



UNIVERSIDADE ESTADUAL DE FEIRA DE SANTANA- UEFS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS GENÉTICOS
VEGETAIS-PPGRGV

ISABELLA VIEIRA DE CARVALHO

IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE
ACESSOS DE *Physalis angulata* L. (SOLANACEAE) A
NEMATOIDES DAS GALHAS

Feira de Santana - BA
2025

ISABELLA VIEIRA DE CARVALHO

**IDENTIFICAÇÃO E AVALIAÇÃO DE RESISTÊNCIA DE
ACESSOS DE *Physalis angulata* L. (SOLANACEAE) A
NEMATOIDES DAS GALHAS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, da Universidade Estadual de Feira de Santana como requisito final para obtenção do título de Mestre em Recursos Genéticos Vegetais.

Orientador: Prof. Dr. Leandro Alvarenga Santos
Coorientador: Prof. Dr. Willian Cesar Terra
Coorientador: Prof. Dr. Luiz Cláudio Costa Silva

Feira de Santana - BA

2025

Ficha catalográfica - Biblioteca Central Julieta Carteadó - UEFS

Carvalho, Isabella Vieira de
C323i Identificação e avaliação de resistência de acessos de *Physalis angulata* L.
(Solanaceae) a nematoides das galhas / Isabella Vieira de Carvalho. - 2025.
74f. : il.

Orientador: Leandro Alvarenga Santos

Coorientadores: Willian Cesar Terra, Luiz Claudio Costa Silva

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Feira de Santana.
Programa de Pós-Graduação em Recursos Genéticos Vegetais, 2025.

1. *Physalis*. 2. *Meloidogyne* spp. 3. Resistência. 4. Suscetibilidade.
5. Recursos genéticos vegetais. I. Santos, Leandro Alvarenga Santos, orient. II.
Terra, Willian Cesar, coorient. III. Silva, Luiz Claudio Costa, coorient. IV.
Universidade Estadual de Feira de Santana. Programa de Pós-Graduação em
Recursos Genéticos Vegetais. V. Título.

CDU: 582.951.4

BANCA EXAMINADORA



Documento assinado digitalmente

MANOEL ABILIO DE QUEIROZ

Data: 11/10/2025 17:11:41-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Manoel Abilio de Queiróz
(Universidade do Estado da Bahia - UNEB)



Documento assinado digitalmente

CACILDA MARCIA DUARTE RIOS FARIA

Data: 07/10/2025 08:40:57-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Profa. Dra. Cacilda Márcia Duarte Rios Farias
(Universidade Estadual do Centro Oeste - UNICENTRO)



Documento assinado digitalmente

LEANDRO ALVARENGA SANTOS

Data: 21/08/2025 15:15:51-0300

Verifique em <https://validar.iti.gov.br>

Prof. Dr. Leandro Alvarenga Santos
(Universidade Estadual de Feira de Santana - UEFS)
Orientador e Presidente da banca

Feira de Santana – BA
2025

“É justo que muito custe o que muito vale.”
Santa Tereza D’Ávila

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus, que segurou minha mão nos momentos mais difíceis e me guiou com amor e paciência até aqui. Só Ele e eu sabemos o quanto esse caminho foi desafiador e, ainda assim, cheio de propósito.

Às minhas maiores inspirações: meus pais. Obrigada por acreditarem em cada passo que dei, por estarem comigo — em silêncio ou em festa — e por me darem asas para sonhar. Ao meu irmão, Matheus, obrigada por vibrar com cada uma das minhas conquistas e por torcer sempre por mim.

Ao meu pequeno grande amor, João Henri, meu filho, que me lembra todos os dias o motivo pelo qual sigo em frente. Você é a minha força, meu sorriso mais sincero e meu abraço mais gostoso.

Ao meu noivo, Kayo, obrigada por me ouvir e incentivar a conquistar todos os meus objetivos. Por me lembrar que eu posso, que eu consigo, e que eu mereço.

À toda a minha família, sempre presente, mesmo de longe. Um carinho especial às minhas tias e primas queridas — Nó, Ró, Ângela, Andrea, Gleyce, Marcy e Nana — mulheres incríveis, fortes e inspiradoras, que me fazem querer ser alguém melhor todos os dias.

Ao meu didi, Theo, que com sua doçura e leveza deixa meus dias mais felizes.

Aos amigos do coração, Vitor e Clara, obrigada por dividirem comigo risadas, choros, trabalhos e conselhos. Vocês tornaram essa caminhada mais leve, divertida e cheia de afeto.

Aos colegas do Horto Florestal, pessoas especiais que sempre estiveram dispostas a ajudar, minha gratidão: Erison, Robson, Flávio, Uasley e Aritana.

Aos meus orientadores, Dr. Leandro Alvarenga, Dr. Luiz Cláudio e Dr. Willian Cesar, por todo o apoio, parceria e aprendizagem durante esses anos.

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

RESUMO

O gênero *Physalis*, da família Solanaceae, inclui espécies com múltiplos usos, como alimentação, farmacologia e ornamentação, sendo a América do Sul um de seus principais centros de diversidade. No entanto, sua produtividade pode ser comprometida por nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.), que afetam o sistema radicular das plantas. Em levantamentos realizados na Unidade Experimental Horto Florestal da UEFS, foram detectados sintomas de ataque por nematoides em *Physalis angulata* L. Assim, este estudo teve como objetivos identificar a espécie de *Meloidogyne* presente na área e avaliar a suscetibilidade de diferentes espécies de *Physalis* (*P. angulata*, *P. peruviana* e *P. ixocarpa*) e a resistência de oito acessos de *P. angulata* ao parasitismo. A identificação do patógeno foi realizada por métodos morfológicos, bioquímicos e moleculares, sendo confirmada a presença de *M. enterolobii*, espécie agressiva e amplamente distribuída. A avaliação da suscetibilidade foi conduzida em casa de vegetação, com delineamento inteiramente casualizado, quatro tratamentos e oito repetições, revelando que todas as espécies foram suscetíveis ao nematoide, com FR entre 10,3 e 15,4. A resistência dos acessos de *P. angulata* foi avaliada por variáveis morfológicas e fitossanitárias, com sete repetições. Houve diferenças significativas entre os acessos, sendo os acessos do Espírito Santo, Pará, Anguera e Piauí mais suscetíveis, enquanto os acessos da Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo e Pernambuco apresentaram resistência e melhor desenvolvimento vegetativo, sendo recomendados para programas de melhoramento genético e futuras pesquisas sobre resistência a nematoides.

Palavras-chave: *Physalis*; *Meloidogyne* spp.; Resistência; Suscetibilidade; Recursos Genéticos Vegetais.

ABSTRAC

The genus *Physalis*, of the Solanaceae family, includes species with multiple uses, including food, pharmacology, and ornamental purposes, with South America being one of its main centers of diversity. However, its productivity can be compromised by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), which affect the plant's root system. In surveys conducted at the Horto Florestal Experimental Unit of the UEFS, symptoms of nematode attack were detected in *Physalis angulata* L. Therefore, this study aimed to identify the *Meloidogyne* species present in the area and to evaluate the susceptibility of different *Physalis* species (*P. angulata*, *P. peruviana*, and *P. ixocarpa*) and the resistance of eight *P. angulata* accessions to parasitism. The pathogen was identified using morphological, biochemical, and molecular methods, confirming the presence of *M. enterolobii*, an aggressive and widely distributed species. Susceptibility assessment was conducted in a greenhouse using a completely randomized design with four treatments and eight replicates. All species were susceptible to the nematode, with RF values ranging from 10.3 to 15.4. Resistance of *P. angulata* accessions was assessed using morphological and phytosanitary variables, with seven replicates. Significant differences were observed among accessions, with accessions from Espírito Santo, Pará, Anguera, and Piauí being more susceptible, while accessions from Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, and Pernambuco showed resistance and improved vegetative development, and are recommended for genetic improvement programs and future research on nematode resistance.

Keywords: *Physalis*; *Meloidogyne* spp.; Resistance; Susceptibility; Plant Genetic Resources.

LISTA DE TABELAS

REFERENCIAL TEÓRICO

Tabela 1 Relação de ocorrência de <i>M. enterolobii</i> em culturas no Semiárido Brasileiro.....	20
---	----

CAPÍTULO I

Tabela 1 Sequência de primers utilizados na amplificação do fragmento espécie específico de <i>Meloidogyne</i> spp.	38
---	----

Tabela 2 Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR), de espécies de <i>Physalis</i> inoculadas com <i>M. enterolobii</i>	38
---	----

CAPÍTULO II

Tabela 1 Local de coleta, origem e coordenadas geográficas dos acessos de <i>Physalis angulata</i> L. utilizados no estudo. A sigla de cada acesso corresponde à unidade federativa da coleta.....	57
---	----

Tabela 2 Resumo da análise de variância das variáveis altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF), de acessos de <i>P. angulata</i> inoculadas com <i>M. enterolobii</i>	59
---	----

Tabela 3 Desdobramento da interação do acesso dentro de cada tempo das plantas de <i>P. angulata</i> para as variáveis altura e número de folhas.....	59
--	----

Tabela 4 Resumo da análise de variância das variáveis número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR), em acessos de <i>P. angulata</i> inoculadas com <i>M. enterolobii</i>	63
---	----

Tabela 5 Reação dos acessos das plantas de *P. angulata* a *M. enterolobii* aos 45 dias após a inoculação em casa de vegetação considerando os critérios de Oostenbrink (1966).

..... 63

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO 1

Fig 1 Morfologia perineal de fêmeas de *M. enterolobii*: (a) estrias finas no arco ventral; (b) vulva; (c) estrias espessas; (d) estrias finas no arco dorsal.....40

Fig 2 Região cefálica do macho de *M. enterolobii*: (a) armação cefálica.....41

Fig 3 Fenótipo isoenzimático de esterase EN2 de *M. enterolobii* com padrão J3 de *M. Javanica*42

Fig 4 Padrões de amplificação de PCR obtido a partir de primers específicos (Me-F e Me-R).....43

Fig 5 Reação das espécies de *Physalis* a *M. enterolobii* aos 30 dias após a inoculação em casa de vegetação: (a) número de galhas; (b) Massa fresca da parte aérea; (c) Massa fresca da raiz; (d) Fator de reprodução. As médias que compartilham as mesmas letras não apresentam diferenças significativas a 5% de significância.....45

CAPÍTULO II

Fig 1 Acessos de *P. angulata* inoculados com *M. enterolobii*.....58

Fig 2 Média dos acessos das plantas de *P. angulata* para a variável diâmetro do coleto. As médias que compartilham as mesmas letras não apresentam diferenças significativas a 5% de significância.....62

Fig 3 Média do tempo das plantas de *P. angulata* para a variável diâmetro do coleto. As médias que compartilham as mesmas letras não apresentam diferenças significativas a 5% de significância.....63

Fig 4 Correlações de Pearson para os acessos de *P. angulata*: (A) Piauí, (B) Serra Preta, (C) Anguera, (D) Rio de Janeiro, (E) Pernambuco, (F) Pará, (G) Bahia e (H) Espírito Santo. As variáveis analisadas foram: altura da planta (ALTURA), número de folhas (N.FOLHAS), número de galhas (N.GALHA), diâmetro do coleto (DIA.COLETO) e fator de reprodução do nematoide (FR). As cores representam a intensidade e direção da correlação (vermelho para correlações negativas e azul para correlações positivas), conforme escala ao lado de cada gráfico.....66

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO GERAL	12
2 REVISÃO DE LITERATURA	14
2.1 Conservação de recursos genéticos vegetais	14
2.2 O gênero <i>Physalis</i>	16
2.3 Nematoídes e seus impactos na agricultura	22
2.4 Nematoíde das galhas (<i>Meloidogyne</i> spp. Goeldi)	11
2.5 <i>Meloidogyne enterolobii</i> Yang & Eisenback (sin. <i>M. mayaguensis</i>)	22
2.6 Ocorrência de <i>M. enterolobii</i> no Semiárido	22
REFERÊNCIAS	22

CAPÍTULO 1- *Meloidogyne enterolobii* UMA NOVA AMEAÇA PARA ESPÉCIES DE *Physalis* L.

1.1 Introdução	10
1.2 Metodologia	17
1.2.1 Local e condições experimentais	11
1.2.2 Obtenção de inóculo do nematoíde	22
1.2.3 Identificação por morfologia da região perineal	22
1.2.4 Identificação por características de machos	22
1.2.5 Identificação por eletroforese de isoenzimas	22
1.2.6 Condução experimental	22
1.2.7 Análises estatísticas	22
1.3 Resultados e discussão	18
1.3.1 Identificação do nematoíde	22
1.3.2 Avaliação de resistência em diferentes espécies de <i>Physalis</i> L.	22
1.4 Conclusão	22
REFERÊNCIAS	31

CAPÍTULO 2 - RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE *Physalis angulata* L. AO NEMATOÍDE DAS GALHAS (*Meloidogyne enterolobii*)

2.1 Introdução	32
2.2 Metodologia	35
2.2.1 Local e condições experimentais	22

2.2.2 Material genético vegetal	22
2.2.3 Obtenção de inóculo do nematoide	22
2.2.4 Condução experimental	22
2.2.5 Análises estatísticas	22
2.3 Resultados e discussão	36
2.4 Conclusão	22
REFERÊNCIAS	56
 CONSIDERAÇÕES FINAIS	 11

1 INTRODUÇÃO GERAL

O gênero *Physalis* L., pertencente à família Solanaceae A. Juss., faz parte de um grupo com grande importância econômica, as angiospermas (Stehmann; Knapp, 2023). Seu centro de diversidade está nas Américas do Sul e do Norte, com distribuição nas regiões tropicais e subtropicais do mundo, como México, Colômbia, Brasil, China, Japão e alguns países africanos (Silva Junior et al., 2022).

