterase e SCAR, Multiplex-PCR. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 29, n. 2, p. 233-241, dez. 2005.
- 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**. 53 1 ed. USA: APS Press & Springer, 2008. v. 1, p. 87-122.

- CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic variability and adaptive evolution in parthenogenetic root-knot nematodes. **Heredity**, [S.l.], v. 96, n. 4, p. 282-289, 2006.
- CARVALHO, J. C.; NÓBREGA, N. R.; HEINRICH, W. O. Nematóides em cafeeiros – relatório das atividades do fundo de pesquisa do Instituto Biológico em 1962. **Biológico**, São Paulo, v. 29, n. 8, p. 149-150, 1963.
- CASTAGNONE-SERENO, P.; DANCHIN, E. G. J. Parasitic success without sex – the nematode experience. **Journal of Evolutionary Biology**, [S.l.], v. 27, p. 1323-1333, 2014.
- CASTRO, J. M. C.; NAVES, R. L.; CAMPOS, V. P. Ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro na região Alto Paranaíba em Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira**, [S.l.], v. 28, p. 565, 2003.
- CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A.; NAVES, R. L.; ANDRADE JÚNIOR, W. C.; DUTRA, M. R.; COIMBRA, J. L.; MAXIMINIANO, C.; SILVA, J.R. C. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 32, p. 56-64, 2008.
- COSTA, M. B. B. (Coord.) Adubação verde no sul do Brasil. Rio de Janeiro: AS-PTA, 1993. 346 p.
- CHALFOUN, S. M.; REIS, P. R. História da cafeicultura no Brasil. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed). **Café arábica: do plantio à colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v.1, p.21-86.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café, Safra 2020: quarto levantamento**. Brasília: Conab, 2020. v. 5, n. 6. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 29 dez. 2020.
- DaMATTA, F. M.; RONCHI, C. P.; SALES, E. F.; ARAÚJO, J. B. S. O café conilon em sistemas agroflorestais. In: FERRÃO, R. G.; FONSECA, A. F. A.; BRAGANÇA, S. M.; FERRÃO, M. A. G.; MUNER, L. H. (Eds). **Café Conilon**. Vitória: Incaper, 2007. p. 377-389.
- DIAS, P. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H. S. G.; VIANA, A. P.; GONÇALVES, W.; ANDRADE, W. E. de B. Avaliação do desenvolvimento vegetativo e do comportamento de mudas de café (*Coffea arabica*) infectadas ou não por uma população fluminense de *Meloidogyne exigua*. **Coffee Science**, Lavras, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2009.
- FARIA, D. S.; UEBEL, J.; LEMOS, M.; BENETTI, E.; MONTEIRO, T. Avaliação do nematicida Nimitz 480 EC no controle de *Meloidogyne exigua* no cafeeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEIEIRA, 44., 2018, Franca, SP. **Anais [...]** EMBRAPA-PROCAFÉ, 2018.
- FATOBENE, B. J.R.; GUERREIRO FILHO, O.; GONÇALVES, W. Avaliações preliminares da resistência à cochonilha-da-raiz *Dysmicoccus texensis* em clones de *Coffea canephora* resistentes a *Meloidogyne* spp. **Coffee Science**, [S.l.], v. 7, p. 160-166, 2012.
- FATOBENE, B. J. R.; ANDRADE, V. T.; ALOISE, G. S.; SILVAROLLA, M. B.; ALVES, W. G.; GUERRIRO FILHO, O. Wild *Coffea arabica* resistant to *Meloidogyne paranaensis* and genetic parameters for resistance. **Euphytica**, [S.l.], v. 213. N. 196, 2017.

FATOBENE, B.J.R.; TERRA, W.C.; FERREIRA, F.R.C.; ALVES, P.S.; SALGADO, S.M.L. 2018. Comportamento diferenciado de progênies de *Coffea arabica* germoplasma anfilo a *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 2018, 44., Franca. **Anais [...]** EMBRAPA-PROCAFÉ, Franca, SP, 2018.

FAZUOLI, L. C.; BRAGHINI, M. T.; SILVAROLLA, M. B.; GONÇALVES, W.; MISTRO, J. C.; GALLO, P. B.; GUERREIRO FILHO, O. IAC 125 RN – A dwarf coffee cultivar resistant to leaf rust and root-knot nematode. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 18, p. 237-240, 2018.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de Fitonematoides**. Viçosa: UFV, 2010. p. 306.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: Fundamentos e importância**. Manaus: Norma, 2016. Disponível em: <https://nematologia.com.br/files/livros/1.pdf>. Acesso em: 10 dez. 2020.

FILETI, M. S.; SIGNORI, G.; BARIERI, M.; GIROTO, M.; FELIPE, A.S.; JUNIOR, C.EI.; SILVA, D.P.; EPIHANIO, P.D.; LIMA, F. C. C. Controle de nematoide utilizando adubos verdes. **Revista científica eletrônica de agronomia**, São Paulo, ano 10, n. 20, p. 1-4, dez. 2011.

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

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

GONÇALVES, W. Melhoramento do cafeeiro visando resistência a nematoide. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 172, n.16, p. 66-72, 1992.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. Nematoides parasitos do cafeeiro. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. Cap. 7. p. 199-268.

GONÇALVES, W.; RAMIRO, D. A.; GALLO, P. B.; GIOMO, G. S. Manejo de nematoides na cultura do cafeeiro. In: REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO – CAFÉ, Mococa, Mococa. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Biológico, 2004. p. 48-66.

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

GUIMARÃES, N. M. R. B.; SALGADO, S. M. L.; BIJSTERVELD, T. T.; FATOBENE, B. J. R.; ALVES, E. Danos provocados por nematoides-de-galhas às raízes do cafeeiro. **Circular Técnica**, Belo Horizonte, n. 13, jul. 2020.

- HOLDERBAUM, M. M.; ITO, D. S.; SANTIAGO, D. C.; SHIGUEOKA, L. H.; FERNANDES, L. E.; SERA, G. H. Arabica coffee accessions originated from Ethiopia with resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 14, p. 08, p. 1209-1213, 2020.
- ITO, D. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; SANTIAGO, D. C.; KANAYANA, F. S.; GROSSI, L. D. Progênies de café com resistência aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e raça 2 de *Meloidogyne incognita*. **Coffee Science**, Lavras, v. 3, p. 156-163, 2008.
- KANAYAMA, F. S.; SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S.; RUAS, P. M.; ITO, D. S. Progênies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, [S.l.], v. 33, p. 1321-1326, 2009.
- KRZYZANOWSKI, A. A.; FIGUEIREDO, R.; SANTIAGO, D. C.; FAVORETO, L. Levantamento de espécies e raças de *Meloidogyne* em cafeeiros no Estado do Paraná. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 2, 2001, Viçosa, MG. **Resumos Expandidos...** Viçosa, MG: UFV, p. 1175-1181, 2001.
- MAPA. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Café no Brasil**. 2018. Disponível em: www.agricultura.gov.br. Acesso em: 09 de nov. 2020.
- MARIN, M. V.; SANTOS, L. S.; GAION, L. A.; RABELO, H.; FRANCO, C. A.; DINIZ, G. M.; SILVA, E. H. C.; BRAZ, L. T. Selection of resistant rootstocks to *Meloidogyne enterolobii* and *M. incognita* for okra (*Abelmoschus esculentus* L. Moench). **Chilean Journal of Agricultural Research**, [S.l.], v. 77, n. 1, p. 58-64, 2017.
- MANTELIN, S.; BELLAFIORE, S.; KYNDT, T. *Meloidogyne graminicola*: a major threat to rice agriculture. **Molecular Plant Pathology**, [S.l.], v. 18, n. 1, p. 3-15, 2017.
- MATA, J. S.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A.; ALTEIA, M. Z.; COLOMBO, L. A.; SANCHES, R. S.; PETEK, M. R.; FADELLI, S. Seleção para resistência ao nematóide *Meloidogyne paranaensis* emn95001: IAPARLN 94066 de “Catuaí x Icatu” em área altamente infestada. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. 1, 2000. Poços de Caldas. **Resumos expandidos...** Brasília: EMBRAPA, 2000. p. 515-518.
- MATA, J. S. da; SERA, T.; ALTÉIA, M. Z.; AZEVEDO, J. A.; FADELLI, S.; PETEK, M. R.; TRILLER, C.; SERA, G. H. Resistência de genótipos de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) de São Jorge do Patrocínio ao nematóide *Meloidogyne paranaensis* (EMN2001.07). **SBPN – Scientific Journal** (Ed. Especial), São Paulo, v. 6, p. 34-36, 2002.
- MATIELLO, J. B. *et al.* Variedades de café. In: MATIELLO, J. B. *et al.* (Ed.). **Cultura de café no Brasil: Manual de recomendações**. Rio de Janeiro/Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. p. 63-98,
- MENDES, A. N. G.; GUIMARÃES, R. J.; SOUZA, C. A. S. Classificação botânica, origem e distribuição geográfica do cafeeiro. In: GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. (Ed.). **Cafeicultura**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2002. p.1195-1200.
- MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. **Root-knot nematodes**. Chapter 1: *Meloidogyne* Species - a Diverse Group of Novel and Important Plant Parasites. ©CAB International, 2009.

- MOREIRA, F. J. C.; ARAÚJO, B. A.; LOPES, F. G. N.; SOUSA, A. A. L.; SOUSA, A. E. C.; ANDRADE, L. B. S.; UCHOA, A. F. Assessment of the *Tephrosia toxicaria* essential oil on hatching and mortality of eggs and second-stage juveniles (J2) root-knot nematode (*Meloidogyne enterolobii* and *M. javanica*). **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 12, n. 12, p. 1829-1836, 2018.
- MUNIZ, M. de F. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNONESERENO, P.; CASTRO, J. M. C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, Leiden, v. 10, n. 6, p. 897-910, 2008.
- NOIR, S.; ANTHONY, F.; BERTRAND, B.; COMBES, M. C.; LASHERMES, P. Identification of a major gene (Mex-1) from *Coffea canephora* conferring resistance to *Meloidogyne exigua* in *Coffea arabica*. **Plant Pathology**, [S.l.], n. 52, p. 97-103, 2003.
- KARSSSEN, G.; WESEMAEL, W. & MOENS, M. Root-knot nematodes. In: Perry, R.N. & Moens, M. (eds). **Plant Nematology**. 2nd edition, CAB International, Wallingford, UK, 2013. p. 73–108
- OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, R. D. A. L.; SILVA, R. V. Caracterização fisiológica de populações de *Meloidogyne exigua* associadas a cafeeiros na Zona da Mata de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 29, n. 2. p. 279-283. 2005.
- OLIVEIRA, A. C. B.; PEREIRA, A. A.; SILVA, F. L.; REZENDE, J. C.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, G. R. Prediction of genetic gains from selection in Arabica coffee progênies. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Londrina, v. 11, n. 2, p.106-113, June. 2011.
- PEREIRA, A. A. *et al.* Cultivares: origem e suas características. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed). **Café arábica: do plantio a colheita**. Lavras: EPAMIG, 2010. v.1, p.163-222.
- PERES, A. C. J.; SALGADO, S. M. L.; CORREA, V. R.; SANTOS, M. F. A.; MATTOS, V. S.; MONTEIRO, J. M. S.; CARNEIRO, R. M. D. G. Resistance of *Coffea arabica* genotypes against *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* under controlled and field conditions. **Nematology**, [S.l.], p. 1-10, 2017.
- PERRY, R.N.; MOENS, M.; STARR, J.L. Root-knot nematodes. In: Eisenback, J. D.; HUNT, D.J. (Eds). **General morphology**. Virginia, USA. CABI International, 2009. p. 18-54.
- PORTZ, R. L.; STANGARLIN, J. R.; FRANZENER, G.; BALBI-PENA, M. I.; FURLANETTO, C. *Meloidogyne* spp. associadas à cafeicultura em municípios do oeste do Paraná. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 23-27, 2006.
- REIS, L. O.; GOULART, R. R.; LIMA, R. A. P.; PRIMO, C. C.; MANOEL, M. T.; FERNANDES, L. G. S.; RIBEIRO, I. M. V.; TEIXEIRA, D. S.; ZAVAGLI, G. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle de *Meloidogyne exigua* em mudas de cafeeiro. In: Congresso BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2019, 36., Caldas Novas, GO. **Anais [...]**, Caldas Novas, 2019.

- REZENDE, R. M.; SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, A. A.; LIMA, R. R.; FERREIRA, A. D. Resistência de progênies de *coffea arabica* em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, [S.l.], v. 43, n. 2, p. 233-240, 2013.
- SALGADO, S. M. L.; RESENDE, M. L. V.; CAMPOS, V. P. Reprodução de *Meloidogyne exigua* em cultivares de cafeeiros resistentes e suscetíveis. **Fitopatologia Brasileira**, [S.l.], v. 30, p. 413-415. 2005.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. Manejo de fitonematoides em cafeeiro. *In*: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: UFLA, 2010. p.757-804.
- SALGADO, S. M. L.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PINHO, R. S. C. **Aspectos técnicos dos nematoides parasitas do cafeeiro**. (Boletim Técnico 98) EPAMIG, 2011.
- 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**, Londrina, v. 14, p. 94-101, 2014.
- SALGADO, S. M. L., GUIMARAES N. M. R. B.; BOTELHO C. E.; TASSONE G. A. T.; MARCELO A.L.; SOUZA S.R., OLIVEIRA R.D.L., FERREIRA D.F. *Meloidogyne paranaensis* e *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 475 - 481, out./dez. 2015.
- SALGADO, S. M. L., TERRA, W. C., FATOBENE, B. J. R., BENTO, A. T., PINHEIRO, I. C. L.; MATOS, C. S. M. Detecção de *Meloidogyne paranaensis* em Carmo da Cachoeira, região Sul de Minas Gerais. Belo Horizonte: EPAMIG, 2018. (Circular Técnica 269).
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, R. M.; ANDRADE, V. T.; CARVALHO, G. R.; ABRAHÃO, J. C. R. Indicação de parâmetro metodológico para caracterizar reação de mudas de cafeeiro ao *Meloidogyne exigua*. EPAMIG, n. 324, out. 2020. (Circular Técnica).
- SANTOS, J. M. Os nematoides de galha que infectam o cafeeiro no Brasil. *In*: ENCONTRO SOBRE DOENÇAS E PRAGAS DO CAFEIEIRO, 5., 2001, Ribeirão Preto. **Anais ...** Ribeirão Preto: Instituto Biológico, p. 10-20, 2001.
- SANTOS, H. F.; SALGADO, S. M. L.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, A. M.; BOTELHO, C. E.; ANDRADE, V. T. Initial productive performance of Coffee progenies in an area infested by *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 530 - 538, oct./dec. 2018.
- SERA, T.; MATA, J. S.; ITO, D. S.; DOI, D. S.; SERA, G. H.; AZEVEDO, J. A.; COTARELLI, V.M. Identificação de cafeeiros resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de Icatu (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, [S.l.], v. 8, p.2 0, 2004.
- SERA, T. *et al.* Seleção de cafeeiros resistentes ao nematóide *Meloidogyne paranaenses* e *M. incognita* raças 2 e 1 em populações de “Icatu” (*Coffea arabica*). **SBPN Scientific Journal**, São Paulo, 2005.

- SERA, G. H.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A.; MATA, J. S.; RIBEIRO FILHO, C.; DOI, D. S.; ITO, D. S.; FONSECA, I. C. B. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, p. 171-184, 2006.
- SERA, G. H.; SERA, T.; ITO, D. S.; MATA, J. S.; DOI, D. S.; AZEVEDO, J. A.; RIBEIRO-FILHO, C. R. Progenies de *Coffea arabica* cv. IPR-100 resistente ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*, **Bragantia**, Campinas, v. 66, p. 43-49, 2007.
- SERA, G. H.; SERA, T.; MATA, J. S.; ALEGRE, C. R.; FONSECA, I. C. B.; ITO, D. S.; KANAYAMA, F. S.; BARRETO, P. C. Reaction of coffee cultivars Tupi IAC 1669-33 and IPR 100 to nematode *Meloidogyne paranaensis*. **Crop Breeding and Applied Biotechnol.**, [S.l.], v. 9, p. 293-298, 2009.
- 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 and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 17, p. 175-179, 2017.
- SERA, G. H.; CARVALHO, F. G.; FONSECA, I. C. B.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A.; SILVA, A. G.; ITO, D. Resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in Arabica coffee genotypes introgressed with *Coffea liberica*. **Australian Journal of Crop Science**, AJCS, v. 14, p. 08, p. 1236-1241, 2020a.
- SERA, G. H.; MACHADO, A. C. Z.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A.; SERA, T. IPR 106: new Arabica coffee cultivar, resistant to some *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* nematode populations of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 20. n. 3, p. e305520317, 2020b.
- SILVA, R. V.; SARAIVA, D. C.; OLIVEIRA, R. D. L.; PEREIRA, A. A.; FERREIRA, P. S. Reação de progênies de cafeeiro da cultivar Catiguá MG 3 a quatro populações de *Meloidogyne exigua*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Resumos Expandidos[...]**. Brasília: EMBRAPA Café, 2007.
- SILVA, R. V.; OLIVEIRA, R.D.L.; ZAMBOLIN, L. Primeiro relato de ocorrência de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiro no estado de Goiás. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 33, n. 2, p.187-190. 2008.
- SIMÕES, J. C.; PELEGRINI, D. F. **Diagnóstico da cafeicultura mineira - regiões tradicionais**: Sul/Sudoeste de Minas, Zona da Mata, Triângulo Mineiro/Alto Paranaíba. Belo Horizonte: EPAMIG, 2010. p. 56.
- SHIGUEOKA, L. H.; SERA G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C.; ITO, D. S.; Reaction of Arabica coffee progenies derivative from Icatu to *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, [S.l.], v. 75, p. 193-198, 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**, [S.l.], v. 3, p. 10-16, 2016b.

SOUZA, M. G.; MOITA, A. W.; CARNEIRO, R. G.; CARNEIRO, R. M. D. G. Resultados parciais sobre o manejo integrado de *Meloidogyne paranaensis* em cafeeiros usando rotação de cultura, controle biológico e resistência genética. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA*, 29., 2011, Brasília, DF. **Anais[...]**. Brasília, DF: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2011p. 167.

STEFANELO, D. R.; SANTOS, M. F. A.; MATTOS, V. S.; BRAGHINI, M. T.; MENDONÇA, J. S. F.; CARES, J. E.; CARNEIRO, R. M. D. G. *Meloidogyne izarcoensis* parasitizing coffee in Minas Gerais state: the first record in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, [S.l.], v. 44, 2018.

TERRA, W. C.; SALGADO, S. M. L.; FANTOBENE, B. J. R.; CAMPOS, V. P. Expanded Geographic Distribution of *Meloidogyne paranaensis* Confirmed on Coffee in Brazil. **Plant Disease**, [S.l.], v. xx, p. PDIS-09-18-1502-PDN-xx, 2018.

TERRA, W. C.; SALGADO, S. M. L.; FATOBENE, B. J. R.; FERREIRA, F. R. C. Principais nematoides-das-galhas parasitas do cafeeiro nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. EPAMIG. maio 2020. (Circular Técnica 313).

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

VILLAIN L.; SALGADO S. M. L.; TRINH P. Q. Nematode parasites of coffee and cocoa. *In: SIKORA R. A. (Ed.), COYNE, D. (Ed.), HALLMANN, J. (Ed.), TIMPER, P. (Ed.). Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture*. Wallingford: CABI, 2018. p. 536-583.