Ademais, o gênero inclui cerca de 90 espécies dentre as quais 14 são encontradas na América do Sul, e, apesar de não ser endêmico no Brasil, apresenta espécies distribuídas por todo o país, principalmente nas regiões Norte e Nordeste (Stehmann; Knapp, 2023). Dentre essas espécies, destacam-se *Physalis angulata* L., *Physalis ixocarpa* Brot. e *Physalis peruviana* L., amplamente utilizadas para a alimentação humana e fins ornamentais, além de apresentar potencial farmacológico, com propriedades químicas relevantes, incluindo uma quantidade considerável de β -caroteno e o alto teor de sólidos solúveis, flavonoides, carotenoides, alcaloides e terpenos (Feng et al., 2016; Silva et al., 2016; Saavedra et al., 2019).

Diversas espécies da família Solanaceae tem seu desenvolvimento limitado principalmente pela ocorrência de deficiências nutricionais, pragas e doenças (Cavalcante et al., 2018). Dentre essa gama considerável de patógenos, destacam-se os nematoides de galhas, *Meloidogyne* spp., (Pinheiro et al., 2014), que quando não manejado adequadamente, causam danos irreparáveis ao cultivo, acarretando em prejuízos para os produtores, tornando-se um fator limitante para a produção da cultura, levando até mesmo ao abandono da área (Costa, 2014).

Para a maioria dos cultivos, o uso de cultivares resistentes é a estratégia mais viável para o controle de nematoides fitoparasitas, pois não eleva significativamente o custo de produção, exceto pela aquisição das sementes (Kanayama et al., 2009; Ferreira et al., 2010). No entanto, a disponibilidade de cultivares resistentes nem sempre atende às exigências do mercado, o que limita sua adoção. Diante disso, a identificação de fontes de resistência aos nematoides das galhas em *Physalis*, especialmente entre as espécies mais utilizadas, assim como o desenvolvimento de cultivares adaptadas às diversas condições brasileiras, tem sido um foco de pesquisa em busca de alternativas eficazes para o controle desses patógenos.

Em experimentos anteriores realizados no Horto Florestal da Uefs, foram encontradas plantas de *P. angulata* com sintomas de ataque de nematoide das galhas, porém ainda são poucos os registros de *Meloidogyne* infectando plantas de *Physalis*.

Diante da importância do estudo do gênero na região e da ameaça provocada por

patógenos de solo, como é o caso do nematoide das galhas, o objetivo deste trabalho foi identificar a espécie de nematoide das galhas existente na área experimental do Horto Florestal da UEFS, bem como verificar se existe variabilidade genética entre as espécies de *Physalis* e os acessos de *P. angulata* para a resistência ao ataque de nematoides, a fim de viabilizar um maior conhecimento do gênero e estabelecer a espécie como cultura agrícola na região.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 Conservação de recursos genéticos vegetais

Os recursos genéticos são definidos como a fração da biodiversidade que apresenta valor econômico, científico, social ou ambiental, seja este valor atual ou potencial (Paiva et al., 2019). Estes recursos apresentam grande importância mundial, pois constituem a base biológica da segurança alimentar e, de certa forma, apoiam a vida e os meios de subsistência dos seres humanos, no entanto, apesar do vasto conjunto de recursos genéticos existente, são frequentes os obstáculos na mobilização para um uso mais racional e sustentável dessa diversidade (Eucarpia, 2017).

Por esse motivo, o desenvolvimento de atividades de introdução, coleta, intercâmbio, caracterização, conservação, documentação e informação em recursos genéticos no país, vem sendo realizadas por muitas instituições de pesquisas do Brasil, sejam federais, estaduais e municipais, públicas e privadas, além de comunidades tradicionais e agricultores familiares (Mapa, 2024). Essas atividades visam aumentar a diversidade genética dos recursos vegetais, fornecendo material essencial para programas de melhoramento desenvolverem novas variedades de plantas. Além disso, permitem conservar esse material geneticamente a longo prazo, garantindo que esteja disponível para uso futuro (Mapa, 2024).

O conhecimento sobre a importância e funções desempenhadas pela biodiversidade é indispensável para a preservação e uso dos seus componentes, tendo em vista que os efeitos das mudanças climáticas, principalmente no semiárido brasileiro, que frequentemente é acometido com condições de déficit hídrico, tornando-se um agravante para a perda dos recursos genéticos vegetais na região (Willis; Bachman, 2016). Logo, é de suma importância compreender como essas alterações climáticas podem afetar as espécies vegetais que estruturam a vegetação local, permitindo antever potenciais impactos que refletem diretamente na manutenção da sociedade (Souza, 2020).

A conservação de recursos fitogenéticos em bancos de germoplasma inclui o uso de métodos que capturem a máxima diversidade de genótipos de uma população, bem como o uso de técnicas de conservação na forma de sementes, plantas, genes ou culturas *in vitro* (Barbieri, 2013). O papel desses bancos de genes é reduzir as perdas causada pelos desmatamentos de florestas para a inserção de projetos hidrelétricos, conjuntos habitacionais e até mesmo certas práticas agrícolas, como a monocultura, além de conservar muitas espécies silvestres, cultivares de variedades locais tradicionais e melhoradas (Wang et al., 2005).

Os estudos sobre os recursos genéticos vegetais do gênero *Physalis* são considerados

ainda apenas uma base para as pesquisas de melhoramento genético das espécies cultivadas, pois somente uma pequena parte da variabilidade genética foi estudada e a maioria das sementes são conservadas por grupos de pesquisa e pelos próprios agricultores e compartilhadas com amigos e familiares (Santos, 2018).

Nesse sentido, a Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS) conta com uma pequena coleção de espécies de *Physalis* que são utilizadas por estudantes de graduação e pós graduação para o desenvolvimento de seus projetos de pesquisa. Um programa de melhoramento de qualquer espécie é baseado na variabilidade, logo, os resultados encontrados com as pesquisas existentes sobre a planta do camapu na UEFS, demonstram haver variabilidade na espécie (Wamser et al., 2012). Entretanto, faz-se necessário estudos mais aprofundados que visem realizar a identificação de acessos promissores com base em características morfológicas, químicas e agrônômicas, para serem utilizados nos programas de melhoramento genético (Ligarreto, 2005).

2.2 O gênero *Physalis* L.

A família Solanaceae A. Juss. está entre as mais diversificadas das angiospermas eudicotiledôneas, com aproximadamente 150 gêneros e 3.000 espécies, podendo ser encontradas em várias regiões do mundo, principalmente na América do Sul, onde é considerada o maior centro de diversidade da família (Brandão Filho, 2018). No Brasil, a família é bem representada, ocorrendo 33 gêneros e 470 espécies, sendo 221 destas exclusivas do país (Stehmann et al., 2020). É um grupo de grande relevância econômica, com diversas espécies cultivadas para a alimentação, uso ornamental, medicinal e farmacológico (Moraes, 2009).

Dentre os gêneros de Solanaceae, destaca-se o *Physalis*, sendo seu nome originário da palavra grega “*physa*”, que significa bolha ou bexiga, referindo-se ao cálice acrescente que envolve os frutos, mesmo após maduros, sendo uma das características marcantes do gênero (Hawkes, 1991). O gênero possui cerca de 100 espécies conhecidas no mundo e 9 delas são encontradas no Brasil, com destaque para a *Physalis angulata* L., *Physalis ixocarpa* Brot. e *Physalis peruviana* L., que são espécies bem conhecidas por seu potencial econômico produtivo e nutracêutico (Stehmann; Knapp, 2020).

As espécies do gênero são conhecidas por conter diversas propriedades funcionais de interesse medicinal, pois apresentam uma gama de compostos bioativos como os fenólicos, antocianinas e flavonoides (Guedes et al., 2017). Na medicina popular, o *Physalis* é conhecido por purificar o sangue, fortalecer o sistema imunológico, aliviar dores de garganta, diminuir as

taxas de colesterol e amenizar os sintomas do Mal de Parkinson (Muniz, 2015).

No Brasil, o gênero se destaca, também, por conter espécies que produzem frutos com alto valor comercial, como a *P. peruviana*, principalmente na região centro-sul (Nunes et al., 2018), e a *P. angulata*, popularmente conhecida como camapu, nativa das regiões norte e nordeste, mas ainda não é amplamente explorada comercialmente (Lima et al., 2013, Lima et al., 2020).

Apesar disso, o cultivo do *Physalis* ainda é limitado devido ao conhecimento escasso sobre a cultura, porém é um ramo da economia agrícola com boas perspectivas para o comércio brasileiro, sobretudo por seu sabor como fruta fresca, sendo uma excelente alternativa de produção sustentável para o pequeno e médio agricultor rural, aumentando as parcerias em cada região a fim de expandir e diversificar o empreendimento (Muniz, 2011).

2.3 Nematoides e seus impactos na agricultura

Os nematoides são vermes abundantes no planeta, geralmente microscópicos (0,3-3,0 mm), cilíndricos, não segmentados, com organização anatômica complexa, e, em sua maioria, apresentam coloração transparente (Pinheiro, 2022). De acordo com os hábitos alimentares, os nematoides podem ser divididos em nematoides de vida livre, zooparasitas e nematoides fitoparasitas, também conhecido como fitonematoides, responsáveis pelo parasitismo de diversas culturas (Ferraz; Brown, 2016).

Diferente dos nematoides de vida livre, os fitoparasitas são parasitas obrigatórios, pois se alimentam somente de células de plantas vivas. Aqueles associados ao sistema radicular provocam alterações nas raízes, prejudicam o processo de absorção de água e de nutrientes, resultando em plantas pouco produtivas (Pinheiro, 2022). Enquanto os que parasitam a parte aérea da planta (folhas, frutos, caule) geralmente compreendem sintomas indefinidos de crescimento, como enfezamento, amarelecimento e murcha (Brida et al., 2018; Silva et al., 2016).

Entre os grupos estudados de maior impacto econômico estão os endoparasitas sedentários, como *Heterodera* spp., *Globodera* spp. e *Meloidogyne* spp., e os endoparasitas migradores, como *Pratylenchus* spp., e ectoparasitas migradores, como *Helicotylenchus* spp. (Robinson et al., 1997; Davis et al., 2004; Ganji et al., 2013; Jones; Fosu-nyarko, 2014; Vieira et al., 2015; Leal-bertioli et al., 2016). No Brasil, as espécies que causam maiores danos as principais culturas da família são *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica* e *Meloidogyne Hapla*. Atualmente, *Meloidogyne enterolobii*, vem sendo apontado também como praga no tomateiro (Pinheiro, 2017).

O Brasil desempenha um papel fundamental como um dos principais produtores de alimentos do mundo. No entanto, para alcançar altos níveis de produtividade, há uma intensificação do uso do solo e dos recursos naturais, o que pode favorecer o estabelecimento de organismos prejudiciais à agricultura, como os fitonematoides, que causam significativas perdas no setor agrícola. Levantamentos realizados pela Embrapa e Aprosoja apontaram danos de R\$ 35 bilhões por ano ao agronegócio brasileiro, provocados por esses organismos fitoparasitas (Machado, 2015).

2.4 Nematoides das Galhas (*Meloidogyne* spp. Goeldi)

Dentre os gêneros de fitonematoides, destacam-se as espécies *Meloidogyne* spp., também conhecidas como nematoides das galhas, que afetam drasticamente a produção agrícola causando elevadas perdas econômicas e, se encontram amplamente distribuídos pelo mundo (Jones et al., 2011).

São considerados endoparasitas sedentários e possuem como característica o dimorfismo sexual, ou seja, a forma do corpo das fêmeas e machos se diferem e são estabelecidas durante o desenvolvimento pós-embrionário (Dias-Arieira et al., 2008; Ferraz; Brown, 2016). As fêmeas apresentam coloração esbranquiçada, brilhantes e esféricas, seu tamanho varia de 0,5 mm até mesmo acima de 2 mm sendo inaptas para deslocamentos, dependendo essencialmente do parasitismo para sobreviverem. Os machos possuem corpos tubulosos, alongados, com diâmetros quase constantes ao longo de seu corpo, afinando de forma progressiva nas pontas, geralmente a extensão do corpo fica em torno de 500 µm por 15 µm de largura (Monteiro, 2016).

Essas espécies são adaptadas ao parasitismo devido a presença de um estilete bucal que é utilizado para perfurar as paredes celulares da planta ingerir o conteúdo celular ou injetar substâncias produzidas pelas glândulas esofágicas, modificando o conteúdo da célula da planta hospedeira, transformando-a em uma fonte permanente de nutrientes (Hussey, 1973).

O ciclo de vida desses nematoides tem início no ovo, onde acontece a primeira troca de cutícula chamada de ecdise, transformando-o em juvenil de primeiro estágio (J1), o qual, ainda dentro do ovo, sofre uma ecdise se tornando juvenil de segundo estágio (J2). Os J2, fase infectante, eclodem dos ovos usando seus estiletes e seguem em busca de raízes, onde estabelecem um sítio de alimentação e, ao redor desse sítio, ocorre a formação de células gigantes. Enquanto se desenvolvem passam por mais duas fases (J3 e J4) até se tornarem adultos. (Ferraz; Brown, 2016). O ciclo de vida destes fitonematoides dura cerca de 30 dias e cada fêmea, em média, produz 500 ovos por ciclo (Dias-Arieira et al., 2008).

Essas alterações causadas nas raízes, conhecidas como células gigantes, galhas ou tumores, os quais resultam da hiperplasia e hipertrofia dos tecidos radiculares que bloqueiam a absorção de água e de nutrientes do solo (Peña, 2000), constituem-se em fortes drenos metabólicos, sugando fotoassimilados e utilizando-os para o seu desenvolvimento e multiplicação, reduzindo o aproveitamento dos produtos sintetizados para o desenvolvimento e a produção do potencial fisiológico das plantas, causando a murcha de plantas nos horários mais quentes do dia (Lordello, 1992; Tihohod, 1993; Mitkowski; Abawi, 2003).

Os prejuízos provocados por esses parasitas variam conforme a suscetibilidade da planta, as condições ambientais, a interação com outros patógenos e a densidade populacional do nematoide (Tihohod, 2000). Dessa maneira, o maior obstáculo enfrentado em áreas infestadas é a dificuldade de manejo e controle dos mesmos, visto que muitos produtos químicos têm sido retirados do mercado devido à sua alta toxicidade ao ser humano e ao meio ambiente (Sousa et al., 2015).

Plantas da família solanaceae são afetadas por diferentes fatores, seja de natureza abiótica, como temperatura, precipitação, nutrição, ou natureza biótica como pragas e doenças, como ocorre com os fitonematoídes que parasitam as raízes e causam danos ao sistema radicular das plantas, levando a elevadas perdas de produção em toda área (Incaper, 2010).

Em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), estudos mostram que os sintomas provocados pelo nematoide *M. incognita* consiste na formação de galhas no sistema radicular, apresentando como sintoma reflexo menor desenvolvimento e murchamento das plantas, tendo como consequência a redução da produção. Isso ocorre em virtude da presença de células gigantes, devido à hipertrofia e à hiperplasia das células invadidas pelo nematoide, interferindo no processo de absorção, translocação de nutriente e água pelo sistema radicular (Asmus, 2001; Costa, 2014).

Para controlar esses fitonematoídes diversas técnicas de prevenção tem sido utilizada para que evite a contaminação desse patógeno na área, tendo em vista que são espécies que se proliferam muito rápido quando alojadas em determinado local com plantas hospedeiras. Por muitas anos, foram controlados pelo uso de nematicidas, porém, a ação destes em microorganismos de importância para a microbiota do solo, além dos problemas de contaminação ao meio ambiente e a elevada toxicidade ao ser humano e animais, têm limitado o uso do método químico para controle de nematoídes (Huang et al., 2018; Villaverde et al., 2016).

Sendo assim, são necessárias estratégias alternativas para reduzir as populações de nematoídes do gênero *Meloidogyne* com uma solução durável e de forma mais sustentável.

Além do manejo adequado do solo, o uso de cultivares resistentes e nematicidas são as principais estratégias de redução das perdas de rendimento causadas por esses nematoides (Machado et al., 2012).

2.5 *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback (sin. *M. mayaguensis*)

A espécie foi identificada em 1988 como *M. mayaguensis* em Porto Rico e tornou-se uma nova espécie de nematoide das galhas. Porém, com base em dados morfológicos e moleculares, foi reclassificado como *M. enterolobii* em 2004 (Yang e Eisenback, 1983; Castagnone-Sereno, 2012; Elling, 2013; Da Silva; Santos, 2016).

M. enterolobii também conhecido popularmente como nematoide das galhas da goiaba ou nematoide das galhas da árvore pacara earpod (Yang e Eisenback, 1983), é uma ameaça emergente devido à sua natureza destrutiva, ampla gama de hospedeiros, alta taxa reprodutiva, capacidade de se reproduzir em genótipos de tomate portadores de genes de resistência Mi (Moens et al., 2009; Castagnone-Sereno, 2012), além da sua virulência em relação a várias cultivares resistentes a *M. arenaria*, *M. incognita* e *M. javanica* (Kiewnick et al. 2009; Moens et al. 2009).

Considerado um parasita biotrófico obrigatório, *M. enterolobii* não é capaz de completar seu ciclo de vida sem um hospedeiro vivo, sendo um endoparasita sedentário, que tem seus ovos depositados pelas fêmeas em uma massa gelatinosa próxima a superfície da raiz. Seu ciclo de vida é semelhante ao de outros *Meloidogyne*, logo, quando as larvas juvenis de segundo estágio (J2) eclodem dos ovos, migram para o ápice radicular e, por meio de seu estilete, penetram e movem-se intercelularmente para o tecido cortical, onde serão estabelecidos os sítios de alimentação (Mitkowski; Abawi, 2003). Em condições ideais, o ciclo de vida da maioria dos *M. enterolobii*, leva cerca de 30 a 35 dias para ser finalizado e cada fêmea pode colocar até 600 ovos (Castagnone-Sereno e Castillo, 2014; Da Silva et al., 2019; Overstreet et al., 2019).

Podem se reproduzir por partenogênese mitótica obrigatória ou reprodução assexuada obrigatória (Chitwood e Perry, 2009; Castagnone-Sereno e Castillo, 2014), onde o núcleo se separa em dois núcleos filhos, apresentando o mesmo material genético do original (Chitwood e Perry, 2009). Os machos não são necessários para a reprodução, mas condições ambientais extremas podem promover seu desenvolvimento a partir de indivíduos geneticamente dispostos a se tornarem fêmeas (Eisenback e Triantaphyllou, 1991; Chitwood e Perry, 2009).

Para controlar e evitar a disseminação dessa espécie, diversas combinações de práticas de manejo contra *M. enterolobii* tem sido estudadas a fim de alcançar uma redução efetiva da

densidade populacional desses nematoides abaixo de um limite de dano, permitindo uma produção agrícola sustentável. Apesar da quantidade de plantas não hospedeiras para esta espécie ser muito limitada, o uso de culturas resistentes ou não hospedeiras tem sido a melhor alternativa, levando em consideração a proibição da maioria dos nematicidas químicos (Castagnone-Sereno e Castillo, 2014).

2.6 Ocorrência de *M. enterolobii* no Semiárido

Abrangendo os estados do Piauí, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas, Sergipe, Bahia e parte do norte do Estado de Minas Gerais, o Semiárido brasileiro apresenta forte insolação, temperaturas relativamente altas e regime de chuvas marcado pela escassez, irregularidade e concentração das precipitações em um curto período (Silva et al., 2010).

Essas condições edafoclimáticas são favoráveis ao desenvolvimento da fruticultura tropical, tornando as variedades cultivadas atualmente altamente vulneráveis a nematoides das galhas e carecem de atributos agrônômicos e sensoriais que lhes possibilitem atender a novas demandas (Souza, 2016).

A espécie *M. enterolobii* é considerada altamente virulenta e apresenta capacidade de multiplicação superior à de *M. incognita*, além de superar a resistência do tomateiro cv. Rossol, da batata-doce (*Ipomoea batatas*) cv. CDH e da soja (*Glycine max*) cv. Forest, todas resistentes a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (Carneiro et al., 2001).

Além disso, esses patógenos se desenvolvem em temperatura média de 23 a 30 °C (Ferraz; Brown, 2016), o que favorece a sua multiplicação em regiões do semiárido brasileiro onde as temperaturas variam em torno de 23 a 27 °C (Silva et al., 2010), principalmente em fruteiras tropicais (Figura 1).

Tabela 1: Relação de ocorrência de *M. enterolobii* em culturas no Semiárido Brasileiro.

Espécie de nematoides das galhas	Cultura afetada	Local	Referências
<i>M. enterolobii</i>	Acerola	Petrolina	Castro et al., 2009.
<i>M. enterolobii</i>	Batata yacon	Submédio do Vale do São Francisco	Siqueira et al., 2016.
<i>M. enterolobii</i>	Goiaba	Alagoas	Castro; Santana, 2011.
<i>M. enterolobii</i>	Goiaba	Petrolina (PE), Curaçá e	Carneiro et al., 2001.

Maniçoba (BA)			
<i>M. enterolobii</i>	Melância	Submédio do Vale do São Francisco	Castro et al., 2011
<i>M. enterolobii</i>	Goiaba	Ceará	Silva; Santos, Do Carmo 2017.
<i>M. enterolobii</i>	Feijão Gandu	Ceará	Moreira et al., 2018.
<i>M. enterolobii</i>	Pitaia	Ceará	Holanda, 2021.
<i>M. enterolobii</i>	Banana	Jaíba (Minas Gerais)	Luquine et al., 2019.

A disseminação desses fitoparasitas está diretamente relacionada com sua capacidade reprodutiva e varia em função da planta hospedeira, porém, se adaptam facilmente em diferentes espécies vegetais, assegurando sua sobrevivência por longos períodos, em diferentes tipos de ecossistemas naturais, causando queda na produção e na qualidade de uma grande variedade de culturas economicamente importantes (Ferraz, 2001).

Dessa forma, a qualidade do solo é essencial para a interação e o desenvolvimento de organismos vivos que interagem e contribuem para a manutenção da vida na terra (Silva et al., 2021). As características físicas do solo podem afetar direta ou indiretamente a composição e estrutura das comunidades de nematoides, e, qualquer alteração nessas pode influenciar no seu habitat e cadeia alimentar (De Goede; Bongers, 1994).

Estudos realizados por Silva (2022) mostraram que a temperatura e a disponibilidade de água no solo influenciaram no desenvolvimento de espécies de *Meloidogyne*, pois, estes no solos dependem da umidade para a sua penetração na raiz, independente dos exsudados radiculares, e sua infectividade e formação de galhas é influenciada diretamente pela temperatura.

Esses aspectos apontados com relação a *M. enterolobii* reforçam os motivos pelos quais medidas de erradicação e principalmente de exclusão sempre foram recomendadas desde a sua primeira detecção no Brasil.

REFERÊNCIAS

- ADAMS, M.; BERSET, C.; KESSLER, M.; HAMBÚRGUER, M. Medicinal herbs for the treatment of rheumatic disorders - A survey of European herbals from the 16th and 17th century. **Journal of Ethnopharmacology**, v.121, n.2, p.343–359, 2009.
- ASMUS, G. L. Danos causados à cultura da soja por nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: FERRAZ, L. C. C. B.; ASMUS, G. L.; CARNEIRO, R. G.; MAZAFERRA, P.; SILVA, J. F. V. (orgs.). *Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja*. Londrina, PR: Embrapa Soja, 2001. p. 39-56.
- BARBIERI, R. L. Caracterização de germoplasma - critérios para estabelecimento de descritores. RGV Nordeste, Cruz das Almas, 2013.
- BONALDO, S. M.; PASCHOLATI, S. F.; ROMEIRO, R. S. Indução de resistência: noções básicas e perspectivas. In: LARA, F. M. (org.). *Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos*. Piracicaba: FEALQ, 2005. Cap. 1, p. 11-28.
- BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, 6: 553. 1981.
- BRANDÃO FILHO, J. U. T.; GOTO, R.; BRAGA, R. S.; HACHMANN, T. L. Solanáceas. In: BRANDÃO FILHO, J. U. T.; FREITAS, P. S. L.; BERIAN, L. O. S.; GOTO, R. (comps.). *Hortaliças-fruto* [online]. Maringá: EDUEM, 2018. p. 37-70. ISBN 978-65-86383-01-0.
- BRASIL. Ministério da Agricultura e Pecuária. Recursos genéticos. 2023. Disponível em: www.gov.br. Acesso em: 06 jun. 2024.
- BRIDA, A. L.; CASTRO, B. M.; ZANUNCIO, J. C.; SERRÃO, J. E.; WILCKEN, S. R. S. Oat, wheat and sorghum cultivars for the management of *Meloidogyne enterolobii*. *Nematology*, v. 20, n. 2. p. 170-173, 2018.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A.; QUÉNÉHERVÉ, P. Enzymes phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. *Nematology*, v.2, p.645-654, 2000.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzima dos nematoides de galha para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, v.25, p.35-44, 2001.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. M. M. Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, 2001, Vol. 25(2): 223-228.
- CASTAGNONE-SERENO, P. *Meloidogyne enterolobii* (= *M. mayaguensis*): profile of an emerging, highly pathogenic, root-knot nematode species. *Nematology*, v. 14, p. 133–138, 2012.
- CASTAGNONE-SERENO, P.; CASTILLO, P. *Meloidogyne enterolobii* (nematóide das galhas da árvore da Pacara). 2014. Disponível em: <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.33238>. Acesso em: 26 ago. 2024