WARMERDAM, S.; STERKEN, M. G.; van SCHAIK, C.; OORTWIJN, M. E. P.; SUKARTA, O. C. A.; LOZANO-TORRES, J. L.; DICKE, M.; HELDER, J.; KAMMENGA, J. E.; GOVERSE, A.; BAKKER, J.; SMANT, G. Genome-wide 47 association mapping of the architecture of susceptibility to the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in *Arabidopsis thaliana*. **New Phytologist**, [S.l.], v. 218, p. 724-737, 2018.

CAPÍTULO 2 DESEMPENHO AGRONÔMICO DE PROGÊNIES DE *COFFEA ARABICA* RESISTENTES A *MELOIDOGYNE PARANAENSIS*

RESUMO

Os nematoides das galhas ocorrem em diversas regiões produtoras de café no Brasil e representa uma ameaça à rentabilidade das lavouras. Dentre as técnicas de manejo, o uso de cultivares resistentes se destaca como a melhor alternativa. Portanto, objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho de progênies de *C. arabica*, oriundas do germoplasma silvestre Amphillo, visando a obtenção de cultivares resistentes a *M. paranaensis* e com bom desempenho agronômico. Foram avaliadas nove progênies, em geração F_{6:7}, resultantes do cruzamento entre Catuaí Vermelho e Amphillo MR e duas cultivares utilizadas como testemunha, Catuaí Amarelo IAC 62, suscetível e IPR 100, resistente. O delineamento adotado no campo foi em blocos casualizados, com cinco repetições e parcelas de 15 plantas. As características nematológicas referentes ao comportamento das progênies ao *M. paranaensis* foram avaliadas em 2019 e 2020. Aos 12 e 24 meses foram avaliados o incremento de altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários. Em maio de 2020 foram avaliados o vigor vegetativo, diâmetro de copa, comprimento do internódio da haste ortotrópica, produtividade em sacas de café beneficiado por ha⁻¹; porcentagem de frutos verdes, cereja, seco chochos, peneira 17, grãos moça e renda. Conclui-se que as progênies são resistentes a *M. paranaensis*, com exceção das progênies MG 0179-1-R1-2-1-II (87A) e MG 0179-1-R1-2-7-II (87B). A progênie MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) apresenta bom desempenho vegetativo aliado ao alto potencial produtivo e ciclo de maturação precoce.

Palavras-chave: Café. Nematoides das galhas. Amphillo. Resistência genética

ABSTRACT

The gall nematodes occur in several coffee producing regions in Brazil and represent a threat to the profitability of crops. Among the management techniques, the use of resistant cultivars stands out as the best alternative. Therefore, the aim of this study was to evaluate the performance of *C. arabica* progenies, originating from the wild germplasm Amphillo, aiming to obtain cultivars resistant to *M. paranaensis* and with good agronomic performance. Nine progenies were evaluated, in F_{6:7} generation, resulting from the cross between Catuaí Vermelho and Amphillo MR and two cultivars used as control, Catuaí Amarelo IAC 62, susceptible and IPR 100, resistant. The design adopted in the field was in randomized blocks, with five replications and plots of 15 plants. The nematological characteristics related to the behavior of the progenies against *M. paranaensis* were evaluated in 2019 and 2020. At 12 and 24 months, the increase in plant height, stem diameter and number of primary plagiotropic branches were evaluated. In May 2020, vegetative vigor, canopy diameter, internode length of the orthotropic stem, productivity in coffee bags benefited by ha⁻¹ were evaluated; percentage of green fruits, cherry, dry chochos, sieve 17, mocha grains and lace. It is concluded that the progenies are resistant to *M. paranaensis*, except for the MG 0179-1-R1-2-1-II (87A) and MG 0179-1-R1-2-7-II (87B) progenies. The MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) progeny shows good vegetative performance combined with high yield potential and early maturation cycle.

Keywords: Coffee. Galls nematodes. Amphillo. Genetic resistance.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café do mundo, sendo responsável por cerca de 35% da produção global (OIC, 2020). O parque cafeeiro brasileiro é formado por cerca de 82,33% de plantas da espécie *Coffea arabica* e 17,66% de *C. canephora* (CONAB, 2020). Em 2020, a produção brasileira total (arabica e robusta) chegou a 63,08 milhões de sacas beneficiadas, com crescimento de 27,9% em relação à safra passada (CONAB, 2020). Além disso, é referência na pesquisa com a cultura que vem aumentando sua produtividade continuamente.

Entretanto, alguns fatores, principalmente aqueles de aspecto fitossanitário, vem comprometendo o rendimento da cafeicultura no país, com destaque para o parasitismo dos fitonematoides (OLIVEIRA; ROSA, 2018). Dentre as várias espécies de nematoides encontradas parasitando as raízes de cafeeiros no Brasil, aquelas pertencentes ao gênero *Meloidogyne* são consideradas as mais prejudiciais (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001), em virtude da ampla distribuição geográfica, polifagia, diferença biológica no parasitismo entre as populações da mesma espécie e alta capacidade de multiplicação no campo (VILLAIN *et al.*, 2018).

O *Meloidogyne paranaensis* está entre as espécies do gênero que mais causam prejuízos aos cafeicultores. Este nematoide tem induzido a decadência de regiões nobres na cafeicultura, devido sua agressividade no depauperamento das plantas (CARNEIRO *et al.*, 2008), podendo reduzir a produção em até 50% (CARNEIRO *et al.*, 1996) e em alguns casos mais graves dizimar a lavoura. Atualmente, este fitonematoide representa um grande risco para a produção brasileira de café, por ser encontrado em várias regiões produtoras, como no estado de Minas Gerais, local de maior produção de café no Brasil (CARVALHO *et al.*, 2017; TERRA *et al.*, 2018).

Dentre as estratégias de manejo que visam reduzir a população do nematoide no solo, a resistência genética das cultivares é o método mais eficiente e viável economicamente (ITO *et al.*, 2008). Diante deste fato, várias instituições de pesquisa têm conduzido programas de melhoramento genético do cafeeiro visando o desenvolvimento de cultivares resistentes aos fitonematoides, principalmente o *M. paranaensis*.

Atualmente, para resistência a *M. paranaenses*, tem-se a disposição, as cultivares IPR 100 e IPR 106 (ANDREAZI *et al.*, 2015; SERA *et al.*, 2017; SERA *et al.*, 2020) com produtividade média de 58,79 scs ha⁻¹ e 52,19 scs ha⁻¹ respectivamente, no estado do Paraná (SERA *et al.*, 2012; SERA *et al.*, 2020). Entretanto, essas cultivares apresentam ciclo de

maturação dos frutos tardio (PEREIRA; BAIÃO, 2015; SERA *et al.*, 2020). Desta forma, o desenvolvimento de cultivares resistentes com ciclo de maturação precoce teria um forte apelo para a produção. Além disso, o desenvolvimento contínuo de cultivares resistentes é fundamental, pois as cultivares lançadas não são perfeitas e o ambiente de cultivo muda constantemente, bem como a necessidade dos produtores.

Fontes de resistência aos nematoides das galhas são imprescindíveis aos programas de melhoramento genético do cafeeiro. O germoplasma silvestre Amphillo vêm sendo estudado há vários anos com resultados satisfatórios para resistência a *M. paranaensis* e para as características agronômicas (SALGADO *et al.*, 2014; PASQUALOTTO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2018b; ALVES *et al.*, 2019; PASQUALOTTO *et al.*, 2020).

Desta forma, há uma concentração de esforços no desenvolvimento de novas cultivares de *C. arabica* resistentes aos fitonematoides. Sabe-se que a seleção em campo é um trabalho dificultoso pela condição perene da cultura, que requer muitos anos de seleção e avaliação das plantas resistentes. Neste aspecto, estudos de avaliação de progênies em campos infestados como este, são importantes, pois visam contribuir de forma significativa para o melhoramento genético do cafeeiro.

Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o desempenho de progênies de *C. arabica*, derivadas do germoplasma silvestre Amphillo visando a obtenção de cultivares resistentes a *M. paranaensis* e com bom desempenho agronômico.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Descrição da área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda São Judas Tadeu em janeiro de 2018, situada no município de Piumhi, região Sudoeste do estado de Minas Gerais, a uma altitude de 812 m, latitude 20° 25' 28,7" e longitude de 46° 1' 10,5". A temperatura média anual é de 20,7 °C, com precipitação média anual de 1426,3 mm. A área experimental selecionada apresenta infestação de *M. paranaensis*, identificada por meio da técnica de eletroforese de Carneiro e Almeida (2001).

2.2 Descrição do experimento

O material utilizado no experimento compreende nove progênies em geração F_{6:7}, sendo resultantes do cruzamento entre cafeeiro do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR e duas cultivares comerciais, sendo Catuaí Amarelo IAC 62 utilizada como testemunha suscetível, e a cultivar IPR 100, utilizada como padrão de resistência (TABELA 1). As progênies utilizadas foram selecionadas previamente por Salgado *et al.*, (2014) no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

O plantio do experimento ocorreu em janeiro de 2018 com espaçamento de 3,0 x 0,6 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, composto por nove progênies com potencial para resistência ao nematoide *M. paranaensis* e duas cultivares utilizadas como testemunha, com cinco repetições, totalizando 55 parcelas constituídas por 15 plantas, sendo considerado como área útil as nove plantas centrais da parcela.

O preparo das mudas, a implantação e a condução dos cafeeiros seguiram as recomendações técnicas para a cultura em Minas Gerais, sendo as adubações realizadas conforme a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais (GUIMARÃES *et al.*, 1999). O controle químico do nematoide na área não foi realizado, visando a identificação e seleção de progênies resistentes a este patógeno.

Tabela 1 - Relação e genealogia das progênes de *Coffea arabica* em geração F_{6:7} instaladas na fazenda São Judas Tadeu, no município de Piumhi – MG.

Nº	Progênes	Origem
87A	MG 0179-1-R1 - 16-6-III - 2-1-II	CV. x Amphillo MR 2-161
87B	MG 0179-1-R1 - 16-6-III - 2-7-II	CV. x Amphillo MR 2-161
88	MG 0179-1-R1 - E1: 16-5-III - 22-1-I	CV. x Amphillo MR 2-161
20A	MG 0179-1- R1 - 16-6-I - 10-2-II	CV. x Amphillo MR 2-161
20B	MG 0179-1- R1 - 16-6-I - 10-7-II	CV. x Amphillo MR 2-161
40	MG 0179-3-R1 - 28-4-I – 5-3-IV	CV. x Amphillo MR 2-161
44A	MG 0185-2-R2 - 29-2-I – 11-7-II	CV. x Amphillo MR 2-474
44B	MG 0185-2- R2 - 29-2-I – 11-2-I	CV. x Amphillo MR 2-474
105	MG 0179-1-R1 - E2: 16-5-III – 23-5-II	CV. x Amphillo MR 2-161
10 ¹	Catuai Amarelo IAC 62	-
11 ²	IPR 100	-

CV: Catuai vermelho

¹Cultivar utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. paranaensis*.

²Cultivar utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. paranaensis*.

Fonte: Da autora (2021).

2.3 Variáveis avaliadas

2.3.1 Bioteste da área experimental

Para a confirmação da presença e distribuição de *M. paranaensis* na área experimental foram coletadas amostras de solo na rizosfera do cafeeiro em três pontos equidistantes em cada parcela para instalação do bioteste com plantas de tomateiro (bioindicadoras) após 18 meses do plantio do experimento. Em casa de vegetação, as amostras de solo foram distribuídas em copos de 500 mL de capacidade, onde foram plantadas mudas de tomateiro cultivar Santa Clara para o teste de indicador biológico da população de *M. paranaensis* no solo das parcelas. A avaliação do bioteste foi realizada por meio da quantificação de ovos e juvenis de segundo estágio (J2) de *M. paranaensis* nas raízes dos tomateiros aos 60 dias do plantio. A quantificação da população (ovos + juvenis de segundo estágio - J2) foi realizada após a extração do nematoide das raízes por meio da técnica de Hussey e Barker (1973), modificada por Boneti e Ferraz (1981) e posterior quantificação em lâmina de contagem sob microscópio de objetiva invertida.

2.3.2 População de *Meloidogyne paranaensis* nas progênies

A população do *M. paranaensis* nas raízes das progênies avaliadas foi quantificada nos anos de 2019 e 2020, nos meses de novembro e maio, respectivamente. As amostras foram retiradas na profundidade de 0-40 cm, nos dois lados da planta, perpendiculares a linha de plantio. As raízes foram lavadas e após o escoamento do excesso de água elas foram pesadas e retirou-se aleatoriamente 50 gramas para a extração empregando-se a metodologia descrita por Hussey e Barker (1973) e modificada por Boneti e Ferraz (1981). A população de ovos + J2 de *M. paranaensis* por grama de raiz foi quantificada sob microscópio biológico de objetiva invertida utilizando lâmina de contagem.

2.3.3 Características agronômicas avaliadas

Aos 12 e 24 meses (incremento de crescimento) após o plantio das mudas no campo foram avaliados os caracteres:

- a) Altura da planta (AP): realizada com auxílio de uma régua graduada em centímetros, medindo-se a distância entre o nível do solo até a inserção do o par de folha terminal da haste ortotrópica;
- b) Diâmetro do caule (DC): expresso em milímetros, medido com auxílio de um paquímetro digital, à 10 cm acima do nível do solo; e
- c) Número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP): realizada a contagem direta nas plantas em cada parcela.

No mês de maio de 2020, foram também efetuadas:

- d) Diâmetro de copa (DCO): expresso em centímetros, realizada com o auxílio de uma régua graduada, colocada de forma horizontal nas extremidades dos ramos plagiotrópicos inferiores.
- e) Vigor vegetativo: avaliado conforme a escala sugerida por Carvalho *et al.* (1979), sendo atribuídas notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, por três avaliadores calibrados, onde a nota 1 se refere às piores plantas, com baixo vigor vegetativo e depauperamento acentuado, bem como a nota 10 para plantas extremamente vigorosas, enfolhadas, alto crescimento de ramos produtivos.
- f) Comprimento do internódio da haste ortotrópica (CIHO): foi obtido pela divisão do comprimento do ramo ortotrópico (cm) pelo número de entrenós da haste ortotrópica, com resultado em cm.

Após a colheita, realizada no mês de junho de 2020, foram também efetuadas as seguintes avaliações:

g) Produtividade (sacas de café beneficiado ha⁻¹): a produtividade, em sacas de café beneficiado por hectare, foi determinada após a colheita no ano de 2020, por meio da derriça total dos frutos de cada parcela, com posterior pesagem em kg de “café por derriça total”, seguida da conversão para sacas ha⁻¹ de café beneficiado de acordo com a renda de cada progênie.

h) Renda em porcentagem: para o cálculo da renda foram coletadas amostras de 4 litros de café obtidos na derriça total para a mensuração da produção. Essas amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno trançado até a secagem atingir aproximadamente 11,0% de teor de umidade água. As amostras foram pesadas antes e depois da secagem e após o beneficiamento para determinar a renda.

i) Porcentagem de frutos verdes, cereja e secos: a avaliação da maturação dos frutos foi realizada separando-se uma amostra aleatória de aproximadamente 300 mL colhidos na derriça total os quais foram classificados em verdes, cerejas e secos. O número obtido para cada classificação foi dividido pelo total avaliado e os dados foram expressos em porcentagem.

j) Porcentagem de frutos chochos: a porcentagem de frutos chochos foi realizada conforme a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que se colocam 100 frutos cerejas em um recipiente com água, sendo considerados chochos aqueles que permanecerem na superfície. Os números de frutos que flutuaram representam a porcentagem de frutos chochos.

k) Porcentagem de peneira 17 e acima: essas análises foram realizadas após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas de café beneficiado pelo conjunto de peneiras (17/64 a 19/64). O material retido em cada peneira foi pesado, determinando-se a porcentagem de grãos peneira 17 e acima (BRASIL, 2003).

l) Porcentagem de grãos tipo moca: essas análises foram realizadas após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas pelo conjunto de peneiras (8 a 13). O material retido em cada peneira foi pesado, determinando-se a porcentagem de grãos tipo moca (BRASIL, 2003).

2.3.4 Classificação da resistência

Para classificar os níveis de resistência das progênies foi utilizado o Índice de suscetibilidade do hospedeiro (ISH) = (NOJ.g⁻¹ do tratamento / NOJ.g⁻¹ do padrão suscetível) x 100 (GONÇALVES; FERRAZ, 1987, modificado). Os valores de ISH foram usados para

classificar os níveis de resistência dos cafeeiros segundo os critérios de Fassuliotis (1985) modificado, que correspondem a: 0 a 1% = altamente resistente (AR); 1,1 a 10% = resistente (R); 10,1 a 25% = moderadamente resistente (MR); 25,1 a 50% = moderadamente suscetível (MS); 50,1 a 75% = suscetível (S); 75,1 a 100% = altamente suscetível (AS).

2.3.5 Ranqueamento e seleção

O ranqueamento das progênies foi realizado em ordem favorável ao melhoramento classificando as características produtividade, vigor, população de nematoides por grama de raiz, porcentagem de frutos cereja, porcentagem de chochos, porcentagem de grãos peneira 17 e acima e porcentagem de moca. Para tanto, utilizou-se a metodologia de Mulamba e Mock (1978) detalhado por Cruz e Regazzi (1997). De acordo com esse índice, a classificação das progênies foi realizada pela soma das posições no ranqueamento, agrupando as informações de todas as características avaliadas em apenas uma informação. As progênies selecionadas foram as de menor valor da somatória das posições.

2.4 Análise estatísticas

A partir dos dados da população de nematoides por grama de raiz (PGR), incremento de altura (cm) e diâmetro do caule (mm), número de ramos, porcentagem de grãos retidos na peneira 17 e acima, grãos moca, renda e produção de cada parcela, efetuou-se a correlação de Pearson, com significância, 1% a de probabilidade, pelo teste T, utilizando-se o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

Para as análises de variância de produção (sacas de café beneficiado ha⁻¹) e das demais características agronômicas, adotou-se significância de 1% de probabilidade pelo teste F. Detectando-se diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para os dados de populações de nematoides nas raízes dos cafeeiros (PGR) e dos tomateiros (PGRB) foram utilizadas as transformações de dados ($\sqrt{x+1}$). Posteriormente, elas foram submetidas à análise estatística pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). A partir da detecção de diferenças significativas, a 1% de probabilidade, pelo teste F e, entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população (ovos + J2) de *M. paranaensis* por grama de raízes de tomateiros avaliada por meio do bioteste cultivados em solo da rizosfera do cafeeiro foi significativamente diferente entre si (TABELA 2). Destaca-se neste bioteste, o baixo índice populacional de ovos + J2 verificado igualmente nas raízes dos tomateiros cultivados em solos das parcelas da cultivar resistente IPR 100 e das progênes. Por outro lado, a população de *M. paranaensis* foi destacadamente superior nos tomateiros cultivados com o solo das parcelas da cultivar suscetível Catuaí Amarelo IAC 62, demonstrando que desde o início do desenvolvimento das plantas suscetíveis a população de nematoides tende a crescer rapidamente.

Tabela 2 - População (ovos + Juvenis de segundo estágio – J2) por grama de raiz de tomateiro bioindicador (PGRB), do cafeeiro (PGR), índice de suscetibilidade hospedeira (ISH) e níveis de resistência (NR) de progênes de *Coffea arabica* em área naturalmente infestada por *Meloidogyne paranaensis* no município de Piumhi-MG.

Progênes	PGRB	PGR 2019	PGR 2020	PGR (Média)	ISH ¹ %	NR ²
87A	842,40 a	362,84 b	564,98 b	463,91 b	19,40	MR
87B	254,72 a	400,34 b	650,24 b	525,29 b	21,97	MR
88	275,75 a	22,35 a	42,26 a	32,30 a	1,35	R
20A	787,45 a	23,82 a	53,77 a	38,80 a	1,62	R
20B	451,71 a	35,67 a	74,03 a	54,85 a	2,29	R
40	631,97 a	28,06 a	45,54 a	36,80 a	1,53	R
44A	233,72 a	184,66 a	94,02 a	139,34 a	5,82	R
44B	391,48 a	18,29 a	24,89 a	21,59 a	0,90	AR
105	702,85 a	36,60 a	38,35 a	37,47 a	1,56	R
Catuaí 62 ³	11470,00 b	2423,59 c	2358,04 c	2390,81 c	100	AS
IPR 100	62,59 a	37,35 a	40,98 a	39,17 a	1,63	R
Média	1464,16	324,87	362,66	343,67	-	-
CV	23,74	25,26	18,34	18,11	-	-

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

¹ ISH = (NOJ.g⁻¹ do tratamento / NOJ.g⁻¹ do padrão suscetível) x 100.

² NR segundo os critérios de Fassuliotis (1985).

³ Cultivar utilizada como padrão suscetível para o cálculo do ISH.

Fonte: Da autora (2021).

De acordo com Salgado *et al.* (2014), um dos efeitos do mecanismo de resistência das plantas é a diminuição da densidade populacional do nematoide no solo através, da redução do desenvolvimento do patógeno e das baixas taxas de reprodução nas raízes do cafeeiro. Diante do alto índice populacional observado nas raízes dos tomateiros cultivados com solo da rizosfera da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, percebe-se a alta suscetibilidade dessa cultivar ao

M. paranaensis. Por outro lado, as progênies e a cultivar resistente IPR 100 não permitiram a alta multiplicação do nematoide verificada no Bioteste instalado com o solo das parcelas de campo. Podemos assim inferir, que esses cafeeiros podem apresentar algum mecanismo de resistência ao *M. paranaensis*.

Pasqualotto *et al.* (2015) também utilizaram plantas indicadoras de tomateiro (bioteste) para avaliar a população de *M. paranaensis* aos 30 meses após o plantio. Neste, assim como, no presente trabalho foi encontrado uma população de nematoides heterogênea. Carvalho *et al.* (2017) também utilizaram a técnica do bioteste com tomateiro para quantificar a população de *M. paranaensis* em solo cultivado com genótipos de cafeeiros aos 2,5 anos após a implantação. E foi observada uma densidade populacional estatisticamente diferente entre os genótipos, assim como encontrada no presente trabalho.

Nas avaliações da população de nematoides (ovos + J2) por grama de raízes nos anos de 2019 e 2020, assim como na análise média dos dois anos, observou-se baixa população de *M. paranaensis* nas progênies MG 0179-1-R1-22-1-I (88), MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B), MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) e MG 0179-1-R1-23-5-II (105) e na cultivar resistente IPR 100, não diferindo estatisticamente entre si (TABELA 2), evidenciando o potencial de resistência dessas progênies a este nematoide. De acordo com o resultado do índice de suscetibilidade do hospedeiro (TABELA 2) essas progênies foram classificadas em resistentes e altamente resistentes ao *M. paranaensis* em área naturalmente infestada nas condições de campo no município de Piumhi-MG.

As progênies MG 0179-1-R1-2-1-II (87A) e MG 0179-1-R1-2-7-II (87B) apresentaram um índice populacional dos nematoides nas raízes intermediário se mostrando moderadamente resistente, com um índice de suscetibilidade do hospedeiro de 19,40 e 21,97%, respectivamente (TABELA 2). No terceiro grupo ficou a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, que apresentou uma média de 2.390,81 ovos e juvenis por grama de raízes. Diversos autores relataram a alta suscetibilidade da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 ao nematoide *M. paranaensis* (PASQUALOTTO *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018b) corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

A seleção genealógica de progênies de *C. arabica* oriundas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos MR 2-161 e MR 2-474 tem sido realizada há vários anos a partir do Banco de Germoplasma da EPAMIG (Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais). Plantas oriundas dessas progênies apresentaram resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* em condições controladas (PERES *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018a; ALVES *et al.*, 2019;

REZENDE *et al.*, 2019; PASQUALOTTO *et al.*, 2020) e em áreas naturalmente infestadas nas condições de campo (SALGADO *et al.*, 2014; PASQUALOTTO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2018b) corroborando com os resultados obtidos neste trabalho.

A avaliação do desenvolvimento vegetativo do cafeeiro é muito importante, tendo em vista que o desenvolvimento da planta tem relação direta com seu comportamento produtivo. Os incrementos entre 12 a 24 meses dos caracteres altura da planta, diâmetro do caule e número de ramos plagiotrópicos primários, além do diâmetro de copa, vigor vegetativo e comprimento do internódio da haste ortotrópica estão apresentados na tabela 3. Carvalho *et al.* (2010), avaliando 25 cultivares de café arábica em cinco ambientes, observaram que plantas com maior diâmetro de caule, altura de planta, número e comprimento de ramos plagiotrópicos foram as mais produtivas.

Tabela 3 - Incremento entre 12 a 24 meses para altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC) e número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP); diâmetro de copa (DCO), vigor vegetativo da planta (nota de 0 a 10) e comprimento do internódio da haste ortotrópica (CIHO) avaliadas em área infestada por *Meloidogyne paranaensis* no município de Piumhi-MG.

Progênes	AP (cm)	DC (mm)	NRPP	DPC (cm)	Vigor	CIHO (cm)
87A	41,45 c	11,24 a	12,26 b	140,21 b	4,73 b	8,52 b
87B	47,90 b	11,24 a	14,88 a	145,11 b	5,95 a	7,94 b
88	45,20 b	12,27 a	14,09 b	148,38 b	5,22 a	8,48 b
20A	69,93 a	11,64 a	18,52 a	157,84 b	5,73 a	8,51 b
20B	59,19 a	12,79 a	16,55 a	150,54 b	5,52 a	8,78 b
40	52,40 b	11,66 a	13,84 b	165,66 a	4,89 b	9,57 a
44A	66,26 a	13,27 a	16,05 a	186,36 a	6,08 a	10,13 a
44B	65,22 a	11,53 a	15,68 a	171,44 a	5,32 a	9,57 a
105	51,59 b	10,21 b	14,87 a	141,34 b	4,48 b	8,19 b
Catuaí 62 ¹	34,23 c	8,61 b	11,85 b	95,67 c	3,45 c	7,16 c
IPR 100 ²	45,87 b	11,60 a	16,40 a	134,85 b	6,16 a	6,75 c
Média	52,66	11,46	15,00	148,85	5,23	8,51
CV	15,34	13,37	13,89	11,52	15,54	7,81

Médias seguidas pela mesma letra na coluna, pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

¹Cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. paranaensis*.

²Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. paranaensis*.

Fonte: Da autora (2021).

Com relação ao incremento das características vegetativas, para a altura de planta ocorreu a formação de três grupos. No grupo superior, com os maiores incrementos ocorridos entre 12 e 24 meses, estão as progêneses MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0179-1-R1-10-2-II

(20A), MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) e MG 0185-2-R2-11-2-I (44B), variando entre 59,19 cm e 69,93 cm (TABELA 3).

O maior incremento em altura das plantas, indicam um melhor desenvolvimento vegetativo dessas progênes, o que pode ser uma característica desejável por favorecer o aparecimento de um maior número de ramos plagiotrópicos, um importante componente de produtividade do cafeeiro, dependendo do alelo *Ct* que controla o porte das plantas. Rodrigues *et al.*, (2012) relataram correlações positivas entre a altura da planta e o número de ramos plagiotrópicos. Carvalho *et al.* (2010) verificaram que as características vegetativas de altura da planta e número de ramos plagiotrópicos apresentaram maior correlação fenotípica com a produtividade.

Vale ressaltar, que os menores incrementos em altura de planta foram observados na progênie MG 0179-1-R1-2-1-II (87A) e na cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, com 41,45 cm e 34,23 cm, respectivamente. Os demais tratamentos foram classificados no grupo intermediário (TABELA 3). O baixo desenvolvimento vegetativo da progênie MG 0179-1-R1-2-1-II (87A) e da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 pode estar relacionado ao parasitismo de *M. paranaensis*, uma vez que, tanto a cultivar quanto a progênie apresentaram alta população de nematoide em suas raízes. Carvalho *et al.* (2017) avaliaram o desenvolvimento de genótipos de *C. arabica* em área infestada por *M. paranaensis* no município de Piumhi-MG e associaram a menor altura de planta obtida na cultivar suscetível Catuaí Amarelo IAC 62 a alta infestação nas raízes das plantas, corroborando com os resultados obtidos no presente estudo.

Para a variável incremento de diâmetro do caule ocorreu a formação de dois grupos. Os menores valores de diâmetro do caule foram observados na progênie MG 0179-1-R1-23-5-II (105) e na cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. As demais progênes e a cultivar IPR 100 não se diferenciaram estatisticamente e permaneceram no grupo superior. Vale ressaltar que, o diâmetro do caule é uma característica importante a ser avaliada durante o desenvolvimento vegetativo do cafeeiro e são preferíveis plantas de maiores diâmetros. Diversos autores relataram correlações positivas entre o diâmetro do caule e a produtividade do cafeeiro (FREITAS *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2010; ASSIS *et al.*, 2014) confirmando que, plantas de caule mais vigorosos possuem maior potencial produtivo.

Além dos caracteres vegetativos citados anteriormente, o número de ramos plagiotrópicos também influencia a produtividade da lavoura. Para esta característica, as progênes e cultivares avaliadas foram separadas estatisticamente em dois grupos, no qual, foi verificado a superioridade das progênes MG 0179-1-R1-2-7-II (87B), MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B), MG 0185-2-R2-11-7-II

(44A) e MG 0179-1-R1-23-5-II (105) e a da cultivar IPR 100. As demais diferiram estatisticamente destas, reunindo-se no segundo grupo de menores valores de incremento de número de ramos plagiotrópicos primários.

O maior número de ramos plagiotrópicos é uma característica importante na seleção de cultivares de café. Carvalho *et al.* (2010) avaliaram a correlação entre crescimento e produtividade de 25 cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais e observaram que o número de ramos plagiotrópicos foi uma das características que apresentaram maior correlação fenotípica com a produtividade do cafeeiro. Além disso, Freitas *et al.* (2007) detectaram correlação negativa entre crescimento de ramo plagiotrópico e número de ramos plagiotrópicos. Segundo os autores, a seleção de plantas com maior número de ramos plagiotrópicos, poderá selecionar indiretamente plantas de menor crescimento de ramos e, conseqüentemente menor diâmetro de copa, o que é desejado em plantio adensado.

Diante dessa informação, também foram verificados o diâmetro de copa das progênies e cultivares avaliadas. As progênies MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), MG 0185-2-R2-11-7-II (44B) e MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) que apresentaram destacadamente o maior diâmetro de copa, variando entre 165,66 e 186,36 cm (TABELA 3). Já as progênies MG 0179-1-R1-2-7-II (87B), MG 0179-1-R1-2-1-II (87A), MG 0179-1-R1-22-1-I (88), MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) e MG 0179-1-R1-23-5-II (105) e a cultivar IPR 100 apresentaram valores intermediários. O menor valor de diâmetro de copa foi observado na cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, com 95,57 cm.

A avaliação do diâmetro da copa é um parâmetro interessante durante a seleção de plantas, uma vez que, orienta para o melhor sistema de manejo que a futura cultivar será indicada. Cafeeiros com menor diâmetro de copa são recomendados para plantios mais adensados. De acordo com Carvalho *et al.* (2003), valores elevados deste parâmetro podem não ser vantajosos, pois quanto maior o diâmetro de copa, menor seria o número de plantas por área. Sabe-se que a produtividade está diretamente relacionada ao número de plantas por hectare. Entretanto, crescimento vegetativo vigoroso nos estágios iniciais da cultura pode indicar maior potencial produtivo, principalmente se o diâmetro de projeção da copa estiver associado positivamente com o número de ramos plagiotrópicos.

O menor diâmetro de copa verificado na cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 está provavelmente relacionado com a alta população de *M. paranaensis* encontrado em suas raízes. Esta espécie de nematoide é muito agressiva para os cafeeiros. Sua infestação causa drástica redução, espessamento e rompimento das raízes, com conseqüente baixo desenvolvimento e desfolha, podendo levar a planta a morte (SALGADO; REZENDE, 2010). A influência da

infestação de *M. paranaensis* também pode ser observado na característica vigor vegetativo, a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 apresentou a menor nota 3,45, em média (TABELA 3). O baixo vigor vegetativo desta cultivar, provavelmente irá refletir negativamente na produtividade da lavoura na próxima safra.

Com as maiores médias de vigor vegetativo ficaram as progêneses MG 0179-1-R1-2-7-II (87B), MG 0179-1-R1-22-1-I (88), MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B) e MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) e IPR 100. Esse resultado evidencia um comportamento de resistência das progêneses igual estatisticamente a cultivar IPR 100. As demais progêneses foram classificadas como intermediárias. Por outro lado, a influência do *M. paranaensis* no desenvolvimento vegetativo da cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 é verificado pela alta suscetibilidade e baixo vigor. As progêneses com as maiores notas de desenvolvimento vegetativo apresentam resistência a este parasita, e conseqüentemente maior vigor. O alto vigor vegetativo de plantas derivadas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos MR 2-161 e MR 2-474 em área infestada por *M. paranaensis*, também já foram relatadas por outros autores (CARVALHO *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018b).

Vale destacar, que a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, além de apresentar a menor média de vigor vegetativo e diâmetro de copa, também apresentou valores inferiores para todas as demais características vegetativas avaliadas. Aguiar *et al.* (2004) classificaram a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 quanto à altura de planta e diâmetro de copa como de médio porte em áreas isentas de nematoides. Pelos resultados obtidos neste trabalho, observa-se que a infestação por *M. paranaensis* causou drástica redução das características vegetativas na cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, enfatizando o potencial dessa espécie de nematoide em causar prejuízos econômicos em lavouras cafeeiras cultivadas com cultivares suscetíveis.

Outro fator a ser observado durante a seleção é o porte atingido pelas plantas adultas. Esta característica é importante na determinação do espaçamento ótimo para a instalação da cultura. Sabe-se que o porte baixo é controlado por genes dominantes e independentes que encurtam o internódio dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos, tornando as plantas mais baixas (CARVALHO *et al.*, 1984). Sendo assim, o comprimento do internódio da haste ortotrópica é um parâmetro que distingue o porte das progêneses estudadas.

As progêneses MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) e MG 0185-2-R2-11-2-I (44B) apresentaram os maiores comprimentos de internódios da haste ortotrópica podendo assim, serem caracterizadas como de porte alto. Estes resultados corroboram com os de Pasqualotto *et al.* (2020) que avaliaram o desenvolvimento vegetativo de progêneses e

cultivares de *C. arabica* em casa de vegetação, e relataram que as plantas oriundas do tratamento MG 0179-3-R1 (Catuaí x Amphillo MR 2-161) pode ser considerada de porte alto.

As demais progênes apresentam o tamanho do internódio intermediário, podendo ser caracterizadas como porte médio. E as cultivares IPR 100 e Catuaí Amarelo IAC 62 apresentaram os menores comprimentos dos internódios das hastes ortotrópicas, sendo assim, classificadas como porte baixo. Pasqualotto *et al.* (2020) avaliaram o crescimento vegetativo de genótipos de *C. arabica* inoculados com *M. paranaensis* em casa de vegetação, e encontraram os menores valores de altura para as cultivares IPR 100 e Catuaí Amarelo IAC 62, confirmando os resultados obtidos no presente estudo.

A produtividade média de todas as progênes avaliadas foi de 19,09 sacas de café beneficiado por hectare. A progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) apresentou produtividade média estatisticamente igual a cultivar IPR 100, com produção de 27,52 scs ha⁻¹ e 33,84 scs ha⁻¹, respectivamente, ou seja, possui potencial produtivo similar a cultivar IPR 100 nessas condições experimentais. As demais progênes, considerando os dados da primeira colheita, apresentaram produção estatisticamente igual a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62, formando um segundo grupo para esta característica (TABELA 4).

Entretanto, como se percebeu nas notas de vigor e também nos resultados para as demais características vegetativas, provavelmente a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 possui a tendência de reduzir sua produção devido à suscetibilidade ao nematoide. Shigueoka *et al.* (2013) avaliaram o desempenho de cultivares de café arábica em área infestada por *M. paranaensis* por quatro safras e observaram que na primeira safra a produção entre as cultivares foi similar. Nos demais anos a diferença aumentou, sendo que, no quarto ano de avaliação, somente o IPR 100 produziu. Além da redução drástica da produção, os autores relataram a redução do vigor no decorrer dos anos produtivos, com exceção do IPR 100, e no quarto ano de avaliação o percentual de plantas mortas era muito alto nas cultivares suscetíveis, enquanto o IPR 100 apresentava 2,38% de plantas mortas, as demais cultivares apresentavam de 45,24 a 78,57%. Evidenciando assim, os danos causados por esta espécie de nematoide no decorrer dos anos produtivos em lavouras com cultivares suscetíveis.

Tabela 4 - Produtividade (sacas de café beneficiado por hectare, scs ha⁻¹), porcentagem de renda (%), porcentagem de frutos verdes, cerejas, secos (%), porcentagem de frutos chochos (%), porcentagem de grãos retidos na peneira 17 e acima (%) e porcentagem de grãos moça (%) avaliados na safra 2020, aos 2,5 anos, em área infestada por *Meloidogyne paranaensis* no município de Piumhi-MG.

Progênes	Prod. scs ha ⁻¹	Renda (%)	Maturação dos frutos			Chocho (%)	Peneira 17 e ac	Moça (%)
			Verde	Cereja	Seco			
87A	14,94 b	55,20 b	23,81 a	67,18 a	9,00 a	1,60 a	51,88 a	19,49 a
87B	20,52 b	54,80 b	51,85 d	42,27 c	5,87 b	3,40 b	42,63 b	29,29 b
88	20,90 b	55,60 b	60,96 e	36,13 d	2,90 d	2,00 a	34,07 b	18,67 a
20A	15,38 b	52,60 b	40,02 c	56,12 b	3,85 c	3,60 b	38,59 b	16,67 a
20B	17,97 b	54,00 b	48,64 d	47,57 c	4,78 c	2,00 a	61,73 a	14,49 a
40	14,30 b	53,20 b	49,40 d	44,00 c	6,59 b	20,00 c	58,83 a	14,48 a
44A	27,52 a	59,00 a	29,44 b	68,70 a	1,85 d	1,00 a	37,90 b	15,81 a
44B	18,20 b	55,40 b	43,98 d	53,44 b	2,48 d	1,60 a	21,00 c	14,07 a
105	11,04 b	51,80 b	14,99 a	74,67 a	10,33 a	1,60 a	22,98 c	20,32 a
Catuai 62 ¹	15,42 b	59,00 a	62,84 e	34,22 d	2,92 d	5,00 b	67,53 a	12,12 a
IPR 100 ²	33,84 a	62,00 a	83,86 f	14,45 e	1,67 d	2,20 a	57,99 a	12,06 a
Média	19,09	55,69	46,34	48,88	4,76	4,00	45,01	17,04
CV (%)	41,77	4,30	16,34	15,20	31,91	30,96	16,76	27,43

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

¹Cultivar Catuai Amarelo IAC 62 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. paranaensis*.

²Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. paranaensis*.

Fonte: Da autora (2021).