- CASTRO-MORETTI, F. R.; GENTZEL, I. N.; MACKEY, D.; ALONSO, A. P. Metabolomics as an emerging tool for the study of plant–pathogen interactions. **Metabolites**, v. 10, n. 2, p. 1–23, 2020.
- CASTRO, J. M. C.; SANTANA, M. L. M. P.; BARBOSA, N. M. L. Nematóides-das-galhas (*Meloidogyne spp.*) em aceroleira e recomendações de manejo. Petrolina: **Embrapa Semiárido**, 2009.
- CASTRO, J. D. C.; DIAS, R. D.; TEIXEIRA, F. A.; DAMACENO, L. S.; BARBOSA, G. D. S. (2011). Reação de genótipos de melancia à nematoides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE OLERICULTURA, 51., 2011.
- CASTRO, J. D. C.; SANTANA, T. A. Primeiro registro de *Meloidogyne enterolobii* em goiabeira no Estado de Alagoas, 2011.
- CAVALCANTE, J. K. G; MENDES, K. F; INOUE, M. H; DOS SANTOS, P. R. J; DA SILVA FONSECA, A. P; FRANCO, E. L. P. 2018. Eficácia e seletividade do metribuzin e diuron em pré-transplântio do tomate sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17: 615.
- CAVALCANTI, L. S.; BRUNELLI, K. R.; STANGARLIN, J. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da resistência induzida. In: CAVALCANTI, L. S. et al. **Indução de resistência em plantas a patógenos e insetos**. Piracicaba: FEALQ, 2005. cap. 2, p. 81-124.
- CHANG, Q.; QIN, J.; YANG, Y.; ZHANG, F.; PENG, D.; LI, Y. First Report of Southern Root-Knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on *Gynostemma pentaphyllum* in China. **Plant Disease**, v. 106, n. 11, p. 3002, 2022.
- CHITWOOD, D. J.; PERRY, R. N. Reprodução, fisiologia e bioquímica. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. (eds.). *Nematóides das galhas*. Cambridge, MA: CAB International, 2009. p. 182–194.
- CRUZ, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 35, n. 3, p. 271–276, 2013.
- COSTA, M. G. S. Reação de maracujazeiros e figueiras ao nematoide das galhas. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas), Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu - SP, 2014.
- DA SILVA, M. C. L.; SANTOS, C. D. G. (2016). Distribuição de *Meloidogyne enterolobii* em pomares de goiabeira no estado do Ceará, Brasil. **Rev. Caatinga** 30, 335–342.
- DA SILVA, A. J.; DE OLIVEIRA, G. H. F.; PASTORIZA, R. J. G.; MARANHÃO, E. H. A.; PEDROSA, E. M. R.; MARANHÃO, S. R. V. L.; BOITEUX, L. S.; PINHEIRO, J. B.; FILHO, J. L. S. C. Busca de fontes de resistência a *Meloidogyne enterolobii* em tomates comerciais e silvestres. *Horticultura Brasileira*, v. 37, p. 188–198, 2019.
- DAVIS, L. T.; BELL, N. L.; WATSON, R. N.; ROHAN, T. C. Host range assessment of *Helicotylenchus pseudorobustus* (Tylenchida: Hoplolaimidae) on pasture species. **Journal of nematology**, v. 36, n. 4, p. 487, 2004.

- DE GOEDE, R. G. M.; BONGERS, T. Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v.1, p. 29-44. 1994.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; MOLINA, R. de O.; COSTA, A. T. Nematóides causadores de doenças em frutíferas. **Revista Agro@mbiente on-line**, v. 2, p. 46-56, 2008.
- EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Nematóides das galhas: espécies e raças de *Meloidogyne*. In: NICKLE, W. R. (ed.). *Manual de Nematologia Agrícola*. Nova York, NY: Marcell Dekker, 1991. p. 191–274.
- ELLING, A. A. Principais problemas emergentes com espécies menores de *Meloidogyne*. *Fitopatologia*, v. 103, p. 1092–1102, 2013.
- EUCARPIA. *Crop diversification in a changing world – Mobilizing the green gold of plant genetic resources*. In: EUCARPIA GENETIC RESOURCES 2017, Montpellier, França, maio 2017. Disponível em: <https://symposium.inra.fr/eucarpiageneticresources2017>. Acesso em: jul. 2024.
- FENG, S.; JIANG, M.; SHI, Y. Aplicação da região ITS2 do DNA ribossomal de *Physalis* (Solanaceae): DNA barcoding e estudo filogenético. **Fronteiras em fitotecnia**, v. 7, p. 1047, 2016.
- FERRAZ, L. C. C. B. As meloidogynoses da soja: passado, presente e futuro. In: SILVA, J. F. V. (Org.) *Relações parasito-hospedeiro nas meloidogynoses da soja*. Londrina: Embrapa Soja/Sociedade Brasileira de Nematologia, 2001. p-15-38
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. *Nematologia de plantas: fundamentos e importância*. Manaus: Norma editora, 2016.
- FERREIRA, S.; GOMES, L.A.A.; MALUF, W.R.; CAMPOS, V.P.; CARVALHO FILHO, J.L.S. de; SANTOS, D.C. Resistance of dry bean and snap bean cultivars to root-knot nematodes. **HortScience**, Amsterdam, v.45, n.2, p.320-322, 2010.
- FONSECA, W. L.; ALMEIDA, F. A.; LEITE, M. L. T.; OLIVEIRA, A. M.; PROCHNOW, J. T.; RAMOS, L. L.; RAMBO, T. P.; NETO, F. C.; PEREIRA, F. F.; CARVALHO, R. M. Influence of *manipueira* on *Meloidogyne javanica* in soybean. *Revista de Ciências Agrárias*, v. 41, p. 182-192, 2018.
- GAMERO-VEGA, G.; LLANOS, M. O.; BAZALAR-PALACIOS, J. D. R.; JUÁREZ, C. A.; QUITRAL, V. Efectos terapéuticos del género *Physalis* L.: una revisión de la literatura. **Perspectivas en Nutrición Humana**, v. 24, n. 2, p. 247-265, 2022.
- GANJI, S.; WUBBEN, M. J.; JENKINS, J. N. Two simple methods for the collection of individual life stages of reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*. **Journal of nematology**, v. 45, n. 2, p. 87-91, 2013.
- GUEDES, M. N. S.; PIO, R.; MARO, L. A. C.; LAGE, F. F.; ABREU, C. M. P.; SACZK, A. A. Antioxidant activity and total phenol content of blackberries cultivated in a highland tropical climate. **Acta Scientiarum**, v. 39, p. 43-48, 2017.

- HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; NOGUEIRA, A. P. O.; GLASENAPP, A. P.; HAMAWAKI, C. D. L.; SILVA, C. O. Avaliação de linhagens de melhoramento de soja para novas fontes de resistência a nematoides de galhas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras. 2019.
- HARBORNE, J. B.; WILLIAMS, C. A. Advances in flavonoid research since 1992. **Phytochemistry**, v. 55, n. 6, p. 481-504, 2000.
- HAWKES, J. G.; LESTER, R. N.; NEE, M.; ESTRADA, N. Solanaceae III; taxonomy, chemistry, evolution. **The Royal Botanic Gardens**, 1991.
- HOLANDA, A. F. P. Hospedabilidade de pitaia ao nematoide das galhas (*Meloidogyne* spp.). 51 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.
- HOU, S.; LIU, Z.; SHEN, H.; WU, D. Damage-associated molecular pattern-triggered immunity in plants. **Frontiers in Plant Science**, v. 10, n. May, 2019.
- HUANG, B.; LI, J.; WANG, Q.; GUO, M.; YAN, D.; FANG, W.; CAO, A. Bin . Effect of soil fumigants on degradation of abamectin and their combination synergistic effect to root knot nematode. **PloS one**, v. 13, n. 6, 2018.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, v. 57, p. 1025-1028, 1973.
- INCAPER. Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural. Tomate. p.430, 2010.
- JANSSEN, T.; KARSSSEN, G.; VERHAEVEN, M.; COYNE, D.; BERT, W. (2016). Mitochondrial coding genome analysis of tropical root-knot nematodes (*Meloidogyne*) supports haplotype based diagnostics and reveals evidence of recent reticulate evolution. **Scientific reports**, 6(1), 22591.
- JONES, J.; GHEYSEN, G.; FENOLL, C. 2011. Genomics and molecular genetics of plant-nematode interactions. Pp. 632-636 in J. M. Nicol, ed. *Current nematode threats to world agriculture*. Dordrecht: Springer Science.
- JONES, M. G. K.; FOSU-NYARKO J. Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. **Annals of applied biology**, v. 164, n. 2, p. 163-181, 2014.
- KANAYAMA, F.S.; SERA, G.H.; SERA, T.; MATA, J.S. da; RUAS, P.M.; ITO, D.S. Progenies de *Coffea arabica* cv. IPR 100 com resistência ao nematoide *Meloidogyne incognita* raça 1. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.33, n.5, p.1321-1326, set./out. 2009.
- KIEWNICK, S.; DESSIMOZ, M.; FRANCK, L. (2009) Efeitos do *Mi-1* e do gene de resistência ao nematóide das galhas na infecção e reprodução de *Meloidogyne enterolobii* em cultivares de tomate e pimenta. **Jornal de Nematologia** 41: 134–139

KRINSKI, D. *Physalis angulata* L.(Solanaceae): a potential host-plant of stink bugs *Edessa meditabunda* F.(Hemiptera, Pentatomidae). **Biota Neotropica**, v. 13, p. 336-339,2013.

KOPPEN, W. Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra. Fondo de Cultura Econômica. México, 1948. 479 p.

KUHN, O. J. Indução de resistência em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris*) por acibenzolar-S-metil e *Bacillus cereus*: aspectos fisiológicos, bioquímicos e parâmetros de crescimento e produção. 2007. 139 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2007.

LEAL-BERTIOLI, S. C.; MORETZSOHN, M. C.; ROBERTS, P. A.; BALLÉNTABORDA, C.; BORBA, T. C.; VALDISSER, P. A.; BERTIOLI, D. J. Genetic mapping of resistance to *Meloidogyne arenaria* in *Arachis stenosperma*: a new source of nematode resistance for peanut. **G3: Genes, Genomes, Genetics**, v. 6, n. 2, p. 377-390, 2016.

LIGARRETO, G.; LOBO, M; CORREA, A. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. **Avances en cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva**, p. 9-27, 2005.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; ANDRADE, S. B.; AFFONSO, L. B.; ROMBALDI, C.; RUFATO, A. R. 2013. Qualidade pós-colheita de *physalis* sob temperatura ambiente e refrigeração. **Rev. Ceres**. 60, 311–317.

LIMA, L. G. B.; MONTENEGRO, J.; ABREU, J. P.; SANTOS, M. C. B.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, M. S.; FERREIRA, A. G.; CAMERON, L. C.; FERREIRA, M. S. L.; TEODORO, A. J. 2020. Metabolite pro-filing by UPLC-MSE, NMR, and antioxidant properties of Amazonian fruits: Mamey Apple (*Mammea americana*), Camapu (*Physalis angulata*), and Uxi (*Endopleura uchi*). **Molecules**. 25, 1–18.

LORDELLO, L. G. E. **Nematóides das plantas cultivadas**. 9. ed. São Paulo: Nobel, 1992.

LORENZETTI, E.; STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; PORTZ, R. L. (2018). Indução de resistência à *Macrophomina phaseolina* em soja tratada com extrato de alecrim. *Summa Phytopathologica*, 44(1), 45-50.

LUQUINE, L. S.; BARBOSA, D. H. S. G.; FERREIRA, C. F.; ROCHA, L.; AMORIM, E. Primeiro relato de *meloidogyne enterolobii* parasitando Bananeira no brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 26., 2019, Juazeiro, BA/Petrolina, PE. Fruticultura de precisão: desafios e oportunidades-anais. Petrolina: Embrapa Semiárido: UNIVASF: SBF, 2019.

MACAN, G. P. F.; CARDOSO, J. C., 2020 . Enxertia in vitro de *Psidium guajava* em *Psidium cattleianum* para o manejo do *Meloidogyne enterolobii*. **Revista Internacional de Ciência da Fruta**, 20 (1) 106 – 116.

MACHADO, V.; BERLITZ, D. L.; MATSUMURA, A. T. S.; SANTIN, R. D. C. M.; GUIMARÃES, A.; SILVA, M. E. D.; FIUZA, L. M. Bactérias como agentes de controle biológico de fitonematoides. **Oecologia Australis**, v. 16, n. 2, p. 165-182, 2012.