O IPR 100, além de apresentar resistência a *M. paranaensis* e algumas populações de *M. incognita* (SERA *et al.*, 2017) é uma cultivar rústica, com alto potencial produtivo e capacidade de se adaptar as principais regiões produtoras de café do Brasil (PEREIRA; BAIÃO, 2015). Em Minas Gerais, essa cultivar vem apresentando alta produtividade (SALGADO *et al.* 2014; PASQUALOTTO *et al.*, 2015) porém, é uma cultivar de ciclo de maturação dos frutos tardio (PEREIRA; BAIÃO, 2015; SERA *et al.* 2017).

A caracterização da maturação dos frutos durante a colheita pode ser observada na Tabela 4. Nota-se uma grande variação no comportamento dos genótipos em relação a maturação, ocorrendo a formação de seis grupos para a porcentagem de frutos cerejas. Vale salientar, que todas as progênes apresentaram menor porcentagem de frutos verdes na colheita em relação a cultivar IPR 100, que apresentou 83,86% dos frutos verdes, confirmando o ciclo de maturação tardio desta cultivar (SERA *et al.*, 2017) e precoce a intermediária para as demais. Merece destaque as progênes MG 0179-1-R1-2-1-II (87A), MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) e MG 0179-1-R1-23-5-II (105) que apresentaram altas porcentagens de frutos cereja, com valores que variaram entre 67,18 e 74,67%, podendo serem caracterizadas como progênes maturação mais precoce e uniforme que a cultivar IPR 100.

A progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A), além de apresentar resistência a *M. paranaensis* (TABELA 2) e produtividade similar a cultivar IPR 100 nesta safra no município de Piumhi-MG, no momento da colheita possuía 68,70% dos frutos em estágio cereja, enquanto a cultivar IPR 100 apresentava apenas 14,45% (TABELA 4). Embora, os resultados produtivos ainda sejam incipientes, por contemplar apenas a primeira colheita, já pode ser observado a superioridade de algumas progênies. A progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) apresentou resultado promissor, podendo ser uma ótima alternativa ao produtor para o escalonamento da colheita em áreas infestadas por *M. paranaensis* por possuir maturação precoce. Visto que, atualmente, somente as cultivares de café arábica IPR 100 e IPR 106 apresentam resistência a esse nematoide (PEREIRA *et al.*, 2019) porém ambas as cultivares possuem ciclo de maturação tardio (PEREIRA; BAIÃO, 2015).

Outro ponto a destacar durante a avaliação em campo é a variável renda. Segundo Medina Filho e Bordignon (2003) a renda média do café em coco para o café beneficiado varia normalmente, de 45% a 55%, podendo em casos extremos, de acordo com as condições de clima e cultivo, variar de 40% a 60%. No presente trabalho, o percentual de renda para as progênies e cultivares avaliadas variaram de 51,80 % a 62,00%, sendo considerado valores ótimos para esta característica. A melhor porcentagem de renda, ou seja, aquele que consumiu a menor quantidade de café em coco para formar uma unidade de café beneficiado foram a progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) e as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e IPR 100, com 59,00%, 59,00% e 62,00%, respectivamente.

O alto percentual de frutos granados é uma característica importante a ser observada na seleção de plantas. Segundo Carvalho *et al.* (2006) o percentual de frutos chochos considerado satisfatório para os melhoristas é de até 10%. No presente trabalho, todas as progênies e cultivares avaliadas apresentaram alta porcentagem de frutos bem granados, com uma amplitude de variação de 95% a 99%, com exceção da progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) que apresentou apenas 80%. Pasqualotto *et al.* (2015) também avaliaram a porcentagem de frutos chochos em uma série de progênies oriundas do cruzamento de Amphillo x Catuaí em área infestada por *M. paranaensis* no município de Piumhi-MG e encontraram valores dentro do considerado satisfatório por Carvalho *et al.* (2006).

O maior percentual de frutos chochos observado na progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) pode estar relacionado a maior sensibilidade às restrições hídricas durante a fase de granação dos frutos, acarretando uma maior porcentagem de frutos mal granados (NASCIMENTO *et al.*, 2014).

Em relação à porcentagem de grãos retidos na peneira 17 e acima, as progênes MG 0179-1-R1-2-1-II (87A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) e as cultivares Catuaí Amarelo IAC 62 e IPR 100 não diferiram estatisticamente entre si e apresentaram os maiores tamanhos de grãos, com média de 59,59% de retenção na peneira 17 e acima (TABELA 4). Percentuais altos de grãos graúdos evidenciam um maior potencial de agregação de valor na comercialização do café, sendo esta, uma característica interessante aos produtores (NADALETI *et al.*, 2018).

Carvalho *et al.* (2017) avaliaram a porcentagem de peneira 17 e acima em experimento instalado em área infestada por *M. paranaensis* no município de Piumhi-MG, com progênes oriundas do cruzamento de Catuaí x Amphillos 2-161 em geração F₃, e encontraram resultados de peneira 17 e acima de 45,11% e 51,88%, evidenciando o potencial dessas progênes para peneira alta.

O percentual de grãos moca não diferiram estatisticamente entre si, com exceção da progênie MG 0179-1-R1-2-7-II (87B) que apresentou o maior valor, com 29,29% (TABELA 4). Entretanto, todas as progênes e cultivares avaliadas apresentaram porcentagens de grãos moca acima do limiar máximo permitido, com valores oscilando entre 12,06% a 20,32% (TABELA 4). De acordo com Carvalho *et al.* (2013), na produção de sementes certificadas de café, a tolerância máxima é de 12% de grão tipo moca.

Os grãos de café moca possuem formato oval, sendo mais alongado no sentido longitudinal e de menor tamanho do que os grãos bem desenvolvidos. Sua origem está associada a falta de fertilização ou, ainda, ao aborto de uma das lojas durante o desenvolvimento inicial do fruto (GASPARI-PEZZOPANE *et al.*, 2005). Fatores ambientais adversos, como temperaturas elevadas durante a floração ou frutificação também podem contribuir para a formação desse tipo de grão (PEZZOPANE *et al.* 2007).

Na metodologia de classificação física do café, os grãos tipo moca não são considerados defeitos físicos, entretanto, os melhoristas do cafeeiro buscam a seleção de progênes com baixa porcentagem de grãos moca, pois a formação de apenas uma semente no fruto, remete a um baixo rendimento no café beneficiado (NADALETI *et al.*, 2018). Santos *et al.* (2018b) avaliaram as características agrônômicas de uma série de progênes oriundas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos 2-474 e 2-161 em área infestada por *M. paranaensis* no município de Piumhi-MG e também encontraram valores semelhantes ao presente estudo para a porcentagem de grãos moca.

Vale ressaltar, que esta foi a primeira avaliação da produção e das demais características agrônômicas das progênes na geração F_{6;7}, sendo assim, é necessário continuar as avaliações,

a fim de verificar o comportamento dos materiais ao longo dos anos. Entretanto, já se pode observar progênies promissoras para o desenvolvimento de cultivares com resistência a *M. paranaensis*, alto potencial produtivo e características agronômicas desejáveis.

O coeficiente de correlação de Pearson determinado para as características nematológicas e de incremento vegetativo, mostrou que o número de ovos e J2/ grama de raízes correlacionou-se negativamente com as variáveis altura de planta (- 0,45), diâmetro do caule (- 0,43) e número de ramos plagiotrópicos primários (- 0,39) (TABELA 5), inferindo que houve influência negativa da população de nematoides no desenvolvimento vegetativo da cultura. Segundo Barros *et al.* (2011), a infestação do *M. paranaensis* nas raízes do cafeeiro provoca a destruição do sistema radicular, com conseqüente redução do desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas. Reduções significativas dos caracteres vegetativos de cafeeiros também foram encontradas por Carvalho *et al.* (2017) em áreas infestadas por *M. paranaensis*. Esses resultados ajudam a suportar a hipótese mencionada acima, de que a cultivar suscetível avaliada tende a reduzir sua produção no decorrer dos anos de cultivo.

O número de ovos e J2/grama de raízes se correlacionou positivamente com o percentual de peneira 17 e acima e a renda. Este resultado indica que nessas condições experimentais, o aumento da população de nematoides nas raízes do cafeeiro não interferiu no potencial da planta em produzir grãos graúdos e de alcançar um alto percentual de renda. Como se pode observar no presente estudo, apesar da cultivar suscetível Catuaí Amarelo IAC 62 apresentar uma média de 2.390,81 ovos e juvenis por grama de raízes, nesta safra, essa cultivar também apresentou a maior percentagem de grãos retidos na peneira 17 e acima, com 67,53% e alta porcentagem de renda, 59%.

Tabela 5 - Coeficientes de correlação de Pearson entre as variáveis população (ovos + Juvenis de segundo estágio – J2) por grama de raiz (PGR), produtividade scs ha⁻¹ (Prod.), incremento de altura de planta entre 12 e 24 meses em cm (AP), diâmetro do caule em mm (DC) e número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP), peneira 17 e acima (%), moca (%) e renda (%), avaliadas em área naturalmente infestada por *Meloidogyne paranaensis* no município de Piumhi – MG.

	Prod.	AP	DC	NRPP	Pen.17	Moca	Renda
PGR	-0,049	-0,455*	-0,432*	-0,397*	0,405*	-0,179	0,313*
Prod.	-	0,200	0,378*	0,339*	0,033	-0,228	0,581*

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora (2021)

Correlações positivas foram encontradas para a produção com as variáveis vegetativas diâmetro do caule (0,37) e número de ramos plagiotrópicos primários (0,33) inferindo que, plantas com caules mais vigorosos e maior número de ramos plagiotrópicos possuem maior potencial produtivo. Correlação positiva entre a produção e o diâmetro do caule e o número de ramos plagiotrópicos foram relatadas por outros autores (MARTINEZ *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2010; SALGADO *et al.*, 2014).

Verifica-se também, correlação positiva entre a produção e a renda (0,58), inferindo que, quanto maior a porcentagem de renda obtida pelas cultivares, maior será a produção do cafeeiro. Para uma melhor renda obtida é necessário menor quantidade de café em coco para formar uma saca de café beneficiado, levando a uma maior produção da lavoura (MELO *et al.*, 2005). Avaliando a correlação entre a produção e a renda de genótipos de café arábica em área infestada por *M. paranaensis* em Minas Gerais Sá *et al.* (2012), também encontram correlação positiva entre essas variáveis.

Em programas de melhoramento genético para a seleção de progênes superiores e obtenção de melhores ganhos simultâneos para mais de um carácter de interesse, podem ser empregados os índices de seleção propostos por Mulamba e Mock (1978) que se baseia na soma de *ranks* para a classificação dos genótipos para o conjunto de características avaliadas (TABELA 6). De acordo com Cruz *et al.* (2004), ao se basear na metodologia de Mulamba e Mock (1978), quanto menor for o valor obtido na soma de postos, melhor é o desempenho da progênie em relação às características de interesse. A aplicabilidade deste índice de seleção já foi verificada por outros autores na cultura do café (PEREIRA *et al.*, 2013), milho (MELO *et al.*, 2019), soja (BARBÁRO *et al.*, 2007), milho pipoca (LIMA *et al.*, 2018) e entre outras culturas. E os resultados obtidos nestes trabalhos, indicaram que é possível promover de modo efetivo, a seleção de múltiplos caracteres através do índice de seleção de Mulamba e Mock (1978).

No ranqueamento dos tratamentos para sete caracteres de interesse avaliados (produtividade scs ha⁻¹, população ovos + j2 por grama de raiz, vigor vegetativo, porcentagem de grãos cereja (%), porcentagem de grãos moca (%), porcentagem de frutos chochos (%) e porcentagem de peneira 17 e acima), que resultaram em maiores ganhos simultâneos, observa-se que a progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) ordenada de forma crescente com relação ao índice, destaca-se pelo melhor desempenho, seguida da cultivar IPR 100. O resultado obtido pela soma de *Ranks* confirma a superioridade dessa progênie em relação às demais, para as principais variáveis de interesse do melhorista.

Tabela 6 - Ranqueamento de nove progênies e as cultivares IPR 100 e Catuaí Amarelo IAC 62 como testemunha, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaio instalado em área infestada por *Meloidogyne paranaensis* no município de Piumhi-MG.

Progênies	Prod. scs ha ⁻¹	PGR (média)	Vigor	Cereja	Moca	Grãos chochos	Peneira 17 e ac	Soma	Rank
44A	2	8	2	2	6	1	8	29	1
IPR 100 ²	1	6	1	11	1	7	4	31	2
44B	5	1	6	5	3	2	11	33	3
20B	6	7	5	6	5	6	2	37	4
88	3	2	7	9	8	5	9	43	5
20A	8	5	4	4	7	9	7	44	6
40	10	3	8	7	4	11	3	46	7
87A	9	9	9	3	9	3	5	47	8
87B	4	10	3	8	11	8	6	50	9
105	11	4	10	1	10	4	10	50	10
Catuaí 62 ¹	7	11	11	10	2	10	1	52	11

¹Cultivar Catuaí Amarelo IAC 62 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. paranaensis*.

²Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. paranaensis*.

Fonte: Da autora (2021).

A seleção de plantas do germoplasma Amphillo realizado pela EPAMIG alcançou resultados excelentes para o melhoramento genético do cafeeiro e, principalmente, para os cafeicultores, contribuindo para o avanço da cafeicultura no Brasil. Após anos de pesquisa e seleção, os resultados indicaram plantas altamente resistente ao nematoide *M. paranaensis*, com alto desempenho vegetativo e produtivo, aliado a importantes características agrônomicas.

Estes materiais genéticos são importantes para o Programa de Melhoramento Genético do Café de Minas Gerais realizado pela EPAMIG, podendo, em breve, possibilitar o lançamento de uma nova cultivar de *C. arabica* indicada para o plantio em áreas infestadas por *M. paranaensis* conforme Requerimentos de Registro das Cultivares MGS Guaiçara (Processo 00000.006556/2020) e MGS Vereda (Processo 00000.005712/2020) solicitados ao Registro Nacional de Cultivares (RNC) do Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA). Atualmente, somente as cultivares de café arábica IPR 100 e IPR 106 são resistentes a este patógeno (PEREIRA *et al.*, 2019). O lançamento de uma cultivar resistente, produtiva e com ciclo de maturação precoce é muito aguardada pelos produtores de café em áreas infestadas, uma vez que as cultivares IPR 100 e IPR 106 são de ciclo tardio.

4 CONCLUSÃO

Todas as progênies são resistentes em níveis variáveis à *Meloidogyne paranaensis* no município de Piumhi-MG.

A progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) apresenta bom desempenho vegetativo aliado ao alto potencial produtivo e ciclo de maturação precoce, mostrando-se promissora para o cultivo em áreas infestadas com *Meloidogyne paranaensis*.

REFERÊNCIAS

- AGUIAR, A. T. E.; GUERREIRO-FILHO, O.; MALUF, M. P.; GALLO, P. B.; FAZUOLI, L. C.; Caracterização de cultivares de *Coffea arabica* mediante utilização de descritores mínimos. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 179-192, maio/ago. 2004.
- ALVES, P.S.; FATOBENE, B.J.R.; SALGADO, S.M.L.; GOMES, A.C.M.M.; CAMPOS, VICENTE P.; CARNEIRO, R.M.D.G.; SOUZA, J.T. Early and late responses characterize the resistance derived from Ethiopian wild germplasm Amphillo to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematology**, v. 21, n. 8, p. 793-804, 2019.
- ANDREAZI, E.; SERA, G. H.; FARIA, R. T.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B.; MACHADO, A. C. Z.; SHIGUEOKA, L. H.; CARVALHO, F. G.; CARDUCCI, F. C. Behavior of 'IPR 100' e 'Apoatã IAC 2258' cultivares de café em diferentes níveis de inóculo de *Meloidogyne paranaensis*. **Australian Journal of Crop Science**, [S.l.], v. 9, p. 1069-1074, 2015.
- ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: ocorrência de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 165-179, 1954.
- ASSIS, G. A.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; DOMINGHETTI, A. W.; MATOS, N. M. S. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities: growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 11, p. 1116-1123, 2014.
- BÁRBARO, I. M.; CENTURION, M. A. P. C.; MAURO, A. O. D.; UNÊDA-TREVISOLI, S. H.; COSTA, M. M. Comparação de estratégias de seleção no melhoramento de populações f5 de soja. **Revista Ceres**, [S.l.], v. 54, n. 313, p. 250-261, 2007.
- 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**, [S.l.], v. 6, p. 43-45, 2011.
- BONETI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações no método Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua*, em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, [S.l.], v. 6. n. 553, 1981.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado Grão Cru. Brasília, 2003.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; CARNEIRO, R. G.; ABRANTES, I. M. O.; SANTOS, M. S. N. A.; ALMEIRA, M. R. A. *Meloidogyne paranaensis* n. sp. (Nemata: Meloidogynidae) a Root-Knot Nematode Parasitizing *Coffea* in Brazil. **Journal of Nematology**, [S.l.], p. 177-189, 1996.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para a identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 25, p. 35-44, 2001.

- 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**. 53 1 ed. USA: APS Press & Springer, 2008. v. 1, p. 87-122.
- CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZIOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro XL: estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 202-216, nov. 1979.
- CARVALHO, A.; MEDINA FILHO, H. P.; FAZUOLI, L. C.; COSTA, W. M. Genética de *Coffea*. XXVI. Hereditariedade do porte reduzido do cultivar caturra. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 2, p. 443-458, 1984.
- CARVALHO, H.P.; MELO, B.; MARCUZZO, K.V.; TEODORO, R.E.F.; SEVERINO, G.M. Avaliação de cultivares e linhagens de café (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado, em Uberlândia – MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 59-68. 2003.
- CARVALHO, G. R.; BARTHOLO, G. F.; MENDES, A. N. G.; NOGUEIRA, A. M.; MAGALHÃES, M. M. Seleção de genótipos oriundas do cruzamento entre Catuaí e Mundo Novo em diferentes regiões do Estado de Minas Gerais. **Bragantia**, Campinas, v. 65, n. 4, p. 583-590, 2006.
- CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A. ; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 45, n. 3, p. 262-275, 2010.
- CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; FERREIRA, A. D.; CUNHAS, R. L.; PEDRO, F. C.; Comportamento de progênies f4 de cafeeiros arábica, antes e após a poda tipo esqueletamento. **Coffee Science**, Lavras, v. 8, n. 1, p. 33-42, jan./mar. 2013.
- CARVALHO, A. M.; SALGADO, S. M. L.; MENDES, A. N. G.; PEREIRA, A. A.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; LIMA, R. R. Caracterização de genótipos de *Coffea arabica* L. em área infestada pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 1 - 8, jan./mar. 2017.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da safra brasileira de café, Safra 2020**: quarto levantamento. Brasília: CONAB, 2020. v. 5, n. 6. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/>. Acesso em: 29 dez. 2020.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 1997. p. 390.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3. ed. Viçosa: UFV, 2004. v. 1. 480 p.
- FASSULIOTIS, G. The role of the nematologist in the development of resistant cultivars. In SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Eds.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. 1st volume: biology and control (p. 233- 240). Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FREITAS, Z. M. T. S.; OLIVEIRA, F. J.; CARVALHO, S. P.; SANTOS, V. F.; SANTOS, J. P. O. Avaliação de caracteres quantitativos relacionados com o crescimento vegetativo entre cultivares de café arábica de porte baixo. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 2 p. 267-275, 2007.

GASPARI-PEZZOPANE, C.; MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R.; SIQUEIRA, W. J.; AMBRÓSIO, L. A.; MAZZAFERA, P. Influências ambientais no rendimento intrínseco do café. **Bragantia**, Campinas, v. 64, n. 1, 2005.

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

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. **Nematoides parasitos do cafeeiro**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). Tecnologias de produção de café com qualidade. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. cap. 7. p. 199-268.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa, MG: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

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

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

LIMA, V. J.; FREITAS JUNIOR, S. P.; SOUZA, Y. P.; SILVA, C. S.; FARIAS, J. E. C.; SOUZA, R. F.; CHAVES, M. M.; FEITOSA, J. V. Genetic gain capitalization in the first cycle of recurrent selection in popcorn at Ceará's Cariri. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 13, n. 3, p. e5556, 2018.

MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 481-489, 2007.

MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento intrínseco: critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. **Informações Técnicas. O Agrônomo**, Campinas, v. 55, n. 2, 2003.

MELO, B.; MARCUZZO, K. V.; TEODORO, R. E. F.; CARVALHO, H. P. Comportamento de seleções de Icatu Vermelho e Amarelo e linhagens de Mundo Novo em solos sob vegetação de cerrado, em Uberlândia-MG. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 21, n. 1, p. 21-25, jan./april. 2005.

MELO, A. V.; SANTOS, V. M.; TAUBINGER, M.; COSTA, R. C.; SANTOS, M. P. A. Seleção de progênies de meios-irmãos de milho para condição de segunda safra no sul do Tocantins. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, Guarapuava-PR, v. 12, n. 1, p. 59-68, jan./abr. 2019.

MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zeamaus* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.

NADALETI, D. H. S.; VILELA, D. J. M.; CARVALHO, G. R.; MENDONÇA, J. M. A.; BOTELHO, C. E.; COELHO, L. S.; FASSIO, L. O.; CARVALHO, J. P. F. Productivity and sensory quality of arabica coffee in response to pruning type “esqueletamento”. **Journal of Agricultural Science**, [S.l.], v. 10, n. 6, p. 207-216, maio 2018.

NASCIMENTO, L. M.; SPEHAR, C. R.; SANDRI, D. Produtividade de cafeeiro orgânico no cerrado sob diferentes regimes hídricos. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 3, p. 354-365, 2014.

OIC. Organização Internacional do Café. **Relatório sobre o Mercado do Café**. Setembro, 2020. Disponível em: www.ico.org/trade_statistics.asp?section=Statistics. Acesso em: 25 out. 2020.

OLIVEIRA, C. M. G.; ROSA, J. M. O. Nematoides Parasitos do Cafeeiro. Boletim Técnico. **Instituto Biológico**, [S.l.], n. 32, p. 1-28, fev. 2018.

PASQUALOTTO, A.T.; SALGADO, S.M.L.; BOTELHO, C.E.; MENDES, A.N.G.; REZENDE, R.M.; SOUZA, S.R. Características agronômicas de progênies de cafeeiro em área infestada por *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 392-401, 2015.

PASQUALOTTO, A. T.; SALGADO, S. M. L.; TERRA, W. C.; FATOBENE, B. J. R.; SILVEIRA, H. R. O.; SANTOS, M. O.; CAMPOS, V. P.; SILVA, V. A. Root morphology, gas exchange and chlorophyll fluorescence of coffee cultivars and progenies are altered by *Meloidogyne paranaensis* infestation and water déficit. **Journal of Phytopathology**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], 16 mar. 2020.

PEREIRA, T. B.; CARVALHO, J. P. F.; BOTELHO, C. E.; RESENDE, M. D. V.; REZENDE, J. C.; MENDES, A. N. G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 230-236, jul./set. 2013.

PEREIRA, A. A.; BAIÃO, A. C. Cultivares. In: SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; BORÉM, A. (Eds) **Café arábica: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015, p. 24-45.

PEREIRA, C. T. M.; CARDUCCI, F. C.; PEREIRA, N. A. N.; BORTOLATO, K. S.; COSTA, C. O.; SHIGUEOKA, L. H.; SOUZA, L. S. N.; SERA, T. SERA, G. H. Seleção de linhagens de café arábica derivadas de Icatu IAC 925 X Sarchimor IAC 1669-33 resistentes à ferrugem alaranjada e com ciclos precoce e tardio. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2019, 10., Vitória. **Anais[...]**, Vitória-ES, 2019.

PERES, A.C.J.; SALGADO, S.M.L.; CORREA, V.R.; SANTOS, M.F.A.; MATTOS, V.S.; MONTEIRO, J.M.S.; CARNEIRO, R.M.D.G. Resistance of *Coffea arabica* genotypes against *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* under controlled and field conditions. **Nematology**, [S.l.], v. 19, p. 617-626, 2017.

PEZZOPANE, J. R. M.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; GALLO, P. B.; CARMARGO, M. B. P.; FAZUOLI, L. P. Avaliações fenológicas e agronômicas em café arábica cultivado a pleno sol e consorciado com banana prata anã. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 4, p. 527-533, 2007.

REZENDE, R.M.; ANDRADE, V.T.; SALGADO, S.M.L.; REZENDE, J.C.; NETO, T.G.C.; CARVALHO, G.R. Arabica coffee progenies with multiple resistant to root-knot nematodes. **Euphytica**, [S.l.], v. 215, p. 61, 2019.

RODRIGUES, W. P.; VIEIRA, H. D.; BARBOSA, D. H. S. G.; VITORAZZI, C. Growth and yield of *Coffea arabica* L. in Northwest Fluminense: 2nd harvest. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 59, n. 6, p. 809- 815, 2012.

SÁ, L. A.; SALGADO, S. M. L.; TASSONE, G.; SOUZA, S. R.; NOGUEIRA, J. Correlação entre produção, rendimento, renda e diâmetro de copa de genótipos de *Coffea* sp em área infestada com *Meloidogyne paranaensis*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2012, 38., Caxambu. **Resumo expandido[...]** Caxambu, 2012.

SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. Manejo de fitonematoides em cafeeiro. In: REIS, P. R.; CUNHA, R. L. (Ed.). **Café Arábica do plantio a colheita**. Lavras: UFLA, 2010. p.757-804.

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

SANTOS, M. F. A.; CORREA, V.R.; PEIXOTO, J.R.; MATTOS, V.S.; SILVA, J.G.P.; MOITA, A.W.; SALGADO, S.M.L.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CARNEIRO, R.M.D.G. Genetic variability of *Meloidogyne paranaensis* populations and their aggressiveness to susceptible coffee genotypes. **Plant Pathology**, [S.l.], v. 67, p. 193-201, 2018a.

SANTOS, H. F.; SALGADO, S. M. L.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, A. M.; BOTELHO, C. E.; ANDRADE, V. T. Initial productive performance of Coffee progenies in an area infested by *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 530 - 538, oct./dec. 2018b.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT Software**: changes and enhancements through release 8.2. Cary, NC: SAS Institute, 2002.

SERA, T.; SERA, G. H.; FAZUOLI, L. C. 'IPR 100': Café arábico de alta rusticidade, porte compacto e resistente aos nematoides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2012, 38., Caxambu. **Resumos expandidos[...]**, Caxambu, 2012.

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

SERA, G. H.; MACHADO, A. C. Z.; ITO, D. S.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A.; SERA, T. IPR 106: new Arabica coffee cultivar, resistant to some *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* nematode populations of Paraná. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 20, n. 3, p. e305520317, 2020.

SHIGUEOKA, L. H.; SERA, G. H.; SERA, T.; FONSECA, I. C. B. F.; ANDREAZI, E.; CARVALHO, F. G.; AZEVEDO, J. A.; MACHADO, P.; FIORI, K. H.; CARDUCCI, F. C.; MARIUCCI JUNIOR, V. Desempenho de cultivares de café arábica em área infestada pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2013, 8., Salvador. **Anais eletrônicos[...]** Salvador, Embrapa café, 2013.

TERRA, W. C.; SALGADO, S. M. L.; FANTOBENE, B. J. R.; CAMPOS, V. P. Expanded Geographic Distribution of *Meloidogyne paranaensis* Confirmed on Coffee in Brazil. **Plant Disease**, [S.l.], v. XX, p. PDIS-09-18-1502-PDN-xx, 2018.

VILLAIN L.; SALGADO S. M. L.; TRINH P. Q. Nematode parasites of coffee and cocoa In: Sikora Richard A. (Ed.), Coyne Danny (Ed.), Hallmann Johannes (Ed.), Timper Patricia (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CABI, 2018. p. 536-583, 2018.

CAPÍTULO 3 COMPORTAMENTO DE PROGÊNIAS DE CAFEIEIRO RESISTENTES AO *MELOIDOGYNE PARANAENSIS* EM ÁREA INFESTADA POR *M. EXIGUA*

RESUMO

O nematoide das galhas *Meloidogyne exigua* está disseminado pelas principais regiões cafeeiras do Brasil, causando a redução da produtividade da lavoura e, conseqüentemente, prejuízo econômico para o produtor. Objetivou-se com este trabalho avaliar o desempenho agrônômico de progênies de *Coffea arabica* resistentes a *Meloidogyne paranaensis* em área infestada por *M. exigua*. O experimento foi instalado em janeiro de 2018 na Fazenda Santa Cecília, situada no município de Carmo do Paranaíba-MG. Foram avaliadas oito progênies, em geração F_{6:7}, resultantes do cruzamento entre Catuaí Vermelho com Amphillo MR e duas cultivares comerciais utilizadas como testemunha suscetível, Catuaí Vermelho IAC 99, e o IPR 100 como padrão resistente. O delineamento utilizado foi em blocos casualizados com quatro repetições e parcelas de 10 plantas no espaçamento de 3,0 x 0,6 m. A resistência das progênies foi avaliada em 2019 e 2020 por meio da quantificação de ovos e juvenis presentes nas raízes dos cafeeiros. Aos 12 e 24 meses após o plantio foram avaliados os incrementos de altura de planta, diâmetro de caule e número de ramos plagiotrópicos primários. No mês de maio de 2020 foram avaliados o vigor vegetativo, diâmetro de copa, comprimento do internódio da haste ortotrópica, produtividade em sacas de café beneficiado por ha⁻¹, porcentagem de frutos verdes, cereja, seco, chochos, peneira 17 e acima, grãos moca, renda e bebida. Conclui-se que as progênies oriundas do cruzamento de Catuaí com Amphillos MR 2-161 e MR 2-474 não apresentam resistência a *M. exigua*. As progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) se sobressaíram em relação aos quesitos produtividade e ciclo de maturação precoce.

Palavras-chave: Café. Nematoides das galhas. Amphillo. Resistência genética.

ABSTRACT

The *Meloidogyne exigua* gall nematode is widespread in the main coffee regions of Brazil, causing a reduction in crop productivity and consequently economic loss for the producer. The objective of this work was to evaluate the agronomic performance of *Coffea arabica* progenies resistant to *Meloidogyne paranaensis* in an area infested by *M. exigua*. The experiment was installed in January 2018 at Fazenda Santa Cecília, located in the municipality of Carmo do Paranaíba-MG. Eight progenies were evaluated, in F_{6:7} generation, resulting from the cross between Catuaí Vermelho with Amphillo MR and two commercial cultivars used as a susceptible control, Catuaí Vermelho IAC 99, and IPR 100 as a resistant standard. The design used was in randomized blocks with four replications and plots of 10 plants in the 3.0 x 0.6 m spacing. Progeny resistance was assessed in 2019 and 2020 by quantifying eggs and juveniles present in coffee tree roots. At 12 and 24 months after planting, the plant height, stem diameter and number of primary plagiotropic branches were evaluated. In May 2020, vegetative vigor, crown diameter, orthodontic stem internode length, productivity in bags of coffee benefited by ha⁻¹, percentage of green fruits, cherry, dried, rattle, sieve 17 and above, mocha grains, income and drink. It is concluded that the progenies from the crossing of Catuaí with Amphillos MR 2-161 and MR 2-474 do not show resistance to *M. exigua*. The progenies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) and MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) stood out in terms of productivity and early maturation cycle.

Keywords: *Coffea*. Galls nematodes. Amphillo. Genetic resistance.

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de café no mundo, além de ser o segundo maior consumidor da bebida. Desde a sua chegada ao país, em 1727, até os dias atuais, o café continua sendo um importante gerador de divisas para o Brasil, por meio da exportação. Além disso, a cadeia produtiva da cafeicultura é responsável por gerar milhões de empregos, diretos e indiretos no país.

O desenvolvimento de pesquisas voltadas para a cultura do café no Brasil possibilitou grandes avanços nos sistemas de manejo da cafeicultura no país, acarretando, principalmente, em ganhos expressivos na produtividade, adequação da arquitetura das plantas à colheita mecanizada e a introdução de resistência às principais pragas e doenças que acometem a cultura. Entretanto, um dos grandes desafios para os programas de melhoramento genético é desenvolver cultivares que apresentem resistência aos nematoides aliadas a alta produtividade, já que a presença de fitonematoídeos nas lavouras é um grave problema que vem ocasionado grandes prejuízos aos cafeicultores do país (SALGADO *et al.*, 2015).

Na cafeicultura, os nematoides do gênero *Meloidogyne* spp., também conhecidos como nematoides das galhas, são os de maior importância, devido a ampla distribuição geográfica e alta capacidade de reprodução em campo. Entre as principais espécies do gênero que causam danos a cafeicultura, destaca-se o *M. exigua* e o *M. paranaensis*. O *M. exigua* apesar de ser menos agressivo, é a espécie que causa mais danos a cafeicultura, pois sua distribuição é generalizada e está disseminado nas principais regiões produtoras de café no Brasil (CASTRO *et al.*, 2008). Em Minas Gerais, estima-se que esse nematoídeo esteja presente em praticamente todos os municípios produtores de café (PINHEIRO *et al.*, 2000; OLIVEIRA *et al.*, 2005; SALGADO *et al.*, 2015; TERRA *et al.*, 2020).

Após a infestação da área, a eliminação dos nematoides ainda não é possível, principalmente no cultivo de plantas perenes (GONÇALVES; SILVAROLLA, 2001). Os nematicidas disponibilizados para a cultura do café são de custo elevado e apresentam alta toxicidade (SALGADO *et al.*, 2019). Assim, a principal medida de manejo dos nematoides em área infestada é o plantio de cultivares com resistência genética. Entre as cultivares de café disponíveis para o plantio em áreas infestadas por *M. exigua* estão as Apoatã IAC 2258, IAC 125 RN, IAPAR 59, Catiguá MG 3 (FATOBENE *et al.*, 2020), Paraíso MG 419-1, IPR 100 (REZENDE *et al.* 2017), Acauã e Catucaí 785-15 (MATIELLO *et al.*, 2010).

Entretanto, um dos desafios atuais dos melhoristas é selecionar plantas que possuem resistência múltipla a mais de uma espécie ou raça de fitonematoídeos, aliada a alta

produtividade. O desenvolvimento de cultivares com resistência múltipla tem sido imprescindível, pois está sendo comum a mistura de espécies de fitonematoides em uma mesma lavoura cafeeira (CARNEIRO *et al.*, 2005; SALGADO *et al.*, 2015).

Entre as fontes de resistência genética a nematoides do cafeeiro, o germoplasma silvestre Amphillo tem apresentado grande potencial. O Programa de Melhoramento Genético do Café de Minas Gerais, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), a alguns anos tem selecionado plantas do germoplasma Amphillo e verificado a reação de resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* (PASQUALOTTO *et al.*, 2015; PERES *et al.*, 2017; SANTOS *et al.*, 2018; ALVES *et al.*, 2019; PASQUALOTTO *et al.*, 2020).

Para *M. exigua*, estudos conduzidos por Morera e López (1987), em casa de vegetação verificaram que o Amphillo foi moderadamente resistente a *M. exigua*. Fatobene *et al.* (2018) também verificaram, em condições controladas, comportamento de resistência da progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), oriunda do germoplasma Amphillo ao *M. exigua* população de Lavras, Minas Gerais.

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi avaliar se as progênies oriundas do germoplasma silvestre Amphillo, que são resistentes a *M. paranaenses*, também apresentam resistência a *M. exigua* e boas características agrônômicas em condições de campo infestado.

2 MATERIAL E METÓDOS

2.1 Descrição da área experimental

O experimento foi instalado na Fazenda Santa Cecília em janeiro de 2018, situada no município de Carmo do Paranaíba, na região do Alto Paranaíba de Minas Gerais, a uma altitude de 1.085 m, latitude de 19° 00' 07'' e longitude de 46° 14' 35''. A área experimental selecionada apresenta alta infestação de *M. exigua*, identificada por meio da técnica de eletroforese de Carneiro e Almeida (2001).

A área experimental possui irrigação mecanizada. O sistema de irrigação funciona por gotejamento 2,6mm/h com 2 horas de aplicação em dias alternados no período outono/inverno e segue o tensiômetro no verão com extremo de 3 horas dia de reposição da lâmina de água.

2.2 Descrição do experimento

O material utilizado no experimento compreende oito progênies em geração F_{6:7} (TABELA 1), sendo progênies resultantes do cruzamento entre cafeeiro do grupo Catuaí Vermelho X Amphillo MR e duas cultivares comerciais, sendo Catuaí vermelho IAC 99 utilizada como testemunha suscetível e a cultivar IPR 100 como testemunha resistente.

As progênies utilizadas foram selecionadas no programa de melhoramento genético do cafeeiro conduzido em Minas Gerais, coordenado pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

As mudas das progênies e das cultivares testemunhas foram formadas em tubetes com composto orgânico misturado com fibra de coco a partir das sementes colhidas na safra 2017. As mudas com seis pares de folhas foram plantadas em janeiro de 2018 com espaçamento de 3,0 x 0,6 m nas entrelinhas e entre plantas, respectivamente.

O experimento foi instalado em delineamento de blocos casualizados, com quatro repetições, totalizando 40 parcelas de 10 plantas, sendo considerado como área útil as 8 plantas centrais da parcela. O espaçamento utilizado foi de 3,6 x 0,5 m. A implantação e a condução dos cafeeiros seguiram as recomendações técnicas para a cultura em Minas Gerais, sendo as adubações realizadas conforme a 5ª Aproximação da Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerias (GUIMARÃES *et al.*, 1999). O controle químico do nematoide na área não foi realizado, visando a identificação e seleção de progênies resistentes a este patógeno.

Tabela 1- Relação e genealogia das progênes de *Coffea arabica* em geração F_{6:7} instaladas na Fazenda Santa Cecília, no município de Carmo do Paranaíba – MG.

Nº		Progênes	Origem
1	20A	MG 0179-1-R1 - 16-6-I - 10-2-II	C.V. X Amphillo MR 2-161
2	20B	MG 0179-1-R1 - 16-6-I - 10-7-II	C. V. X Amphillo MR 2-161
3	44A	MG 0185-2-R2 - 29-2-I - 11-7-II	C. V. X Amphillo MR 2-474
4	44B	MG 0185-2-R2 - 29-2-I - 11-2-I	C. V. X Amphillo MR 2-474
5	87A	MG 0179-3-R1 - 16-6-III - 2-1-II	C. V. X Amphillo MR 2-161
6	87B	MG 0179-1-R1 - 16-6-III - 2-7-II	C.V. X Amphillo MR 2-161
7	105	MG 0179-1-R1 - 16-6-III E2 - 23-5-I	C. V. X Amphillo MR 2-161
8	40	MG 0179-3-R1 - 28-4-I - 5-3-IV	C.V. X Amphillo MR 2-161
9 ¹	IPR 100	IPR 100	-
10 ²	CV	Catuaí Vermelho IAC 99	-

¹Cultivar utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. exigua*.

²Cultivar utilizadas como testemunha suscetível ao nematoide *M. exigua*.

CV: Catuaí vermelho.

Fonte: Da autora (2021).