MACHADO, A. C. Z. Ataques de nematoides custam R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro. *Revista Agrícola*, 2015. Disponível em: <http://www.ragricola.com.br/destaque/ataques-de-nematoides-custam-r-35-bilhoes-ao-agronegocio-brasileiro>. Acesso em: 10 ago. 2019.

MATTEI, D. **Alterações bioquímica e física da soja tratada com silicato de potássio visando o controle de *Meloidogyne incognita***. 2018. 116 p. Tese (Doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Marechal Cândido Rondon, 2018.

MAZARO, S. M.; CITADIN, I.; GOUVÊA, A.; LUCKMANN D.; GUIMARÃES, S. S. Indução de fitoalexinas em cotilédones de soja em resposta a derivados de folhas de Pitangueira. **Ciência Rural**. Santa Maria, v.38, n.7, p.1824-1829, 2008.

MENG, Q.; FAN, J.; LIU, Z.; LI, X.; ZHANG, F.; ZHANG, Y.; SUN, Y.; LI, L.; LIU, X.; HUA, E. Cytotoxic Withanolides from the Whole Herb of *Physalis angulata* L. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1608, 2019.

MITKOWSKI, N. A.; ABAWI, G. S. Root-knot nematodes. **The Plant Health Instructor**, 2003.

MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. Espécies de *Meloidogyne* – um grupo diversificado de novos e importantes parasitas de plantas. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. (eds.). *Nematóides das galhas*. Cambridge, MA: CAB International, 2009. p. 1–13.

MÔNACO, A. P. A.; CARNEIRO, R. G.; SCHERER, A.; SANTIAGO, D. C. Reação de espécies de plantas daninhas a *Meloidogyne paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 4, p. 279-283, 2008.

MONTEIRO, J. Caracterização morfológica, enzimática e molecular de populações brasileiras de *Meloidogyne* spp.: identificação e sinonimização de espécies. 2016.

MORAES, A. O.; MELO, E.; AGRA, M. F.; FRANÇA, F. A família Solanaceae nos “Inselbergues” do semi-árido da Bahia, Brasil. **Iheringia, Série Botânica.**, 64(2), 109–122. 2009

MOREIRA, F. J. C.; ALBUQUERQUE, A. M. D.; ALMEIDA, B. K. D. S.; SOUZA, I. M. D.; ARAÚJO, B. D. A.; GUEDES, F. L. Reação de genótipos de feijão guandu (*Cajanus cajan* (L.) Millspaugh) ao nematoide das galhas (*Meloidogyne enterolobii*). **Summa Phytopathologica**, 44, 380-385. 2018.

MUNIZ, J. Sistemas de condução e espaçamentos para o cultivo de *physalis* (*Physalis peruviana* L.) no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, v. 33, p. 830-838, 2011.

MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, L.; PELIZZA, T. R.; MARCHI, T.; DUARTE, A. E.; LIMA, A. P. F.; GARANHANI, F. Sistemas de condução para o cultivo de *Physalis* no planalto catarinense. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.33, n.3, p.830-838, set. 2011a.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Revista da Associação Brasileira de Horticultura**, vol 33, n. 2, Abril-Junho 2015.

NICHOLSON, R. L.; HAMMERSCHMIDT, R. Phenolic compounds and their role in disease resistance. **Annual Review of Plant Pathology**. Palo Alto, v. 107, p. 19-28, 1992.

NYCZEPIR A. P.; BRITO J.A.; DICKSON D.W.; BECKMAN T.G, 2008. Status de hospedeiro de porta-enxertos de pessegueiro selecionados para *Meloidogyne mayaguensis*. **HortScience**, 43(3):804-806.

OLIVEIRA, J. A. R.; MARTINS, L. H. S.; VASCONCELOS, M. A. M.; PENA, R. S.; CARVALHO, A. V. Caracterização física, físico-química e potencial tecnológico de frutos de Camapu (*Physalis angulata* L.). **Revista Brasileira de Tecnologia Industrial**, v.5, n.2, p.573-583, 2011.

OVERSTREET, C.; MCGOWLEY, E. C.; CLARK, C.; REZENDE, J.; SMITH, T. E SISTRUNK, M. (2019). *Nematóide das galhas da goiaba: uma nova praga potencialmente grave na Louisiana*. Disponível em: <https://www.lsuagcenter.com/articles/page1548428489554>. Acesso em 26 ago de 2020).

PAIVA, S. R.; ALBUQUERQUE, M. S. M.; SALOMÃO, A. N.; JOSÉ S. C. B. R.; MOREIRA, J. R. A. (2019). Recursos genéticos: o produtor pergunta, a Embrapa responde. Embrapa Brasília, 298 p.

PANDEY, P.; SENTHIL-KUMAR, M. Plant-pathogen interaction in the presence of abiotic stress: What do we know about plant responses? **Plant Physiology Reports**, v. 24, n. 4, p. 541–549, 2019.

PASCHOLATI, S. F; DALIO, R. J. D. Fisiologia do Parasitismo: Como as plantas se defendem dos patógenos. In: AMORIM, L.; REZENDE J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia, volume 2: princípios e Conceito**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres Ltda, 2018. cap. 35, p. 424-450.

PENÃ, R. P. A nutrição das plantas e seus efeitos na sanidade vegetal. *Agricultura Biodinâmica*, v. 17, p. 26-30, 2000.

PINHEIRO, J. B.; MENDONÇA, J. L.; SANTANA, J. P. Solanáceas silvestres: potencialde uso como porta-enxertos resistentes ao nematóide-das-galhas (*Meloidogyne ssp.*). **Embrapa Hortaliças-Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento (INFOTECA-E)**, 2009.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SUINAGA, F. A. Manejo de nematoides na cultura do tomate. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 12. (Circular Técnica, 132), 2014.

PINHEIRO, J. B. Nematóides em hortaliças. Embrapa Hortaliças - Livro técnico (INFOTECAE). 2017.

PINHEIRO, J. B. Pimenta. Doenças. Nematoides - Portal Embrapa, Brasília: Embrapa Hortaliça, 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/doenças > nematoides](https://www.embrapa.br/doen%C3%A7as/nematoides). Acesso em: jun. 2022.

PRZYBYLSKA, A.; OBREPALSKA-STEPLOWSKA, A. **Plant defense responses in monocotyledonous and dicotyledonous host plants during root-knot nematode infection** *Plant and Soil*, 2020.

REIS, H. F.; BACCHI, L. M. A.; VIEIRA, C. R. Y. I.; SILVA, V. S. Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* (sin. *M. mayaguensis*) em pomares de goiabeira no município de Ivinhema, estado de Mato Grosso do Sul. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, v. 33, n. 2, p. 676-679, 2011.

ROBINSON, A. F.; INSERRA, R. N.; CASWELL-CHEN, E. P.; VOVLAS, N.; TROCCOLI, A. *Rotylenchulus* species: identification, distribution, host ranges, and crop plant resistance. *Nematropica*, v. 27, n. 2, p. 127-180, 1997.

ROCKENBACH, II; RODRIGUES, E; CATANEO, C; GONZAGA, LV; LIMA, A; MANCINI-FILHO, J; FETT, R. 2009. Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *Physalis peruviana* L. *Alimentos e Nutrição Araraquara* 19: 271-276.

RODRIGUES, A. K.; FREITAS, L. G.; AZEVEDO, A. A.; FERRAZ, S. Desenvolvimento de *Pasteuria penetrans* em *Meloidogyne spp.* parasitando diferentes espécies vegetais. *Fitopatologia Brasileira*, v. 28, p. 267-272, 2003.

RUFATO, L.; MUNIZ, J.; KRETZSCMAR, A. A.; RUFATO, A. R.; GATIBONI, L. C. **Aspectos técnicos da cultura da *Physalis***. Lages: CAV/UDESC; Pelotas: UFPel, 2008.100p.

SAAVEDRA J. C. M.; ZARAGOZA F. A. R.; TOLEDO D. C. (2019) Caracterização agromorfológica de populações selvagens e daninhas de *Physalis angulata* no México. *Scientia Horticulturae*, 246:86–94.

SANKAR, C.; SOORIANATHASUNDARAML, K.; KUMAR, N.; KARUNAKARAN, G.; SIVAKUMARET, M. Induction of resistant to *Radopholus similis* and defence related mechanism in susceptible and resistance banana hybrids infected with *Radopholus similis*. **International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences**. Raipur, v. 6, n. 4, p. 1668–1684, 2017.

SANTOS, K. S. **Estudos genéticos e aspectos reprodutivos em espécies do gênero *Physalis***. 2018. 93 f. Tese (Doutorado em Recursos Genéticos Vegetais) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2018.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. F.; PASCHOLATI, S. F. Mecanismos bioquímicos de defesa vegetal. In: PASCHOLATI, S.F. et al. *Interação Planta Patógeno – fisiologia, Bioquímica e Biologia Molecular*. **Piracicaba**, p. 227-248, 2008.

SILVA, K.N.; AGRA, M.F. Estudo farmacobotânico comparativo entre *Nicandra physalodes* e *Physalis angulata* (Solanaceae). **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.15, p. 344-351, 2005.

SILVA, P. C.G.; MOURA, M. S. G.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A. S. I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H.; CUNHA, T. J. F.; FILHO, C. G. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. **Embrapa**, Petrolina, p.18-48, 08 set. 2010. Disponível em: <http://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/handle/doc/861906>. Acesso

em: 21 ago. 2024.

SILVA, P. C. G.; MOURA, M. S. B.; KIILL, L. H. P.; BRITO, L. T. L.; PEREIRA, L. A.; SÁ, I. B.; CORREIA, R. C.; TEIXEIRA, A. H. C.; CUNHA, T. J. F.; FILHO, C. G. Caracterização do Semiárido brasileiro: fatores naturais e humanos. **Embrapa Semiárido**. cap. 1, p. 18-48, 2010.

SILVA D.F.; PIO R.; SOARES J.D.R.; ELIAS H.H.S.; VILLA F. Light spectrum on the quality of fruits of physalis species in subtropical area. **Bragantia**, v. 75, n. 3, p. 371-376, 2016.

SILVA, R. C.; GARCÍA-GONZÁLEZ, C. A. Deciphering genetic diversity in the origins of pepper (*Capsicum* spp.) and comparison with worldwide variability. *Crop Science*, v. 56, n. 6, p. 3100-3111, 2016.

SILVA, M.; DO CARMO L. D. A.; SANTOS, C. D. G. (2017). Distribution of *Meloidogyne enterolobii* in guava orchards in the state of Ceará, Brazil. **Revista Caatinga**, 30, 335-342.

SILVA, R. S.; COSTA, K. D. S.; Qualidade do solo: indicadores biológicos para um manejo sustentável. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v.7, n.1, p. 6853-6875 jan. 2021.

SILVA, E. A. Composição da nematofauna e qualidade do solo em cultivo irrigado de goiabeira no semiárido. 2022. 51 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

SILVA JUNIOR, A. D.; LEAL, M. H. S.; OLIVEIRA, G. J. A.; TOROCO, B. R.; ZEIST, A. R.; SILVA, D. F.; OLIVEIRA, J. N. M.; YOUSSEF, K. Reproductive biology and hybridization of *Physalis* L. species, **Brazilian Journal of Botany**, v. 45, n. 3, p. 1037- 1045, 2022.

SIMONTACCHI, M.; GALATRO, A.; RAMOS-ARTUSO, F.; SANTA-MARIA, G. E. Plant survival in a changing environment: the role of nitric oxide in plant responses to abiotic stress. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 977, 2015.

SIQUEIRA, S., CASTRO, J. D. C., OLIVEIRA, P., PINTO, H., FARFAN, S., & FERREIRA, J. (2016). Ocorrência de *Meloidogyne enterolobii* em batata Yacon no Submédio do Vale do São Francisco. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 33., 2016, Petrolina. Nematologia do litoral ao sertão: avanços e desafios. **Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia**, 2016.

SOUZA, F. D. F. Pesquisas com a aceroleira no Semiárido brasileiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 33., 2016, Petrolina. Nematologia do litoral ao sertão: avanços e desafios. **Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia**, 2016.

SOUSA, R. M. O. F.; ROSA, J. S.; SILVA, C. A.; ALMEIDA, M. T. M.; NOVO, M. T.; CUNHA, A. C.; FERNANDES-FEREIRA, M. 2015. Larvicidal, molluscicidal and nematocidal activities of essential oils and compounds from *Foeniculum vulgare*. *Journal of Pest Science* 88(2):413-426.

SOUZA, D. D. Adaptações de Plantas da Caatinga. São Paulo. **Oficina de Texto**, 2020. p 96.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; F. PASCHOLATI, S. F. A defesa vegetal contra fitopatógenos. **Scientia Agraria Paranaensis**. Marechal Cândido Rondon, v. 10, n. 1, p. 18-46, 2011.

STEHMANN, J. R.; KNAPP, S. 2020. *Physalis in Flora do Brasil 2020*. Jardim Botânico do Rio de Janeiro. Disponível em: <http://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/reflora/floradobrasil/FB14696>. Acesso em: 19 ago. 2024

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 372p.

TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. 2. ed. Jaboticabal: Funep, 2000.