2.3 Variáveis avaliadas

2.3.1 População de *Meloidogyne exigua* nas progênes

A população do *M. exigua* foi quantificada nos anos de 2019 e 2020, nos meses de novembro e maio, respectivamente, em amostras de raízes retiradas na profundidade de 0-40 cm, nos dois lados da planta, perpendiculares a linha de plantio. Em laboratório, as raízes foram lavadas e, após o escoamento do excesso de água, foram pesadas e aleatoriamente separados 50 gramas para a extração empregando-se a metodologia descrita por Hussey e Barker (1973) modificada por Boneti e Ferraz (1981). A população de ovos + J2 de *M. exigua* por grama de raiz foi quantificada sob microscópio biológico de objetiva invertida utilizando lâmina de contagem.

2.3.2 Características agronômicas avaliadas

Aos 12 e 24 meses (incremento de crescimento) após o plantio das mudas no campo foram avaliados os caracteres:

a) Altura da planta (AP): realizada com auxílio de uma régua graduada em centímetros, medindo-se a distância entre o nível do solo até a inserção do o par de folha terminal da haste ortotrópica;

b) Diâmetro do caule (DC): expresso em milímetros, medido com auxílio de um paquímetro digital, à 10 cm acima do nível do solo e;

c) Número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP): realizada a contagem direta nas plantas em cada parcela.

No mês de maio de 2020, foram também efetuadas:

d) Diâmetro de copa (DCO): expresso em centímetros, realizada com o auxílio de uma régua graduada, colocada de forma horizontal nas extremidades dos ramos plagiotrópicos inferiores.

e) Vigor vegetativo: avaliado conforme a escala sugerida por Carvalho *et al.* (1979), sendo atribuídas notas conforme escala arbitrária de 10 pontos, por três avaliadores calibrados, onde a nota 1 se refere às piores plantas, com baixo vigor vegetativo e depauperamento acentuado, bem como a nota 10 para plantas extremamente vigorosas, enfolhadas, alto crescimento de ramos produtivos.

f) Comprimento do internódio da haste ortotrópica (CIHO): foi obtido pela divisão do comprimento do ramo ortotrópico (cm) pelo número de entrenós da haste ortotrópica, com resultado em cm.

Após a colheita, realizada no mês de junho de 2020, foram também efetuadas as seguintes avaliações:

g) Produtividade (sacas de café beneficiado ha⁻¹): a produtividade, em sacas de café beneficiado por hectare, foi determinada após a colheita no ano de 2020, por meio da derriça total dos frutos de cada parcela, com posterior pesagem em kg de ‘café por derriça total’, seguida da conversão para sacas ha⁻¹ de café beneficiado de acordo com a renda de cada progênie.

h) Renda em porcentagem: para o cálculo da renda foram coletadas amostras de 4 litros de café obtidos na derriça total para a mensuração da produção. Essas amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno trançado até a secagem atingir aproximadamente 11,0% de teor de umidade água. As amostras foram pesadas antes e depois da secagem e após o beneficiamento para determinar a renda.

i) Porcentagem de frutos verdes, cereja e secos: a avaliação da maturação dos frutos foi realizada separando-se uma amostra aleatória de aproximadamente 300 mL colhidos na derriça

total os quais foram classificados em verdes, cerejas e secos. O número obtido para cada classificação foi dividido pelo total avaliado e os dados foram expressos em porcentagem.

j) Porcentagem de frutos chochos: a porcentagem de frutos chochos foi realizada conforme a metodologia proposta por Antunes Filho e Carvalho (1954), em que se colocam 100 frutos cerejas em um recipiente com água, sendo considerados chochos aqueles que permanecerem na superfície. Os números de frutos que flutuaram representam a porcentagem de frutos chochos.

k) Porcentagem de peneira 17 e acima: essas análises foram realizadas após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas de café beneficiado pelo conjunto de peneiras (17/64 a 19/64). O material retido em cada peneira foi pesado, determinando-se a porcentagem de grãos peneira 17 e acima (BRASIL, 2003).

l) Porcentagem de grãos tipo moca: essas análises foram realizadas após o beneficiamento do café, passando-se uma amostra de 300 gramas pelo conjunto de peneiras (8 a 13). O material retido em cada peneira foi pesado, determinando-se a porcentagem de grãos tipo moca (BRASIL, 2003).

m) Bebida (Avaliação sensorial): A avaliação sensorial do café 'maduro natural' foi realizada na safra 2020. O café foi colhido, lavado e selecionado sete litros de frutos maduros de cada parcela experimental. Essas amostras foram secas em peneiras com sombrite, suspensas do terreiro até atingirem +11% de teor de água e, posteriormente, armazenadas por 30 dias em ambiente refrigerado a 18 °C. Após esse período as amostras foram beneficiadas e submetidas a avaliação sensorial, por três juízes calibrados, de acordo com o protocolo da SCA (2019), com cinco xícaras por parcela.

2.3.3 Ranqueamento e seleção

O ranqueamento das progênies em ordem favorável ao melhoramento classificando as características produtividade, vigor, população de nematoides por grama de raiz, porcentagem de grãos cereja, porcentagem de chochos, porcentagem de grãos peneira 17 e acima e porcentagem de moca. Para tanto, utilizou-se a metodologia de Mulamba e Mock (1978) detalhado por Cruz e Regazzi (1997). De acordo com esse índice a classificação das progênies foi realizada pela soma das posições no ranqueamento, agrupando as informações de todas as características avaliadas em apenas uma informação. As progênies selecionadas foram as de menor valor da somatória das posições.

2.4 Análise estatísticas

A partir dos dados da população por grama de raiz (PGR), incremento de altura (cm) e diâmetro do caule (mm), número de ramos, número de falhas, porcentagem de grãos retidos na peneira 17 e acima, grãos moca, renda e produção de cada parcela, efetuou-se a correlação de Pearson, com significância, 1% a de probabilidade, pelo teste T, utilizando-se o programa computacional SAS (SAS INSTITUTE, 2002).

Para as análises de variância de produção (sacas de café beneficiado ha⁻¹) e das demais características agronômicas, adotou-se significância de 1% de probabilidade pelo teste F. Detectando-se diferenças significativas, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Para os dados de populações de nematoides nas raízes dos cafeeiros (PGR) foi utilizado a transformação dos dados ($\sqrt{x+1}$). Posteriormente foram submetidas à análise estatística pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2014). A partir da detecção de diferenças significativas, a 1% de probabilidade, pelo teste F e, entre os tratamentos, as médias foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A população de nematoides (ovos + J2) por grama de raízes nos anos de 2019, 2020 e na média desses dois anos, as oito progênies e a cultivar suscetível (Catuaí Vermelho IAC 99) não diferiram estatisticamente entre si. Em contrapartida a cultivar IPR 100 apresentou destacadamente a menor densidade populacional de ovos + j2 de *M. exigua* em área naturalmente infestada no município de Carmo do Paranaíba-MG (TABELA 2).

Vale ressaltar que, foi verificado um aumento no índice populacional de *M. exigua* entre as avaliações realizadas em 2019 e 2020 para as progênies MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) e MG 0185-2-R2-11-2-I (44B) e para a cultivar Catuaí Amarelo IAC 62. Entretanto, para as progênies MG 0179-1-R1-23-5-I (105) e MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) ocorreu uma redução da população de *M. exigua* de 44% e 33,8%, respectivamente entre as avaliações, inferindo em um possível mecanismo de redução da população de *M. exigua* em suas raízes.

Tabela 2 - População (ovos + Juvenis de segundo estágio – J2) de *Meloidogyne exigua* por grama de raiz do cafeeiro (PGR) de progênies e cultivares de cafeeiro em área naturalmente infestada no município de Carmo do Paranaíba-MG.

Progênies	PGR 2019	PGR 2020	PGR Média
20A	2333,13 b	2213,13 b	2275,13 b
20B	2093,15 b	2069,91 b	2081,53 b
44A	2819,78 b	4556,54 b	3688,15 b
44B	1901,55 b	2768,25 b	2334,90 b
87A	3630,65 b	3501,96 b	3566,30 b
87B	2723,55 b	2655,00 b	2689,28 b
105	5084,20 b	2886,27 b	3985,23 b
40	3414,73 b	2258,34 b	2836,54 b
IPR 100 ¹	52,40 a	48,69 a	50,55 a
Catuaí IAC 99 ²	4599,58 b	5999,78 b	5298,18 b
Média	2865,67	2895,49	2880,58
CV (%)	9,78	10,01	8,74

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

¹Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. exigua*.

²Cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. exigua*.

Fonte: Da autora (2021).

Fontes de resistência aos nematoides do gênero *Meloidogyne* spp. são imprescindíveis aos programas de melhoramento genético do cafeeiro para a obtenção de cultivares resistentes. Sabe-se que plantas oriundas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos MR 2-161 e 2-474 apresentam resistência a *M. paranaensis* e *M. incognita* (PERES *et al.*, 2017; ALVES *et al.*,

2019; REZENDE *et al.*, 2019; PASQUALOTTO *et al.*, 2015; SANTOS *et al.*, 2018; PASQUALOTTO *et al.*, 2020). Para *M. exigua*, Morera e López (1987), em experimento realizado em casa de vegetação, classificaram o Amphillo como moderadamente resistente a este nematoide. Fatobene *et al.* (2018) também relataram resistência a *M. exigua* da progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) oriunda do Amphillo MR 2-161, em experimento realizado em casa de vegetação.

Entretanto, o comportamento dessas progênies ainda não havia sido avaliado em condições de área cafeeira infestada por *M. exigua*. O desenvolvimento de novas cultivares de *C. arabica* com resistência a mais de uma espécie de nematoide é de extrema importância para muitas regiões cafeeiras devido a alta capacidade de disseminação dos nematoides das galhas e presença de mais de uma espécie ou raça de nematoide em uma mesma área (SALGADO *et al.*, 2015). Fato já observado por diversos pesquisadores (CARNEIRO *et al.*, 2000; CARNEIRO *et al.*, 2005; MUNIZ *et al.*, 2008; SALGADO *et al.*, 2015).

As plantas oriundas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos MR 2-161 e 2-474 não se diferenciaram estatisticamente da cultivar suscetível Catuaí Vermelho IAC 99 e, portanto, não são fontes de resistência a *M. exigua*. Este resultado difere do encontrado por Fatobene *et al.* (2018) que observaram, sob condições controladas de casa de vegetação, a resistência da progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40). Entretanto, a suscetibilidade dessa progênie ao *M. exigua* observada no presente estudo, corrobora com os resultados encontrados por Guimarães (2016), em condições controladas, que ao avaliar a capacidade parasítica do nematoide *M. exigua* e *M. paranaensis* nas progênies MG 0179-1-R1 e MG 0179-3-R1, ambos originados do cruzamento de Catuaí Vermelho X Amphillo MR 2-161, concluiu que estas progênies são resistentes ao *M. paranaensis*, porém, suscetíveis à *M. exigua*.

A resistência da cultivar comercial IPR 100 aos nematoides *M. paranaensis* (ITO *et al.* 2008; ANDREAZI *et al.*, 2015; SERA *et al.* 2017; SERA *et al.* 2020) e *M. incognita* raças 1 (KANAYAMA *et al.* 2009) e 2 (ITO *et al.* 2008), já foi relatada em diversos trabalhos. Recentemente, foi verificado em condições controladas de casa de vegetação a resistência do IPR 100 ao *M. exigua* no Brasil (REZENDE *et al.*, 2017; FATOBENE *et al.*, 2018) e na Costa Rica (BARRANTES *et al.*, 2020). Esse comportamento de resistência do IPR 100 ao *M. exigua* observada em condições de campo no presente trabalho, confirma que a cultivar IPR 100 apresenta resistência ao nematoide *M. exigua*.

A avaliação do desenvolvimento vegetativo das progênies em áreas infestadas por fitonematoides é um parâmetro importante na seleção de cultivares resistentes, uma vez que os danos causados as plantas suscetíveis já podem ser observadas durante o desenvolvimento

inicial em campo. Barbosa *et al.* (2007) observaram reduções significativas do desenvolvimento inicial de cultivares de *C. arabica* em áreas infestadas por *M. exigua*.

No presente estudo, o incremento de altura das plantas apresentou diferença entre as progênies e cultivares estudadas. Os resultados permitiram separar as plantas em três grupos (TABELA 3). O grupo com maiores e significativos valores de incremento em altura de plantas incluiu as progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0185-2-R2-11-7-II (44A), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B), MG 0179-1-R1-23-5-I (105) e MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) com médias entre 74,41 cm a 86,74 cm. O grupo com menores valores foi representado pelas cultivares Catuaí Vermelho IAC 99 e IPR 100, com 50,46 cm e 56,35 cm, respectivamente. Os demais genótipos constituíram um grupo com valores intermediários.

Tabela 3 - Incremento entre 12 e 24 meses para as variáveis de altura da planta (AP), diâmetro do caule (DC), número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP), diâmetro de copa (DCO), vigor (notas de 0 a 10) e comprimento do internódio da haste ortotrópica (CIHO) avaliados em área infestada por *Meloidogyne exigua* no município de Carmo do Paranaíba-MG.

Progênies	Altura (cm)	DC (mm)	NRPP	DCO (cm)	Vigor	CIHO (cm)
20A	85,50 a	22,19 a	29,97 a	167,19 b	6,52 a	6,27 b
20B	83,76 a	21,98 a	29,32 a	176,29 b	6,55 a	6,35 b
44A	80,73 a	18,26 b	24,78 b	195,41 a	7,29 a	7,53 a
44B	86,74 a	20,27 a	27,06 a	193,61 a	6,85 a	7,30 a
87A	65,38 b	19,36 b	24,96 b	183,18 a	6,12 a	5,95 b
87B	62,64 b	18,39 b	22,67 b	167,63 b	5,77 a	5,93 b
105	74,41 a	20,54 a	27,69 a	175,25 b	6,35 a	6,16 b
40	84,14 a	22,05 a	26,07 b	211,48 a	6,33 a	7,23 a
IPR 100 ¹	56,35 c	18,65 b	26,70 b	159,61 b	6,87 a	4,72 c
Catuaí 99 ²	50,46 c	15,01 b	26,25 b	140,31 c	5,50 a	4,67 c
Média	73,01	19,67	26,55	176,99	6,42	6,22
CV (%)	8,13	12,12	7,29	8,28	10,38	5,30

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

¹Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. exigua*.

²Cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. exigua*.

Fonte: Da autora (2021).

As diferenças observadas entre a altura das progênies e das cultivares estão relacionadas provavelmente com as características dos genótipos. O maior desenvolvimento vegetativo observado nas progênies em relação as cultivares era esperado, devido a característica de porte médio a alto das progênies, conforme verificado nos resultados do crescimento do internódio da haste ortotrópica (TABELA 3), conferindo-lhes maiores valores de altura em relação as cultivares que são plantas de porte menor. Carvalho *et al.* (2017) avaliaram a altura das plantas

de progênies de *C. arabica* no município de Piumhi-MG e observaram que as progênies oriundas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos 2-161 e 2-474 se destacaram para a maior altura de planta. Esses resultados se assemelham aos obtidos no presente estudo. Vale ressaltar, que a maior altura das plantas pode refletir em aumento da produtividade da lavoura. Há diversos relatos na literatura de correlação positiva entre a produtividade e a altura das plantas (MARTINEZ *et al.*, 2007; CARVALHO *et al.*, 2010; ASSIS *et al.*, 2014).

Além da altura das plantas, a avaliação do diâmetro do caule é uma característica importante a ser avaliada, pois, o diâmetro do caule está relacionado a maior resistência das plantas ao vento (CARVALHO *et al.*, 2003) sendo desejáveis plantas que apresentam maiores valores para esta característica. No presente estudo, os maiores incrementos de diâmetro de caule, foram observados nas progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B), MG 0179-1-R1-23-5-I (105) e MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) que variam de 20,05 mm a 22,19 mm. Para os demais tratamentos, os valores variaram de 15,01 mm a 19,36 mm (TABELA 3).

Além de reduzir o tombamento provocado pelo vento, o diâmetro de caule mais vigoroso favorece um maior acúmulo de carboidratos nas plantas, podendo refletir em um maior desenvolvimento vegetativo e reprodutivo (LIVRAMENTO *et al.*, 2002). Correlações positivas (0,85) entre diâmetro do caule e produtividade do cafeeiro foram encontradas por Assis *et al.* (2014), indicando que plantas com caule mais vigorosos apresentam maior capacidade produtiva.

O número de ramos plagiotrópicos das plantas pode estar relacionado com a capacidade produtiva da lavoura. Segundo Carvalho *et al.* (2008), plantas com números elevados de ramos plagiotrópicos tende a apresentar maiores produções. Para esta característica foi verificado superioridade dos materiais MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B) e MG 0179-1-R1-23-5-I (105) em relação aos demais. Correlação positiva entre o número de ramos plagiotrópicos e a produtividade foram encontradas por Carvalho *et al.* (2010). Levando em consideração tais fatos, pode-se supor que tais progênies apresentam grande potencial de produção em relação as demais.

Para a característica diâmetro de copa o menor valor foi observado na cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, com 140, 31 cm. No grupo superior estão as progênies MG 0185-2-R2-11-7-II (44A), MG 0185-2-R2-11-2-I (44B), MG 0179-1-R1-2-1-II (87A) e MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), variando de 183,18 cm a 211,48 cm, e no grupo intermediário ficaram as progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A), MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), MG 0179-1-R1-2-7-II (87B), MG 0179-1-R1-23-5-I (105) e a cultivar IPR 100, que variou de 159,61 cm a 176,29 cm

(TABELA 3). O diâmetro de copa é uma variável a ser considerada no plantio de uma lavoura cafeeira, uma vez que sua medida interfere diretamente na densidade de plantio. O aumento da densidade de plantio tem sido uma estratégia utilizada para aumentar a produção por área (BRACCINI *et al.*, 2008). Segundo Carvalho *et al.* (2003) materiais de maior diâmetro de copa, necessitam de maiores espaçamentos entre linhas, reduzindo o estande.

Durante a seleção de plantas, o vigor vegetativo é um parâmetro importante a ser avaliado pois, está correlacionado positivamente com a adaptação dos genótipos ao meio ambiente de cultivo (SEVERINO *et al.*, 2002), além de estar relacionado com a capacidade da planta em se recuperar após um período de estresse ou alta carga (KROHLING *et al.*, 2013) e com a produtividade das plantas (CARVALHO *et al.*, 2012). No presente estudo, não houve diferença estatística entre as progênies e as cultivares para a característica notas de vigor vegetativo. As médias oscilaram de 5,50 para a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 a 7,29 para a progênie MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) (TABELA 3). Vale ressaltar que, a menor nota de vigor observada na cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, ocorre provavelmente, devido à alta população de nematoide encontrada em suas raízes.

O porte da cultivar é uma característica muito importante a ser observada durante o planejamento para a implantação de uma lavoura. Sabe-se, que as cultivares de porte baixo permitem o adensamento de plantas na área, por possuírem os internódios dos ramos ortotrópicos e plagiotrópicos encurtados (GROSSI TERCEIRO *et al.*, 2019) e cultivares de porte alto podem ser indicadas para sistemas de cultivo menos adensado (BONOMO *et al.*, 2004). Sendo assim, a definição do porte da planta é uma característica importante a ser conhecida e disponibilizada aos cafeicultores. Para esta variável, as progênies e as cultivares avaliadas se dividiram em três grupos, podendo ser classificados como porte alto, médio e baixo (Tabela 3). As progênies de porte alto foram a MG 0179-3-R1-5-3-IV (40), MG 0185-2-R2-11-7-I (44A) e MG 0185-2-R2-11-2-I (44B) que apresentaram os maiores comprimentos dos internódios da haste ortotrópica. As demais progênies foram classificadas como porte médio. É interessante ressaltar que, em virtude da utilização de plantios mais adensados e da colheita mecanizada, os programas de melhoramento genético tem preconizado a seleção de plantas de porte médio a baixo (ANDROCIOLI FILHO, 2002). As cultivares IPR 100 e Catuaí Vermelho IAC 99 foram classificadas como porte baixo, por apresentarem os menores comprimentos dos internódios da haste ortotrópica.