VIEIRA, P.; EVES-VAN DEN AKKER, S.; VERMA, R.; WANTOCH, S.; EISENBACK, J. D.; KAMO, K. The *Pratylenchus penetrans* transcriptome as a source for the development of alternative control strategies: Mining for putative genes involved in parasitism and evaluation of in planta RNAi. **PloS one**, v. 10, n. 12, p. 146-151, 2015.

VILLAVERDE, J. J.; SEVILLA-MORÁN, B.; LÓPEZ-GOTI, C.; ALONSO-PRADOS, J. L. Trends in analysis of pesticide residues to fulfil the European Regulation (EC) No. 1107/2009. **TrAC Trends in Analytical Chemistry**, v. 80, p. 568-580, 2016.

WANG, Y. L.; FAN, M. J.; LIAW, S. L. Cryopreservation of in vitro–grown shoot tips of *papaya* (*Carica papaya* L.) by vitrification. **Botanical Bulletin of the Academia Sinica** 46:29-34, 2005.

WAMSER, G. H.; ARRUDA, B.; STINGHEN, J. C.; ROZZETTO, D. S.; BERTOLDO, J. G.; LANNES, S.; GUIDOLIN, A. F.; COIMBRA, J. L. M. Caracterização e estimativa da variabilidade genética de genótipos de cebola. **Horticultura Brasileira**, v.30, p.327-332, 2012.

WILLIS, K. J.; BACHMAN, S. (2016). *State of the World's Plants 2016*. Royal Botanic Gardens, Kew, 84.

YANG, B.; EISENBACK, J. D. (1983). *Meloidogyne enterolobii* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing Pacara Earpod tree in China. *J. Nematol.* 15, 381–391.

YEN, P. H.; CUONG, L. C. V.; DAT, T. T. H.; THUY, D. T. Q.; HOA, D. T. N.; CUC, N. T.; YEN, D. T. H.; THAO, D. T.; ANH, H. L. T. Withanolides from the whole plant of *Physalis angulata* and their anti-inflammatory activities. **Vietnam Journal of Chemistry**, v. 57, n. 3, p. 334-338, 2019.

CAPITULO I

***Meloidogyne enterolobii* UMA NOVA AMEAÇA PARA ESPÉCIES DE *Physalis* L.**

RESUMO

O gênero *Physalis* L. inclui espécies de interesse alimentar, ornamental e medicinal, como *Physalis angulata*, *Physalis ixocarpa* e *Physalis peruviana*, que, assim como outras espécies da família Solanaceae, podem ser suscetíveis ao ataque de nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.), comprometendo o sistema radicular e a produtividade. O objetivo desse trabalho foi identificar a espécie de nematoide das galhas infectando *P. angulata* na região de Feira de Santana - BA e avaliar a resistência dessas três espécies de *Physalis* (*P. angulata*, *P. ixocarpa* e *P. peruviana*) ao nematoide. A identificação foi realizada por métodos morfológicos, bioquímicos e sendo identificada como *Meloidogyne enterolobii*. Após identificação, foi realizado a avaliação de resistência entre as três espécies de *Physalis* avaliadas, além de plantas de tomateiro, utilizado com controle. Os tratamentos foram realizados em um delineamento experimental inteiramente casualizado, em casa de vegetação, com oito repetições. A inoculação artificial nas plantas das diferentes espécies foi realizada com 5000 ovos do nematoide das galhas, e a resistência foi avaliada após trinta dias. A partir destas avaliações, foram mensuradas a massa fresca de parte aérea e a massa fresca de raiz, além da contagem do número de galhas e fator de reprodução (FR). Há variabilidade genética entre as espécies de *Physalis*, visto que, embora todas as espécies testadas do gênero *Physalis* foram classificadas como suscetíveis, os FR variaram de 10,3 a 15,4. Os resultados indicam alta reprodutibilidade do patógeno e reforçam a necessidade de estratégias de manejo para o cultivo dessas espécies.

Palavras-chave: Fitonematoide.; *Physalis*; Susceptibilidade; Variabilidade; Identificação molecular; Inoculação artificial.

ABSTRACT

The genus *Physalis* L. includes species of food, ornamental and medicinal interest, such as *Physalis angulata*, *Physalis ixocarpa* and *Physalis peruviana*, which, like other species of the Solanaceae family, may be susceptible to attack by root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), compromising the root system and productivity. The objective of this study was to identify the species of root-knot nematode infecting *P. angulata* at the Experimental Unit of UEFS and to evaluate the resistance of these three *Physalis* species (*P. angulata*, *P. ixocarpa* and *P. peruviana*) to the nematode. The identification was performed by morphological, biochemical and molecular methods at the Phytopathology Laboratory of UFLA, confirming *Meloidogyne enterolobii*. After identification, the resistance evaluation was performed among the three *Physalis* species evaluated, in addition to Tomato, used as control. The treatments were carried out in a completely randomized experimental design, in a greenhouse, with eight replicates. Five days after transplanting into 3-liter pots, artificial inoculation with 5,000 root-knot nematode eggs was performed, and the resistance of the species was evaluated after thirty days, when the experiment was dismantled. Based on these evaluations, the fresh mass of the aerial part and the fresh mass of the root were weighed, in addition to counting the number of galls and the reproduction factor, and variance analyses were performed. There is genetic variability among the *Physalis* species, since all the species tested were diagnosed as susceptible, with RF ranging from 10.3 to 15.4. The results indicate high reproducibility of the pathogen and reinforce the need for management strategies for the cultivation of these species.

Keywords: Phytonematode; *Physalis*; Susceptibility; Variability; Molecular identification; Artificial inoculation.

1.1 INTRODUÇÃO

O gênero *Physalis* L. é formado por plantas herbáceas que pertencem à família Solanaceae e integra mais de 100 espécies de ocorrência representativa na África, Índia, Ilhas do Pacífico, América Central e do Sul. O gênero possui diversas espécies que crescem na natureza, com apenas algumas espécies cultivadas, como *Physalis angulata* L., *Physalis ixocarpa* Brot. e *Physalis peruviana* L., como culturas alimentares e ornamentais (Khan; Bakht, 2015).

No Brasil, *P. peruviana* é amplamente comercializada, com destaque para a comercialização de seus frutos (Tanan et al., 2018). A espécie apresenta ciclo curto e possui propriedades nutraceuticas, características que a tornam promissora quanto ao potencial de retorno econômico elevado (Lima et al., 2010).

Outras espécies do gênero, embora menos difundidas comercialmente no país, apresentam características agrônomicas relevantes. A *P. ixocarpa*, por exemplo, possui grande potencial econômico, sendo cultivada e comercializada em países da América do Sul e no México, onde é amplamente utilizada na culinária local. Conhecida como tomate de cáscara, é uma das dez hortaliças mais cultivadas no México, sendo propagada principalmente por sementes de variedades crioulas (González-Hernández et al., 2010).

Por sua vez, *P. angulata*, conhecida popularmente como camapu, é uma planta herbácea amplamente distribuída em diversas regiões brasileiras, inclusive no semiárido. Seu crescimento espontâneo em áreas cultivadas e não cultivadas tem levado à sua classificação como planta daninha em algumas localidades (Stehmann; Knapp, 2020; Balah; Balah, 2022).

A expansão dos cultivos de *Physalis* pode favorecer o desenvolvimento de problemas fitossanitários, visto que a família Solanaceae apresenta alta suscetibilidade à ocorrência de pragas e doenças que podem limitar sua produtividade, como é o caso do parasitismo por nematoide das galhas (Araújo; Marchesi, 2009). Os nematoides parasitas de plantas são pragas agrícolas economicamente importantes que causam uma perda anual estimada em US\$ 173 bilhões, globalmente (Gamalero e Glick, 2020; Kantor et al., 2022), um fardo oneroso para a produção agrícola.

Atualmente, o gênero *Meloidogyne*, conhecido como nematoides das galhas, compreende mais de 100 espécies descritas, embora algumas fontes indiquem cerca de 98 espécies reconhecidas taxonomicamente (Singh; Hussain; Khan, 2023). Dentre essas, destacam-se *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria*, *Meloidogyne hapla* e *Meloidogyne enterolobii* consideradas as espécies de maior importância econômica devido à sua ampla distribuição geográfica e elevada capacidade de parasitar uma

ampla variedade de culturas agrícolas, como as culturas de cobertura, árvores frutíferas, ervas daninhas, ornamentais e plantas agronômicas (Khanal et al., 2016).

As metodologias mais utilizadas para a diagnose de *Meloidogyne* spp. incluem características morfológicas da região perineal das fêmeas e do estilete dos machos, mas devido à semelhança entre espécies, técnicas bioquímicas como eletroforese de isoenzimas e moleculares, como PCR com marcadores específicos, são usadas para maior precisão. A combinação dessas abordagens na identificação integrativa é a mais eficaz para diagnósticos confiáveis e manejo adequado (Eisenback; Hunt, 2009).

Em cultivos experimentais com *P. angulata* na Unidade Experimental Horto Florestal (UNEHF) da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), foi constatado o aparecimento de sintomas das galhas nas raízes das plantas. No entanto, ainda não há registros de ocorrência natural de nematoides do gênero *Meloidogyne* atacando cultivos da espécie. Desta forma, o objetivo deste trabalho foi identificar a espécie de nematoide das galhas infectando *P. angulata* na UNEHF/UEFS, e avaliar a susceptibilidade de três espécies de *Physalis* (*P. angulata*, *P. ixocarpa* e *P. peruviana*) ao nematoide.

1.2 METODOLOGIA

1.2.1 Local e condições experimentais

A identificação da espécie foi realizada por métodos morfológicos, bioquímicos e moleculares no Laboratório de Fitopatologia da Universidade Federal de Lavras (UFLA), localizado no município de Lavras-MG, às coordenadas 21°14'43" de latitude sul e 44°59'59" de longitude oeste. O experimento para avaliação de susceptibilidade das diferentes espécies de *Physalis* (*P. angulata*, *P. ixocarpa* e *P. peruviana*) ao nematoide, foi desenvolvido em casa de vegetação no município de Feira de Santana- BA, entre as coordenadas geográficas 12°16'00"S e 38°58'00"W.

1.2.2 Obtenção de inóculo do nematoide

O inóculo de nematoide das galhas foi obtido a partir de plantas de *P. angulata* cultivadas na UNEHF/UEFS, no município de Feira de Santana – BA. As plantas que apresentavam sintomas típicos causados pelo gênero *Meloidogyne*, foram multiplicadas em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.), devido a sua alta susceptibilidade. Para a extração dos ovos foi utilizada a metodologia de Boneti & Ferraz (1981), onde as raízes foram lavadas e cortadas em pequenos pedaços e trituradas em liquidificador por 1 minuto com solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, em água. A suspensão obtida foi vertida em peneira de 100 mesh

acoplada sobre outra peneira de 500 *mesh*. O material retido na peneira de 500 *mesh* (pequenos fragmentos de raiz, nematoides e ovos) foi lavado e recolhido em becker para realização da calibração em câmara de Peters, sob microscópio estereoscópico para posterior inoculação. As suspensões foram ajustadas de forma a se obter 1.000 ovos por mL, depositados em três perfurações ao redor da planta.

1.2.3 Identificação por morfologia da região perineal

Para a identificação da espécie do nematoide das galhas, inicialmente foi realizada a caracterização morfológica a partir de fêmeas adultas extraídas das raízes infectadas. Cada indivíduo foi transferido para uma lâmina de microscopia contendo uma gota de água destilada, onde se procedeu à dissecação da região perineal com o auxílio de um bisturi de ponta fina, sob observação estereomicroscópica. Após a remoção da cutícula perineal, a amostra foi coberta com uma lamínula e observada em microscópio óptico composto. Foram analisadas a conformação do arco dorsal, as estruturas do campo lateral e as linhas que delimitam a vulva e o ânus, além de parâmetros como a forma e a espessura das estrias e a simetria do padrão perineal.

1.2.4 Identificação por características de machos

Como método complementar de identificação morfológica, foi realizada a avaliação dos machos, utilizando a técnica de incubação proposta por Young (1954). Para isso, raízes infectadas foram cortadas em fragmentos de 2 cm e incubadas em placas de Petri com água destilada por 48 horas à temperatura ambiente, permitindo a migração espontânea dos machos para o meio líquido. Os nematoides coletados foram montados em lâminas permanentes e analisados em microscopia óptica, com identificação baseada na morfologia da região labial e posição da abertura da glândula esofagiana dorsal, segundo os critérios de Eisenback et al. (1979).

1.2.5 Identificação por eletroforese de isoenzimas

Além da caracterização morfológica, foi empregada uma abordagem bioquímica por meio da análise eletroforética de isoenzimas, utilizando a esterase (EST) como marcador enzimático, dada sua alta capacidade discriminatória na identificação de espécies de *Meloidogyne* (Esbenshade & Triantaphyllou, 1990; Carneiro et al., 2000; Carneiro & Almeida, 2001). Dez fêmeas adultas foram excisadas das raízes infestadas utilizando estilete e lupa, maceradas em tampão de extração, e o extrato enzimático aplicado em gel de poliacrilamida.

Como padrão de referência, utilizou-se uma cultura pura de *M. javanica*. A identificação foi realizada com base na mobilidade relativa (Rm) das bandas de esterase, comparadas ao padrão.

Por fim, para complementar e confirmar a identificação da espécie, foi realizada a análise molecular, envolvendo a extração de DNA a partir de três fêmeas adultas utilizando o kit DNeasy Blood & Tissue (Qiagen), conforme as instruções do fabricante. A identificação molecular da espécie foi feita por PCR com os primers específicos Me-F e Me-R (Long et al., 2006), os quais amplificam um fragmento de 256 pb específico para *M. enterolobii* (Tabela 1). As reações de PCR (15 µL) foram compostas por 3,0 µL de DNA, 0,75 µL de cada primer, 0,1 µL de GoTaq® Flexi DNA polimerase, 0,6 µL de dNTP, 1,2 µL de MgCl₂ (25 mM), 1,5 µL de tampão e água livre de nucleases. As condições de amplificação consistiram em: 95 °C por 15 min; 35 ciclos de 95 °C por 30 s, 68 °C por 30 s, 72 °C por 60 s; e extensão final de 72 °C por 10 min. Os produtos foram separados por eletroforese em gel de agarose corado com GelRed, visualizados sob luz UV e comparados a marcador 50 bp DNA Ladder.

Tabela 1: Sequência de primers utilizados na amplificação do fragmento espécie específico de *Meloidogyne* spp.

Código	Sequência do primer 5'-3'	Fragmento (pb)	Identificação da espécie	Referência
Me-F	(AACTTTTGTGAAAGTGCCGCT	256pb	<i>Meloidogyne enterolobii</i>	(Long et al. 2006)
Me-R	G)			
	(TCAGTTCAGGCAGGATCAAC C)			

1.2.6 Condução experimental

Para a condução do experimento de susceptibilidade de espécies do gênero *Physalis*, sementes de *P. angulata*, *P. peruviana*, *P. ixocarpa* e tomateiro (*S. lycopersicum*) foram germinadas em placas de Petri em câmara BOD e, após sete dias, transplantadas para copos plásticos com substrato. Após 30 dias, as mudas foram transferidas para vasos de 3 L com solo autoclavado e substrato (2:1, v/v). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e oito repetições, em casa de vegetação.

Cada planta foi inoculada com 5.000 ovos extraídos das raízes infectadas e após 30 dias, as plantas foram retiradas e pesadas massa fresca de parte aérea e massa fresca de raiz, número de galhas e os ovos foram extraídos das raízes pelo método de Boneti e Ferraz (1981) e quantificados para o cálculo do fator de reprodução ($FR = Pf/Pi$), utilizado para avaliar a suscetibilidade/resistência das espécies ao nematoide.

1.2.8 Análises estatísticas

Para a análise dos dados, utilizou-se os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para averiguar a normalidade e a homoscedasticidade desses, respectivamente. Os dados gerados pelo experimento foram submetidos à análise de variância para verificação de diferença entre os tratamentos com o auxílio do programa SISVAR 5.8 (Ferreira, 2019) e aplicado o teste Tukey a 5% de probabilidade, a fim de realizar análise comparativa das médias.

1.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

1.3.1 Identificação do nematoide

Analizando a região perineal das fêmeas de *Meloidogyne* retiradas das plantas infestadas, através do microscópio ótico, foi possível constatar as configurações perineais características da espécie *M. enterolobii*. Assim como na literatura, a identificação de *M. enterolobii* foi dificultada pela sua semelhança com *M. incognita* e pela variação dos padrões perineais, conforme já relatado para essa espécie (Charchar et al., 2009; Rammah; Hirschmann, 1988).

Foram observados padrões morfológicos característicos na região perineal das fêmeas, com a presença de arcos dorsal e ventral formados predominantemente por estrias finas (Figura 1). Além disso, notou-se a presença de estrias mais espessas localizadas lateralmente à vulva, bem como estriações longitudinais no arco dorsal, próximas à região remanescente da cauda, conforme descrito por Da Silva et al. (2014). Características morfológicas compatíveis com as observadas no presente estudo foram descritas por Romero et al. (2019), ao analisarem o padrão perineal de fêmeas adultas. Os autores relataram fêmeas com formato corporal ovoide a arredondado, arco dorsal elevado e de contorno suavemente arredondado, além de cristas laterais com estrias de aspecto liso a levemente ondulado. Tais características são consistentes com as descrições morfológicas típicas de *M. enterolobii*, conforme relatado por Yank e Eisenback (1983), descrito e ilustrado a partir de raízes da árvore pacara, *Enterolobium contcrtisiliquum* (Vell.) Morong, na Ilha de Hainan, na China.

O trabalho de Araujo Filho (2012), identificando meloidogynoses na cultura do tabaco, mostraram resultados semelhantes para a região perineal de fêmeas de *M. enterolobii*, no qual também apresentaram estrias finas e arco dorsal elevado.

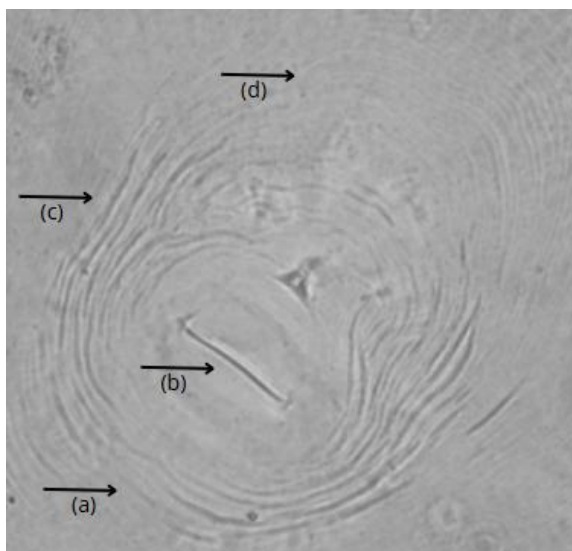


Figura 1 - Morfologia perineal de fêmeas de *M. enterolobii*: (a) estrias finas no arco ventral; (b) vulva; (c) estrias espessas; (d) estrias finas no arco dorsal.

Como característica morfológica complementar para a identificação da espécie, também foi analisada a região cefálica dos machos. De acordo com Almeida et al. (2008), essa estrutura representa um critério morfológico relevante para a distinção entre *M. enterolobii* e *M. incognita*. O nematoide identificado no presente estudo apresentou região labial lisa, disco labial não proeminente e lábios submedianos fundidos e pouco rebaixados (Figura 2), características que o diferenciam de *M. incognita*, cuja morfologia cefálica inclui estrias transversais na região labial e cápsula cefálica alta, larga e com disco labial côncavo.



Figura 2 - Região cefálica do macho de *M. enterolobii*: (a) armação cefálica.

No Brasil, o primeiro relato de *M. enterolobii* foi feito em 2001 (Carneiro et al., 2001), em goiabeira, na cidade de Petrolina (PE), Curaçá (BA) e Manicoba (BA). Posteriormente, foi registrada também em goiabeira em outros estados, no entanto, embora haja indícios de sua ocorrência em diferentes culturas, os estudos sobre a patogenicidade de *M. enterolobii* em

Physalis ainda são escassos, o que limita o conhecimento sobre os efeitos dessa espécie na cultura.

Com o avanço das técnicas de diagnóstico e a crescente complexidade taxonômica dentro do gênero *Meloidogyne*, tornou-se evidente a necessidade de abordagens integradas para a identificação precisa dessas espécies. Portanto, é recomendável usar sequências que foram confirmadas por uma abordagem polifásica, empregando múltiplas técnicas na identificação de nematoides, como estudos de gama de hospedeiros, morfologia, análise de isoenzimas e, especialmente, ferramentas moleculares, em qualquer análise envolvendo espécies do gênero (Trinh et al., 2023).

Dentro desse contexto, a eletroforese de isoenzimas, com destaque para os perfis de esterase, tem se mostrado uma ferramenta importante na distinção de espécies, inclusive aquelas consideradas atípicas ou anteriormente mal identificadas. Casos como os de *M. enterolobii* e *M. mayaguensis*, por exemplo, que foram sinonimizadas com base em estudos taxonômicos (Karssen et al., 2002; Hunt e Handoo, 2009), demonstram a utilidade desse método.

Na Figura 3, observa-se o perfil enzimático obtido após eletroforese em gel de poliacrilamida, utilizando extratos de fêmeas adultas dos nematoides coletados em campo. As amostras foram comparadas com o controle de referência *M. javanica*, identificado como fenótipo J3, posicionado nas extremidades do gel.

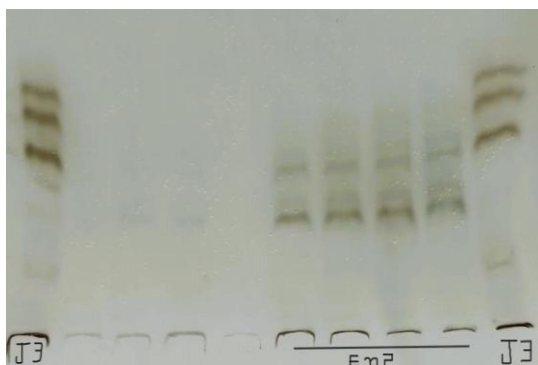


Figura 3 - Fenótipo isoenzimático de esterase EN2 de *M. enterolobii* com padrão J3 de *M. Javanica*.

O perfil de esterase foi típico de *M. enterolobii* (En2), com duas bandas principais muito evidentes (Rm: 0,6, 0,9) e duas bandas secundárias fracas, como também descrito em Carneiro et al. (2000), diferindo de *M. javanica* (J3), que é incluído nos géis eletroforese para determinar as distâncias de migração relativas (Dalmasso e Berge, 1978).

Resultado semelhante da presença dos fenótipos En2 *M. enterolobii* foram observados por De Barros et al. (2022) em análises de géis com fêmeas obtidas de raízes de algodão coletadas em junho de 2021 em São Desidério-BA, com duas bandas maiores (Rm: 0,7, 0,9) e

duas bandas secundárias (Rm: 0,75, 0,95).

Apesar da eficácia da análise de isoenzimas na identificação de espécies de *Meloidogyne*, sobretudo no caso de *M. enterolobii*, essa técnica apresenta limitações práticas, como a exigência de fêmeas adultas em bom estado, o que pode ser inviável em estágios iniciais de infecção ou em condições de amostragem restrita (Carneiro & Cofcewicz, 2008). Nesse contexto, os métodos moleculares, como a PCR com primers específicos, têm se mostrado ferramentas extremamente úteis para complementar o diagnóstico, fornecendo resultados rápidos, sensíveis e específicos, mesmo a partir de poucos indivíduos e em qualquer estágio de desenvolvimento (Randig et al., 2002; Long et al., 2006).

A fim de complementar os dados morfológicos e bioquímicos obtidos, foi realizada a caracterização molecular da espécie utilizando primers específicos. Essa abordagem tem se mostrado eficaz na identificação precisa de espécies de nematoides do gênero *Meloidogyne*, especialmente em casos em que há grande similaridade morfológica entre espécies. A amplificação por PCR resultou na formação de um único fragmento de aproximadamente 256 pb, característico da espécie (Figura 4).

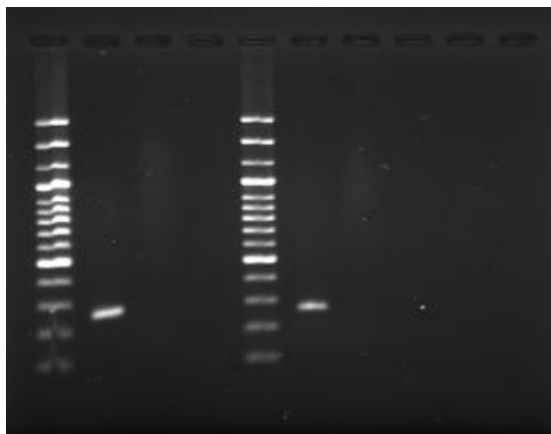


Figura 4 – Padrões de amplificação de PCR obtido a partir de primers específicos (Me-F e Me-R).

De acordo com Long et al. (2006), os primers Me-F/Me-R foram projetados com base em um alinhamento de sequências IGS2 que permite que *M. enterolobii* seja diferenciado de espécies intimamente relacionadas, como *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. hapla*. Além disso, outros estudos usaram esses primers para identificar e diferenciar *M. enterolobii* de outras espécies desse gênero em culturas de batata-doce (Gao et al. 2014), pimentões (Carrillo-Fasio et al. 2020), goiaba (Ghule et al. 2020), batata-doce (Jia et al. 2022) e pitaia (Long et al. 2022).

A identificação realizada através desses marcadores é simples, rápida e econômica, permitindo o processamento de um grande número de amostras ao mesmo tempo (Muniz et al.,

2008), favorecendo um diagnóstico preciso a partir de um único juvenil ou fêmea. Estes aspectos viabilizam a utilização da referida técnica em programas quarentenários ou para análise de juvenis de segundo estágio provenientes do solo (Randig et al., 2002; Randig et al., 2004; Hu et al., 2011; Kiewnick et al., 2013; Carneiro et al., 2016; Seesoo et al., 2017).