Na seleção de novas cultivares de cafeeiro, os programas de melhoramento genético, buscam genótipos cujo desempenho envolva, além de outras características, elevada capacidade produtiva (FERREIRA *et al.*, 2005). No presente trabalho, a produtividade média dos materiais

avaliados foi de 46,21 scs ha⁻¹. Com destaque para as progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) e a cultivar comercial IPR 100 que apresentaram as maiores médias de produção (sacas ha⁻¹), com 59,33, 63,72 e 58,88 scs ha⁻¹, respectivamente, não se diferindo estatisticamente entre si em relação a produtividade (TABELA 4).

As progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) além de apresentarem elevada produtividade média, também apresentaram alta densidade populacional (ovos + J2) de nematoides por grama de raízes sendo, estatisticamente igual a cultivar suscetível Catuaí Vermelho IAC 99 (TABELA 2). A superioridade na produção das progênies associada a alta população de fitonematoide nas raízes, indica um comportamento de tolerância ao nematoide. Segundo Camargo (1995) e Roberts (2002) a tolerância é a capacidade de uma planta em suportar a infecção por patógenos sem que ocorram danos significativos em sua produção. O comportamento de tolerância tem sido verificado em vários trabalhos para a seleção e caracterização de genótipos em campo (REZENDE *et al.*, 2013; SALGADO *et al.* 2014; SILVA *et al.*, 2015; CARVALHO *et al.*, 2017), em que as plantas apresentam boa produção, mesmo na presença de *Meloidogyne* spp.

As progênies MG 0179-1-R1-2-1-II (87A), MG 0179-1-R1-23-5-I (105), MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) e a cultivar suscetível Catuaí Vermelho IAC 99, alcançaram uma produtividade média variando de 43,61 a 48,84 scs ha⁻¹. É importante ressaltar, que a produção destes materiais é considerada satisfatória, principalmente sendo a primeira produção da lavoura. As demais progênies avaliadas, formaram um terceiro grupo, com as menores médias produtivas, com médias entre 28,91 e 36,30 scs ha⁻¹ (TABELA 4).

Além da possibilidade de tolerância ao *M. exigua*, outro possível fator que podem ter contribuído para uma produção satisfatória de alguns materiais, inclusive da cultivar suscetível Catuaí Vermelho IAC 99, sob alta infestação de *M. exigua* é a utilização da irrigação e o bom manejo realizado pela fazenda em suas lavouras. Em áreas infestadas por *M. exigua* a irrigação também pode contribuir para a manutenção de produções satisfatórias. Matiello *et al.* (2010) comentam que a realização de um manejo adequado, principalmente, no que diz respeito a adubação correta e a utilização de sistema de irrigação na lavoura, possibilita a obtenção uma produtividade razoável em área infestada por *M. exigua*, explicando a boa produtividade média das progênies e cultivares obtidas neste trabalho. Vale ressaltar também, que a população de nematoides (ovos + J2) por grama de raízes nas progênies, apesar de serem estatisticamente igual a cultivar Catuaí Vermelho IAC 99, é muito menor. As progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) apresentam uma redução de 57,13% e 60,71%, respectivamente, no número de ovos e J2 de *M. exigua*, quando comparado com a cultivar

suscetível Catuaí Vermelho IAC 99, o que também pode ter contribuído para a boa produtividade nesta primeira colheita. Entretanto, se faz necessário, continuar as avaliações, a fim de verificar o comportamento das progênes e das cultivares ao longo dos anos nestas condições de manejo, visto que este trabalho contempla apenas a primeira produção da lavoura.

Tabela 4 - Produtividade (sacas de café beneficiado por hectare, scs ha⁻¹), porcentagem de frutos verdes, cereja, secos (%) porcentagem de frutos chochos (%) e bebida avaliados em 2020 em área infestada por *Meloidogyne exigua* no município de Carmo do Paranaíba-MG.

Progênes	Produtividade scs ha ⁻¹	% Maturação dos Frutos			Chucho %	Bebida
		Verde	Cereja	Seco		
20A	59,33 a	10,18 a	38,01 b	51,13 b	4,25 a	82,6 a
20B	63,72 a	2,71 a	50,99 a	46,28 b	6,50 a	78,3 a
44 ^a	28,91 c	20,76 b	46,50 a	32,73 c	2,75 a	83,3 a
44B	36,30 c	20,65 b	49,66 a	29,68 c	5,00 a	81,8 a
87 ^a	44,11 b	29,29 b	32,34 b	38,36 c	4,75 a	80,6 a
87B	31,24 c	26,55 b	54,90 a	18,54 d	3,50 a	82,3 a
105	48,84 b	22,75 b	12,10 c	65,13 a	2,50 a	82,0 a
40	43,61 b	18,62 b	46,86 a	34,52 c	25,25 b	82,5 a
IPR 100 ¹	58,88 a	64,44 c	27,80 b	7,75 e	4,50 a	80,8 a
Catuaí 99 ²	47,20 b	20,41 b	58,35 a	21,23 d	3,75 a	81,3 a
Média	46,21	23,70	41,75	34,53	6,27	81,5
CV (%)	21,86	40,75	23,76	20,82	36,43	2,20

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

¹Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. exigua*.

²Cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. exigua*.

Fonte: Da autora (2021).

Outro ponto a destacar é o ciclo de maturação dos frutos. As progênes avaliadas apresentaram maior porcentagem de frutos cereja ou secos do que verdes no momento da colheita, exceto a cultivar IPR 100 que apresentou 64,4% de frutos verdes (TABELA 4). O IPR 100 é considerado uma cultivar de alta produtividade e rusticidade, porém de ciclo de maturação tardio (PEREIRA; BAIÃO, 2015; SERA *et al.*, 2017), sendo assim, necessário o desenvolvimento de novas cultivares que apresentam ciclo de maturação diferente para possibilitar o escalonamento da colheita.

As progênes MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), além de apresentar alta capacidade produtiva, com produtividade média estatisticamente igual a cultivar IPR 100 apresentam ciclo de maturação precoce com apenas 10,18% e 2,71% de frutos verdes, respectivamente, no momento da colheita na região de Carmo do Paranaíba-MG. Estas progênes, apesar de apresentarem uma população de *M. exigua* estatisticamente igual a cultivar suscetível Catuaí Vermelho IAC 99 (TABELA 2), apresentaram alto potencial em sistema de

produção irrigado, para importantes características agronômicas buscadas no desenvolvimento de cultivares de *C. arabica*, enfatizando a importância da continuidade dos trabalhos com essas progênies.

Uma das anomalias que podem ocorrer nos frutos de café é a ausência de sementes em um dos locos, o que caracteriza a presença de frutos chochos. Entre os principais fatores responsáveis pela ocorrência de frutos chochos estão a influência de fatores fisiológicos, ambientais e principalmente genéticos (FERREIRA *et al.*, 2013). A alta ocorrência desse tipo de fruto em uma lavoura é considerada um defeito grave, visto que reduz drasticamente o rendimento do café.

Observa-se na Tabela 4 que, em relação ao percentual de frutos chochos, todos os tratamentos apresentaram valores inferiores ao limiar máximo permitido de 10% (CARVALHO *et al.*, 2016) variando de 2,75% a 6,5% de frutos chochos, com exceção da progênie MG 0179-3-R1-5-3-IV (40) que apresentou 25,25%, não sendo interessante para os programas de melhoramento genético do cafeeiro. A maior parte das cultivares comerciais disponíveis aos produtores apresentam valores próximos a 90% de frutos granados, valor este considerado satisfatório para os melhoristas na seleção dos cafeeiros (CARVALHO *et al.*, 2006).

Outra característica importante a ser avaliada na seleção do cafeeiro é o potencial da cultivar para produzir café especiais. A ferramenta utilizada para avaliar a qualidade do café é a análise sensorial (RIBEIRO *et al.*, 2017), que deve ser realizada por provadores *experts* e credenciados a *Specialty Coffee Association* – SCA – (Associação de Cafés Especiais).

As progênies e as cultivares foram avaliadas quanto a qualidade de bebida e não houve diferença estatística entre os tratamentos. Todos os materiais, com exceção da progênie MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), apresentaram potencial na produção de cafés especiais segundo a Metodologia da *Specialty Coffee Association* (SCA, 2019) que adota como cafés especiais aqueles com notas iguais ou superiores a 80 pontos. A progênie MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) com nota 78,3 fica classificada como cafés de qualidade boa normal segundo o protocolo da *Specialty Coffee Association* (SCA, 2019).

Os resultados para a porcentagem de renda (relação entre o peso do café beneficiado e o de café seco em coco, em porcentagem) estão dispostos na Tabela 5. A renda, normalmente, varia entre 45% a 55%, podendo chegar, em casos raros, aos extremos de 40 a 60% (MEDINA FILHO; BORDIGNON 2003). No presente trabalho, os valores variaram entre 44,72% a 56,17%, estando dentro dos padrões encontrados na literatura (PAIVA *et al.*, 2010).

Tabela 5 - Valores médios de porcentagem de renda (%), porcentagem de grãos retidos na peneira 17 e acima (%) e porcentagem de grãos moca (%) de cafeeiro avaliados no ano de 2020 em área infestada por *Meloidogyne exigua* no município de Carmo do Paranaíba-MG.

Progênes	Renda %	Peneira 17 e ac	Moca %
20A	50,97 b	17,61 b	16,72 a
20B	48,55 c	39,90 a	12,97 a
44A	44,72 c	28,22 b	13,77 a
44B	44,95 c	22,42 b	15,29 a
87A	49,97 b	22,56 b	27,21 b
87B	49,45 b	26,41 b	25,11b
105	51,45 b	16,51 b	22,61 b
40	47,57 c	27,30 b	24,05 b
IPR 100 ¹	56,17 a	23,08 b	16,87 a
Catuai 99 ²	52,15 b	40,28 a	16,33 a
Média	49,59	26,43	19,09
CV (%)	6,17	31,68	18,53

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo, pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade.

¹Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. exigua*.

²Cultivar Catuai Vermelho IAC 99 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. exigua*.

Fonte: Da autora (2021).

Na classificação de peneira 17 e acima, observa-se a que a progênie MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) e a cultivar Catuai Vermelho IAC 99 (TABELA 5), apresentaram 39,90% e 40,28%, respectivamente. As demais progênes e a cultivar IPR 100, apresentaram percentual de peneira 17 e acima variando de 16,51% a 28,22%. Vale ressaltar que a progênie MG 0179-1-R1-10-7-II (20B), além de apresentar valores de peneira alta, também se destacou com a maior produtividade, ou seja, aliou alta produção com alto percentual de grãos retidos em peneiras altas, características desejadas pelos melhoristas e pelos produtores de café.

Estudando genótipos de *C. arabica* L. em Três Pontas-MG Botelho *et al.* (2010), encontraram percentuais de peneira 17 acima que variam de 22,03% a 44,07%, resultados semelhantes com os obtidos neste trabalho. Santos *et al.* (2018) avaliaram uma série de progênes de *C. arabica* e encontraram valores semelhantes para progênes oriundas do cruzamento de Catuai x Amphillo 2-161 e 2-474.

Para o percentual de grãos moca os valores encontrados variaram entre 12,97% e 27,21% (TABELA 5). Apesar de não existir uma exigência de teor máximo de grãos tipo moca para avaliar a qualidade do café, busca-se no desenvolvimento de cultivares selecionar os genótipos que apresentam menor percentual. Para lotes de grãos chatos, os mercados mais exigentes toleram no máximo 10% de grãos moca (LAVIOLA *et al.*, 2006). Em lotes de

sementes, o limite máximo é de 12% de sementes moca (GUIMARÃES *et al.*, 2002). Alguns fatores podem estar relacionados a alta porcentagem de grãos mocas. Dentre eles, os problemas genéticos, ou ainda fatores climáticos e de nutrição (MATIELLO *et al.*, 2002). Vale ressaltar, que as cultivares comerciais Catuaí Vermelho IAC 99 e IPR 100 apresentaram percentuais de grãos tipo moca de 16,33% e 16,87%, respectivamente, valores acima dos encontrados normalmente em anos típicos.

Os resultados referentes ao coeficiente de correlação de Pearson entre as variáveis estudadas estão dispostos na Tabela 6. A análise de correlação mostrou que a população (ovos + J2) por grama de raízes se correlacionou inversamente com a produtividade (-0,39) e com o diâmetro de caule (-0,40), revelando que a infestação de *M. exigua* interfere negativamente na produtividade e no desenvolvimento do diâmetro do caule do cafeeiro (TABELA 6). Reduções significativas na produtividade do cafeeiro em áreas infestadas por *M. exigua* também foram encontradas por Barbosa *et al.* (2010) em experimentos realizados no estado do Rio de Janeiro e por Rezende *et al.* (2013) em Minas Gerais.

Tabela 6 - Coeficientes de correlação de Pearson entre população (ovos + J2) por grama de raízes (PGR), produtividade scs/ha⁻¹ (Prod.), incremento de altura de planta entre 12 e 24 meses em cm (AP), diâmetro do caule em mm (DC) e número de ramos plagiotrópicos primários (NRPP), peneira 17 e acima (%), moca (%) e renda (%), avaliadas em área naturalmente infestada por *Meloidogyne exigua* no município de Carmo do Paranaíba-MG.

	Prod.	AP	DC	NRPP	Pen.17	Moca	Renda
PGR	-0,398*	-0,221	-0,406*	-0,277	0,079	0,107	-0,289
Prod.	-	0,045	0,402*	0,607*	0,152	-0,094	0,570*

*significativo a 5% de probabilidade pelo teste T

Fonte: Da autora (2021).

A produção apresentou correlação positiva com os caracteres vegetativos diâmetro do caule (0,40) e número de ramos plagiotrópicos primários (0,60). Estes resultados indicam que plantas com caules mais vigorosos e com um maior número de ramos plagiotrópicos apresentam maior produção (TABELA 6). Carvalho *et al.* (2010) e Assis *et al.* (2014) também verificaram que esses caracteres vegetativos foram os que mais contribuíram para o aumento da produtividade. Também foi observado correlação positiva entre a produção e a renda (0,57), evidenciando que, quanto menos café em coco for necessário para obter uma saca de café beneficiado, melhor será a produção do cafeeiro.

O uso de índices de seleção para múltiplos caracteres de interesse em genótipos possibilita a obtenção de ganhos simultâneos, pela reunião de vários atributos favoráveis

(KRAUSE *et al.*, 2012). A escolha do índice de seleção pode ser realizada com base na facilidade de utilização e interpretação. Neste sentido, os índices de seleção propostos por Mulamba e Mock (1978) é um dos mais utilizados, inclusive com a cultura do café (PEREIRA *et al.*, 2013). Sua metodologia é baseada no ranqueamento de cada progênie de acordo com o ganho de seleção de cada característica, e, após esse ranqueamento é somado, obtendo-se a soma de postos. Quanto menor, o valor obtido na soma de postos, melhor é o desempenho da progênie, em relação às características avaliadas (CRUZ *et al.*, 2004).

Tabela 7 - Ranqueamento de oito progênies e as cultivares IPR 100 e Catuaí Vermelho IAC 99 como testemunha, segundo índice de Mulamba e Mock (1978), avaliadas em ensaio instalado em área infestada por *Meloidogyne exigua* no município de Carmo do Paranaíba-MG.

Progênie	Prod. scs ha ⁻¹	PGR	Vigor	Cereja	Moca	Chocho	Peneira 17 e ac	Soma	Rank
20B	1	2	4	3	1	9	2	22	1
44A	10	8	1	6	2	2	3	32	2
IPR 100 ¹	3	1	2	9	6	6	6	33	3
Catuaí 99 ²	5	10	10	1	4	4	1	35	4
20A	2	3	5	7	5	5	9	36	5
44B	8	4	3	4	3	8	8	38	6
87B	9	5	9	2	9	3	5	42	7
87A	6	7	8	8	1	7	7	44	8
40	7	6	7	5	8	10	4	47	9
105	4	9	6	10	7	1	10	47	10

¹Cultivar IPR 100 utilizada como testemunha resistente ao nematoide *M. exigua*.

²Cultivar Catuaí Vermelho IAC 99 utilizada como testemunha suscetível ao nematoide *M. exigua*.

Fonte: Da autora (2021).

A progênie MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) destacou-se como a mais promissora, segundo o ranqueamento de Mulamba e Mock (1978), ficando em primeiro lugar, com uma diferença de 10 pontos para o segundo lugar, a progênie MG 0185-2-R2-11-7-II (44A) (TABELA 7). Apesar de não apresentar resistência genética a *M. exigua*, este estudo mostrou o alto potencial dessas progênies derivadas de Catuaí x Amphillos 2-161 e 2-474 em área irrigada para importantes características buscadas pelos programas de melhoramento genético do cafeeiro durante a seleção de novas cultivares.

As progênies oriundas do germoplasma Amphillo, embora não tenham apresentado resistência a *M. exigua*, apresentaram um bom desenvolvimento vegetativo para os caracteres avaliados. Deve-se destacar também, o potencial produtivo dessas progênies nessas condições

experimentais. As progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) apresentaram valores produtivos superiores as cultivares tradicionais utilizadas no experimento, aliada a ótimos resultados para características como, bebida e ciclo de maturação precoce. Diante dos resultados, recomenda-se a continuação das avaliações dessas progênies nessas condições, a fim de se observar o comportamento ao longo dos anos.

4 CONCLUSÃO

Plantas oriundas do cruzamento de Catuaí e os Amphillos MR 2-161 e MR 2-474 não são resistentes a *Meloidogyne exigua* na região de Carmo do Paranaíba-MG, pela metodologia utilizada.

As progênies MG 0179-1-R1-10-2-II (20A) e MG 0179-1-R1-10-7-II (20B) se sobressaíram em relação as outras progênies nos quesitos produtividade e ciclo de maturação precoce, e após o uso do índice de seleção, considerando todas as características.

REFERÊNCIAS

- ALVES, P.S.; FATOBENE, B.J.R.; SALGADO, S.M.L.; GOMES, A.C.M.M.; CAMPOS, VICENTE P.; CARNEIRO, R.M.D.G.; SOUZA, J.T. Early and late responses characterize the resistance derived from Ethiopian wild germplasm Amphillo to *Meloidogyne paranaensis*. **Nematology**, [S.l.], v. ad, p. 1, 2019.
- ANDREAZI, E.; SERA, G. H.; FARIA, R. T.; SERA, T.; FONSECA, I. C. 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**, [S.l.], v. 9, p. 1069-1074, 2015.
- ANDROCIOLI FILHO, A. **Café adensado**: espaçamentos e cuidados no manejo da lavoura. Londrina: Iapar, 2002. 32 p. (Iapar. Circular, 121).
- ANTUNES FILHO, H.; CARVALHO, A. Melhoramento do cafeeiro: ocorrência de lojas vazias em frutos de café "Mundo Novo". **Bragantia**, Campinas, v. 13, p. 165-179, 1954.
- ASSIS, G. A.; SCALCO, M. S.; GUIMARÃES, R. J.; COLOMBO, A.; DOMINGHETTI, A. W.; MATOS, N. M. S. Drip irrigation in coffee crop under different planting densities: growth and yield in southeastern Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 18, n. 11, p. 1116-1123, 2014.
- BARBOSA, D. H. S. G.; VIEIRA, H. D.; SOUZA, R. M.; CESAR FILHO, J.; RODRIGUES, W. P. Comportamento de genótipos de *Coffea arabica* em áreas isenta e infestada com *Meloidogyne exigua* na região. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 5., 2007, Águas de Lindóia. **Anais[...]** Águas de Lindóia, Embrapa Café, 2007.
- BARBOSA, D. H. S. G.; SOUZA, R. M.; VIEIRA, H. D. Field assessment of coffee (*Coffea arabica* L.) cultivars in *Meloidogyne exigua*- infested or -free fields in Rio de Janeiro State, Brazil. **Crop Protection**, [S.l.], v. 29, p.175-177, 2010.
- BARRANTES, M. R.; VALERIO, D. R.; FIGUEROA, L. S.; SERA, T.; SERA, G. H. *Coffea arabica* cultivars with resistance to nematode *Meloidogyne exigua* originated from Costa Rica. **Australian Journal of Crop Science**, AJCS, v. 14, n. 01, p. 1-6, 2020.
- BONETI, J. I.; FERRAZ, S. Modificações no método Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua*, em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, [S.l.], v. 6, p. 553, 1981.
- BONOMO, P.; CRUZ, C. D.; VIANA, J. M. S. V.; PEREIRA, A. P.; OLIVEIRA, V. R.; CARNEIRO, P. C. S. Avaliação de progênies obtidas de cruzamentos de descendentes do Híbrido de Timor com as cultivares Catuaí Vermelho e Catuaí Amarelo. **Bragantia**, [S.l.], v. 63, n. 2, p; 207-219, 2004.
- BOTELHO, C. E.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; CARVALHO, A. M.; ANDRADE, V. T.; BARBOSA, C. R. Adaptabilidade e estabilidade fenotípica de cultivares de café arábica. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 12, p. 1404-1411, dez. 2010.

BRACCINI, A. L.; SCAPIM, C. A.; LANA, M. C.; VIDIGAL FILHO, P. S.; ALBRECHT, L. P.; BARRETO, R. R.; RODOVALHO, M. A. Produtividade de grãos e qualidade de sementes de café em resposta à densidade populacional. **Revista Ceres**, [S.l.], v. 55, n. 6, p. 489-496, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Instrução Normativa nº 8, de 11 de junho de 2003**. Aprova o regulamento técnico de identidade e de qualidade para a classificação do café beneficiado Grão Cru. Brasília, 2003.

CAMARGO, L. E. A. Análise genética da resistência e da patogenicidade. *In*: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. p. 470-491.

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

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para a identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 25, p. 35-44, 2001.

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

CARVALHO, A.; MONACO, L. C.; FAZIOLI, L. C. Melhoramento do cafeeiro XL: estudos de progênies e híbridos de café Catuaí. **Bragantia**, Campinas, v. 38, n. 22, p. 202-216, nov. 1979.

CARVALHO, H. P.; MELO, B.; MARCUZZO, K. V.; TEODORO, R. E. F.; SEVERINO, G. M. Avaliação de cultivares e linhagens de café (*Coffea arabica* L.) nas condições de cerrado em Uberlândia-MG. **Bioscience Journal** Uberlândia, v. 19, n. 3, p. 59-68, sept./dec. 2003.

CARVALHO, C. H. M.; COLOMBO, A.; SCALCO, M. S.; MORAIS, A. R. Evolução do crescimento do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) irrigado e não irrigado em duas densidades de plantio. **Revista Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 30, n. 2, p. 243-250, mar./abr. 2006.

CARVALHO, M.; ESUS, A. M. S.; CARVALHO, S. P. de; GOMES, C. N.; SOARES, A. M. Comportamento em condições de campo de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) propagados vegetativamente e por semeadura. **Coffea Science**, Lavras, v. 3, p. 108-114, 2008.

CARVALHO, A. M. de.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, G. R.; BOTELHO, C. E.; GONÇALVES, F. M. A.; FERREIRA, A. D. Correlação entre crescimento e produtividade de cultivares de café em diferentes regiões de Minas Gerais, Brasil. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 3, p. 269-275, mar. 2010.

CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; BOTELHO, C. E.; OLIVEIRA, A. C. B.; REZENDE, J. C.; REZENDE, R. M. Desempenho agrônômico de cultivares de café resistentes à ferrugem no Estado de Minas Gerais, Brasil. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 4, p.481-487, 2012.

- CARVALHO, A. M.; MENDES, A. N. G.; REZENDE, F. V.; BOTELHO, C. E.; CARVALHO, G. R.; FERREIRA, A. D. Seleção de progênies de cafeeiros do grupo Catuaí. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 244–254, abr./jun. 2016.
- CARVALHO, A. M.; SALGADO, S. M. L.; MENDES, A. N. G.; PEREIRA, A. A.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; LIMA, R. R. Caracterização de genótipos de *Coffea arabica* L. em área infestada pelo nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 12, n. 1, p. 1 - 8, jan./mar. 2017.
- CASTRO, J. M. C.; CAMPOS, V. P.; POZZA, E. A.; NAVES, R. L.; ANDRADE JUNIOR, W. C.; DUTRA, M. R.; COIMBRA, J. L.; MAXIMINIANO, C.; SILVA, J. R. C. Levantamento de fitonematoides em cafezais do Sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 32, p. 56-64, 2008.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 1997. p. 390.
- CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. 3.ed. Viçosa: UFV, 2004. v.1, 480 p.
- FASSULIOTIS, G. **The role of the nematologist in the development of resistant cultivars**. In J. N. Sasser e C. C. Carter (Eds.). An advanced treatise on *Meloidogyne*. 1st volume: biology and control (p. 233- 240). Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985.
- FATOBENE, B.J.R.; TERRA, W.C.; FERREIRA, F.R.C.; ALVES, P.S.; SALGADO, S.M.L. Comportamento diferenciado de progênies de *Coffea arabica* germoplasma anfilo a *Meloidogyne paranaensis* e *M. exigua*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA CAFEEIRA, 2018, 44., Franca. **Anais [...]**. Franca, EMBRAPA-PROCAFÉ, 2018.
- FATOBENE, B. J. R.; SALGADO, A. M. L.; FERREIRA, F. R. C.; TERRA, W. C. Cultivares de café resistentes aos nematoides-das-galhas no Brasil. EPAMIG. **Circular Técnica**, n. 312, maio 2020.
- FERREIRA, A.; CECON, P.R.; CRUZ, C.D.; FERRÃO, R.G.; SILVA, M.F.; FONSECA, A.F.A.; FERRÃO, M.A.G. Seleção simultânea de *Coffea canephora* por meio da combinação de análise de fatores e índices de seleção. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, [S.l.], v. 40, p.1189-1195, 2005.
- FERREIRA, A. D.; CARVALHO, G. R.; REZENDE, J. C.; BOTELHO, C. E.; REZENDE, R. M.; CARVALHO, A. M. Desempenho agrônômico de seleções de café Bourbon Vermelho e Bourbon Amarelo de diferentes origens. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 48, n. 4, p. 388-394, abr. 2013.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência & Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.
- GONÇALVES, W.; FERRAZ, L. C. C. B. Resistência do cafeeiro a nematoides. II. Teste de progênies e híbridos para *Meloidogyne incognita* raça 3,1. **Nematologia Brasileira**, [S.l.], v. 11, p. 125-142, 1987.

GONÇALVES, W.; SILVAROLLA, M. B. **Nematoides parasitos do cafeeiro**. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Tecnologias de produção de café com qualidade**. Viçosa: UFV, Departamento de Fitopatologia, 2001. cap. 7. p. 199-268.

GROSSI TERCEIRO, M.; MEIRELLES, F. C.; CAVALCANTE, A. G.; MINGOTTE, F. L. C.; LEMOS, L. B. Caracteres morfológicos de cafeeiro de porte baixo no primeiro ano de formação em Jaboticabal-SP. **Revista de Ciências Agrárias**, [S.l.], v. 62, 2019.

GUIMARÃES, P. T. G.; GARCIA, A. W. R.; ALVAREZ, V. H.; PREZOTTI, L. C.; VIANA, A. S.; MIGUEL, A. E.; MALAVOLTA, E.; CORRÊA, J. B.; LOPES, A. S.; NOGUEIRA, F. D.; MONTEIRO, A. V. C. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5º aproximação**. Viçosa: CFSEMG, 1999. p. 289-302.

GUIMARÃES, R. J.; MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. Colheita. In: GUIMARÃES, R. J., MENDES, A. N. G.; SOUZA, C. A. S. (Eds.). **Cafeicultura**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2002. p. 285-300.

GUIMARÃES, N. M. R. B. **Análises de elementos químicos e populações endoparasíticas em cafeeiros inoculados com *Meloidogyne exigua* e *Meloidogyne paranaensis***. 2016. 78 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2016.

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

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

KROHLING, C. A.; MATIELLO, J. B.; ALMEIDA, S. R. Avaliação de cultivares de café arábica na Região de Montanhas do ES. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 2013, Poço de Caldas. **Resumos Expandidos[...]**, Poços de Caldas, 2013.

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

KRAUSE, W.; SOUZA, R. S.; NEVES, L. G.; CARVALHO, M. L. S.; VIANA, A. P.; FALEIRO, F. G. Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 1, p. 51-57, jan. 2012.

LAVIOLA, B. G.; MAURI, A. L.; MARTINEZ, H. E. P.; ARAÚJO, E. F.; NEVES, Y. P. Influência da adubação na formação de grãos mocas e no tamanho de grãos de café (*Coffea arabica* L.). **Coffee Science**, Lavras, v. 1, n. 1, p. 36-42, abr./jun. 2006.

- LIVRAMENTO, D. E. do.; ALVES, J.D.; BARTHOLO, G. F.; GUIMARÃES, T.G.; MAGALHÃES, M.M.; FRIES, D. D.; PEREIRA, T. A. Influência da produção nos teores de carboidratos e na recuperação de cafeeiros (*Coffea arabica* L.) após “colheita”. *In: ENCONTRO SUL MINEIRO DE CAFEICULTURA*, 2002, 8., Lavras. O café especial na rota do lucro. *In: Simpósio de Pesquisas Cafeeiras do Sul de Minas*, 3., 2002, Lavras. **Trabalhos Apresentados[...]**. Lavras: UFLA/FAEPE, p. 156-160, 2002.
- MORERA, N.; R. LÓPEZ. Respuesta de seis líneas experimentales de *Coffea* spp. a la inoculación con *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, [S.l.], v. 17, p. 103-109, 1987.
- MARTINEZ, H. E. P.; AUGUSTO, H. S.; CRUZ, C. D.; PEDROSA, A. W.; SAMPAIO, N. F. Crescimento vegetativo de cultivares de café (*Coffea arabica* L.) e sua correlação com a produção em espaçamentos adensados. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 29, p. 481-489, 2007.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. **Cultura de café no Brasil: novo manual de recomendações**. Rio de Janeiro: MAPA/PROCAFE, 2002. p. 387.
- MATIELLO, J. B.; SANTINATO, R.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R.; FERNANDES, D. R. Variedades de café. *In: Cultura de café no Brasil: manual de recomendações*. Rio de Janeiro/ Varginha: MAPA/PROCAFÉ, 2010. (p. 63-98).
- MEDINA FILHO, H. P.; BORDIGNON, R. Rendimento intrínseco: critério adicional para selecionar cafeeiros mais rentáveis. *Informações Técnicas. O Agrônomo*, Campinas, v. 55, n. 2, 2003.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the Eto Blanco maize (*Zeamaus* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, Alexandria, v. 7, n. 1, p. 40-51, 1978.
- MUNIZ, M. D. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CASTRO, J. M. C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida; Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, Leiden, v. 10, p. 897-910, 2008.
- PAIVA, R. N.; CARVALHO, C. H. S.; MENDES, A. N. G.; ALMEIDA, S. R.; MATIELLO, J. B.; FERREIRA, R. A. Comportamento agrônomo de progênies de cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em Varginha, MG. **Coffee Science**, Lavras, v. 5, n. 1, p. 49-58, 2010.
- PASQUALOTTO, A.T.; SALGADO, S.M.L.; BOTELHO, C.E.; MENDES, A.N.G.; REZENDE, R.M.; SOUZA, S.R. Características agrônômicas de progênies de cafeeiro em área infestada por *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 392-401, 2015.
- PASQUALOTTO, A. T.; SALGADO, S. M. L.; TERRA, W. C.; FATOBENE, B. J. R.; SILVEIRA, H. R. O.; SANTOS, M. O.; CAMPOS, V. P.; SILVA, V. A. Root morphology, gas exchange and chlorophyll fluorescence of coffee cultivars and progenies are altered by *Meloidogyne paranaensis* infestation and water deficit. **Journal of Phytopathology**, [S.l.], [S.v.], [S.], 2020.

- PEREIRA, T. B.; CARVALHO, J. P. F.; BOTELHO, C. E.; RESENDE, M. D. V.; REZENDE, J. C.; MENDES, A. N. G. Eficiência da seleção de progênies de café F4 pela metodologia de modelos mistos (REML/BLUP). **Bragantia**, Campinas, v. 72, n. 3, p. 230-236, jul./set. 2013.
- PEREIRA, A. A.; BAIÃO, A. C. Cultivares. In: SAKIYAMA, N. S.; MARTINEZ, H. E. P.; TOMAZ, M. A.; BORÉM, A. (eds) **Café arábica: do plantio à colheita**. Viçosa: UFV, 2015. p. 24-45.
- PERES, A.C.J.; SALGADO, S.M.L.; CORREA, V.R.; SANTOS, M.F.A.; MATTOS, V.S.; MONTEIRO, J.M.S.; CARNEIRO, R.M.D.G. Resistance of *Coffea arabica* genotypes against *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita* under controlled and field conditions. **Nematology**, [S.l.], v. 19, p. 617-626, 2017.
- PINHEIRO, J. B.; SANTOS, M.; SANTOS, C. M.; LELLES, A. M. Ocorrência de fitonematoides em amostras oriundas de cafezais do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 1., 2000, Poços de Caldas. **Resumos expandidos[...]** Brasília, D.F.: Embrapa Café; Belo Horizonte: Minasplan, v. 2, p. 257-259, 2000.
- REZENDE, R. M.; SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C.; CARVALHO, G. R.; PEREIRA, A. A.; LIMA, R. R.; FERREIRA, A. D. Resistencia de progênies de Coffea arabica em área infestada por *Meloidogyne exigua*. **Nematropica**, Hope, v. 43, n. 2, p. 233-240, 2013.
- REZENDE, R.; ANDRADE, V.; SALGADO, S.M.L; REZENDE, J.; MENEZES, J.; CARVALHO, G. Genetic gain in the resistance of arabica coffee progenies to root-knot nematode. **Crop Science**, [S.l.], [S.n.], [S.v.], p. 1-8, 2017.
- REZENDE, R.M.; ANDRADE, V.T.; SALGADO, S.M.L.; REZENDE, J.C.; NETO, T.G.C.; CARVALHO, G.R. Arabica coffee progenies with multiple resistant to root-knot nematodes. **Euphytica**, [S.l.], v. 215, p. 61, 2019.
- RIBEIRO, L. S.; RIBEIRO, D. E.; EVANGELISTA, S. R.; MIGUEL, M. G. C. P.; PINHEIRO, A. C. M.; BORÉM, F. M.; SCHWAN, E. F. Controlled fermentation of semi-dry coffee (*Coffea arabica*) using starter cultures: a sensory perspective. **Food Science & Technology**, London, v. 82, p. 32-38, Sept. 2017.
- ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CABI, 2002. p. 23-42.
- OLIVEIRA, D. S.; OLIVEIRA, R. D. L.; FREITAS, L. G.; SILVA, R. V. Variability of *Meloidogyne exigua* on coffee crops in the Zona da Mata of Minas Gerais State, Brazil. **Journal of Nematology**, [S.l.], v. 37, n.3, p.323-327, 2005.
- SALGADO, S. M. L.; REZENDE, J. C. de; NUNES, J. A. R. Selection of coffee progenies for resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in infested area. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, Viçosa, v. 14, n. 2, p. 94-101, 2014.

- SALGADO, S. M. L.; GUIMARÃES, N. M. R. B.; BOTELHO, C. E.; TASSONE, G. A. T.; MARCELO, A. L.; SOUZA, S. R.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERREIRA, D. F. *Meloidogyne paranaensis* E *Meloidogyne exigua* em lavouras cafeeiras na região sul de Minas Gerais. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 4, p. 475 - 481, out./dez. 2015.
- SALGADO, S. M. L.; FATOBENE, B. J. R.; RESENDE, M. P. M.; TERRA, W. C.; SILVA, V. A.; LIMA, I. M. Resistance of Conilon coffee cultivar Vitoria Incaper 8142 to *Meloidogyne paranaensis* under field conditions. **Experimental Agriculture**, [S.l.], [S.v.], [S.n.], p. 1-6, 2019.
- SANTOS, H. F.; SALGADO, S. M. L.; MENDES, A. N. G.; CARVALHO, A. M.; BOTELHO, C. E.; ANDRADE, V. T. Initial productive performance of Coffee progenies in an area infested by *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 13, n. 4, p. 530 - 538, oct./dec. 2018.
- SAS INSTITUTE. **SAS/STAT Software**: changes and enhancements through release 8.2. Cary, NC: SAS Institute, 2002.
- SCA. Specialty Coffee Association. **Cupping protocols**. Califórnia: SCA, 2019. Disponível em: <https://sca.coffee/research/protocols-best-practices>. Acesso em: 16 set. 2020.
- SERA, T.; SERA, G. H.; FAZUOLI, L. C.; MACHADO, A. C. Z.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A. IPR 100 – Rustic dwarf Arabica coffee cultivar with resistance to nematodes *Meloidogyne paranaensis* and *M. incognita*. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, [S.l.], v. 17, p. 175-179, 2017.
- SERA, G. H.; CARVALHO, F. G.; FONSECA, I. C. B.; SHIGUEOKA, L. H.; SILVA, S. A.; SILVA, A. G.; ITO, D. Resistance to nematode *Meloidogyne paranaensis* in Arabica coffee genotypes introgressed with *Coffea liberica*. **Australian Journal of Crop Science**, AJCS, v. 14. n. 08, p. 1236-1241, 2020.
- SEVERINO, L.S.; SAKIYAMA, N.S.; PEREIRA, A.A.; MIRANDA, G.V.; ZAMBOLIM, L.; BARROS, U.V. Associações da produtividade com outras características agronômicas de café (*Coffea arabica* L. "Catimor"). **Acta Scientiarum. Agronomy**, [S.l.], v. 24, p. 1467-1471, 2002.
- SILVA, V. A.; SALGADO, S. M. L.; SÁ, L. A.; REIS, A. M.; SILVEIRA, H. R. O.; MENDES, A. N. G.; BARBOSA, J. P. R. A.; PEREIRA, A. A. Uso de características fisiológicas na identificação de genótipos de café arábica tolerantes ao *Meloidogyne paranaensis*. **Coffee Science**, Lavras, v. 10, n. 2, p. 242 - 250, abr./jun. 2015.
- TERRA, W. C.; SALGADO, S. M. L.; FATOBENE, B. J. R.; FERREIRA, F. R. C. Principais nematoides-das-galhas parasitas do cafeeiro nas regiões do Triângulo Mineiro e Alto Paranaíba, em Minas Gerais. EPAMIG. **Circular Técnica**, n. 313, maio 2020.