No presente estudo, o produto obtido com os primers específicos para *M. enterolobii* apresentou tamanho compatível com o reportado por Martínez et al. (2015), que também observou a amplificação de um fragmento de 256 pb em análises realizadas com populações do patógeno, associadas à cultura da melancia. Por outro lado, Tigano et al. (2010) relataram baixa variabilidade intraespecífica entre populações de *M. enterolobii*, utilizando primers SCAR (MK7F), com a amplificação de fragmento de 600 pb, o que reforça a confiabilidade desses marcadores na identificação da espécie.

Resultados semelhantes foram obtidos por Villar-Luna et al. (2016), ao estudarem a presença de *M. enterolobii* em espécies de pimenta. A análise molecular dos fragmentos amplificados (~236 pb), obtidos com os primers específicos Me-F/Me-R, revelou padrões compatíveis com os descritos por Long et al. (2006), que determinou a ocorrência e as espécies de nematoides das galhas infectando pitaias.

Dessa forma, os resultados obtidos por meio da análise molecular, aliados aos dados morfológicos e bioquímicos, confirmam a identidade do nematoide como *M. enterolobii*.

M. enterolobii é considerada uma das espécies de nematoides das galhas mais patogênicas, pois é capaz de se reproduzir e causar danos em muitas culturas economicamente importantes, incluindo cultivares com resistência às principais espécies de *Meloidogyne* (Hallmann e Kiewnick 2018; Koutsovoulos et al. 2020; Philbrick et al. 2020).

1.3.2 Avaliação de resistência em diferentes espécies de *Physalis* L.

A análise de variância revelou diferenças significativas entre as espécies de *Physalis* para todas as variáveis avaliadas, apresentando efeito altamente significativo ($p < 0,01$) da espécie sobre a massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR) e fator de reprodução (FR), com exceção do número de galhas (NG), que foi significativo apenas ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 2), indicando que a resposta ao parasitismo por *M. enterolobii* variou de acordo com o material genético avaliado.

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis massa fresca da parte aérea (MFPA), massa fresca da raiz (MFR), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR), de espécies de *Physalis* inoculadas com *M. enterolobii*.

FV	GL	MFPA (g)	MFR (g)	NG	FR
----	----	----------	---------	----	----

ESPÉCIE	3	18,70**	7,84**	4,2*	16,04**
erro	28	172,28	364,08	981,61	379,74
CV(%)		28,08	32,84	32,16	24,24

FV: Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Aos 30 dias após a inoculação com *M. enterolobii*, observou-se que todas as espécies de *Physalis* avaliadas foram classificadas como suscetíveis ao patógeno, de acordo com os critérios propostos por Oostenbrink (1966) (Figura 5). O tomate, utilizado como controle positivo, apresentou altos valores de fator de reprodução (FR), porém não diferiu estatisticamente da espécie *P. ixocarpa* quanto ao número de galhas (NG).

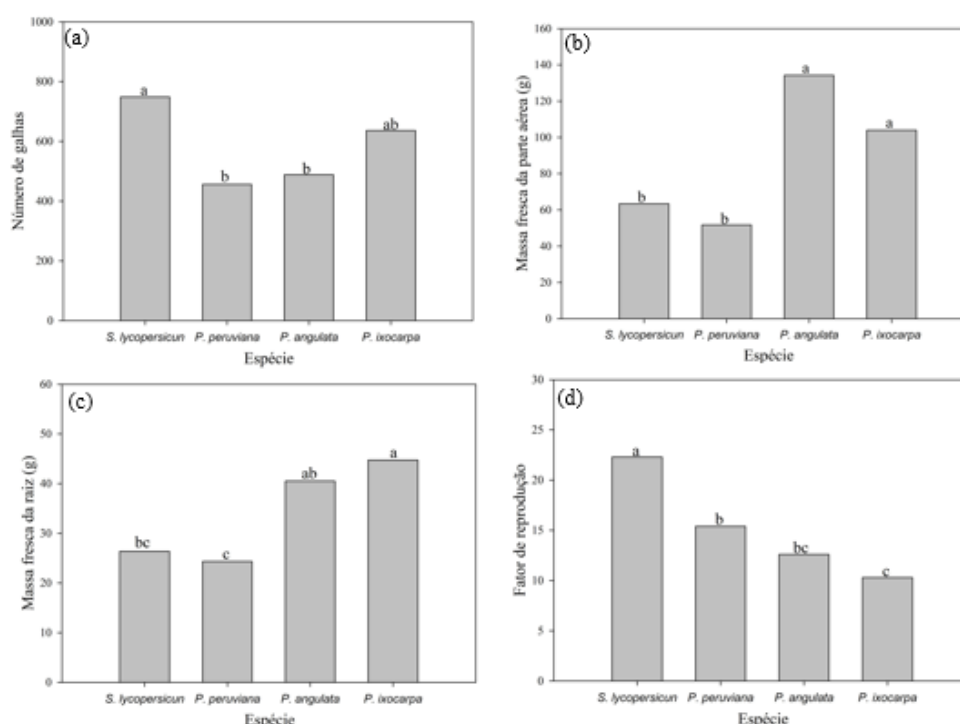


Figura 5. Reação das espécies de *Physalis* a *M. enterolobii* aos 30 dias após a inoculação em casa de vegetação: (a) número de galhas; (b) Massa fresca da parte aérea; (c) Massa fresca da raiz; (d) Fator de reprodução. As médias que compartilham as mesmas letras não apresentam diferenças significativas a 5% de significância.

Esse resultado evidencia que, embora *P. ixocarpa* apresente uma elevada formação de galhas, seu FR foi significativamente inferior ao do tomate, sugerindo que a quantidade de galhas nem sempre está diretamente relacionada ao sucesso reprodutivo do nematoide. Esse comportamento pode estar associado a mecanismos de defesa parcial da planta hospedeira, que permitem a penetração e indução de galhas, mas limitam a nutrição, o desenvolvimento ou a reprodução do patógeno. Assim, *P. ixocarpa* e *P. angulata* apresentaram menor suscetibilidade, sendo capazes de sustentar o parasitismo, mas com menor eficiência para o desenvolvimento

populacional do nematoide.

Esse comportamento pode ser considerado promissor para programas de manejo, uma vez que plantas que permitem menor reprodução do patógeno tendem a reduzir a pressão de inóculo no solo ao longo dos ciclos culturais.

Segundo Botas e Best (2018), a defesa das plantas contra patógenos, incluindo nematoides das galhas, resulta de um conjunto complexo de mecanismos interdependentes, que abrangem desde barreiras mecânicas e químicas até a rede de moléculas efetoras iniciais no sistema imunológico da planta. Entretanto, os mecanismos moleculares que determinam a suscetibilidade da *Physalis* aos nematoides ainda foram pouco investigados.

A análise da massa fresca da parte aérea (MFPA) revelou que *P. angulata* (134,25 g) e *P. ixocarpa* (104,00 g) apresentaram valores significativamente maiores em comparação ao tomateiro (63,37 g) e *P. peruviana* (51,75 g). Já na massa fresca da raiz (MFR), *P. ixocarpa* destacou-se com o maior valor (44,75 g), seguido por *P. angulata* (40,50 g), ambos superiores aos obtidos para o tomateiro (26,37 g) e *P. peruviana* (24,25 g).

O número de galhas (NG) foi mais elevado no tomateiro (748,37), diferindo significativamente das espécies de *Physalis*, exceto *P. ixocarpa*. Esta apresentou número de galhas (636,125) semelhante ao tomateiro, enquanto *P. angulata* (488,125) e *P. peruviana* (456,000) apresentaram menores médias.

Em relação ao fator de reprodução (FR), o tomateiro obteve o maior valor (22,3), seguido de *P. peruviana* (15,4) e *P. angulata* (12,6), enquanto *P. ixocarpa* apresentou o menor fator de reprodução (10,3), diferindo significativamente dos demais tratamentos, exceto *P. angulata*.

Esses resultados indicam que, embora todas tenham sido classificadas como suscetíveis, conforme os critérios de Oostenbrink (1966), houve diferenças importantes quanto à intensidade da infestação e aos impactos no desenvolvimento das plantas.

O tomateiro, utilizado como controle positivo, apresentou o maior número de galhas e o maior fator de reprodução, confirmando sua alta suscetibilidade ao patógeno e validando a eficiência do inóculo utilizado. Entre as espécies de *Physalis*, *P. ixocarpa* e *P. angulata* destacaram-se por apresentarem maior massa fresca da parte aérea e da raiz em comparação ao tomateiro e a *P. peruviana*. Essa maior biomassa pode estar relacionada às características intrínsecas de cada espécie, mas também pode indicar uma maior tolerância ao parasitismo, já que essas plantas mantiveram um desenvolvimento vegetativo mais vigoroso, mesmo sob infestação pelo nematoide.

Além disso, foi possível observar que espécies com maior massa radicular, como *P.*

ixocarpa e *P. angulata*, apresentaram menores fatores de reprodução, reforçando a hipótese de que maior vigor das raízes pode estar associado à menor eficiência do parasitismo de *M. enterolobii*. Por outro lado, *P. peruviana*, que apresentou menor massa fresca da parte aérea e radicular, foi também uma das que registrou maiores índices de reprodução do nematoide, indicando maior comprometimento fisiológico em decorrência da infecção.

Considerando os resultados obtidos neste estudo, constatou-se que as variáveis número de galhas, fator de reprodução e desenvolvimento das plantas são fundamentais para a determinação dos danos ocasionados por populações de *M. enterolobii* em espécies de *Physalis*.

Estudos nessa linha são de grande relevância, uma vez que ainda não existem materiais geneticamente resistentes de *Physalis* a espécies de *Meloidogyne*, o que limita sua utilização no campo ou como progenitores em programas de melhoramento. Assim, investigações futuras acerca da agressividade desse patógeno e de seus efeitos sobre as plantas, bem como a resposta de diferentes acessos ao patógeno poderão contribuir significativamente para a adoção de estratégias de manejo do nematoide das galhas na cultura.

CONCLUSÃO

Os resultados das análises morfológicas, bioquímicas e moleculares permitiram identificar *M. enterolobii* como o nematoide que estava infectando os cultivos *P. angulata* na UNEHF/UEFS em Feira de Santana-BA.

Todas as espécies de *Physalis* analisadas foram suscetíveis a *M. enterolobii*, mas apresentaram variações na intensidade dos sintomas. *P. ixocarpa* e *P. angulata*, mostraram menor susceptibilidade, refletida por um menor fator de reprodução.

Os resultados sugerem que a escolha de espécies com menor fator de reprodução e maior biomassa pode ser uma estratégia importante para o manejo do nematoide, especialmente em áreas infestadas.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, E. J.; SOARES, P. L. M.; SILVA, A. R.; SANTOS, J. M. Novos registros sobre *Meloidogyne mayaguensis* no Brasil e estudo morfológico comparativo com *M. incognita*. **Nematologia Brasileira**, v.32, p.236-241, 2008.
- ARAÚJO, F. F. de; MARCHESI, G. V. P. Uso de *Bacillus subtilis* no controle da meloidoginose e na promoção do crescimento do tomateiro. *Revista Ciência Rural*, Santa Maria, RS, v. 39, n. 5, p. p.1558-1561, ago. 2009.
- ARAUJO FILHO, J. V. D. Meloidoginoses da cultura do tabaco: identificação de espécies,

caracterização de isolados e reação de genótipos de *Nicotiana* spp. a *Meloidogyne enterolobii*. 2012. 156 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2012.

BALAH, M. A.; BALAH, A. M. Crescimento e características ecológicas de espécies invasoras de ervas daninhas *Physalis angulata* em várias comunidades invadidas. *Biologia*, v. 77, n. 2, p. 325–338, 2022.

BONETI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, v. 6, p. 533, 1981.

BOTAS, M.; BEST, A. A evolução das defesas constitutivas e induzidas a doenças infecciosas. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 2018.

CARRILLO-FASIO, J. A.; MARTÍNEZ-GALLARDO, J. A.; AYALA-TAFOYA, F.; LÓPEZ-ORONA, C. A.; ALLENDE-MOLAR, R.; RETES-MANJARREZ, J. E. Triagem de resistência a *Meloidogyne enterolobii* em raças locais de *Capsicum annuum* do México. *Plant Disease*, St. Paul, v. 104, p. 817-822, 2020.

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

CARNEIRO, R. M. D. G.; COFCEWICZ, E. T. The taxonomy of *Meloidogyne* spp. from coffee. In: SOUZA, R.M. (Ed.). *Plant parasitic nematodes of coffee*. New York: APS Press & Springer, 2008. p.87-122.

CARNEIRO, R. M. D. G.; COFCEWICZ, E. T. Identificação e caracterização de espécies de *Meloidogyne*. In: SIDDIQUI, Z. A. (Org.). *Nematoides fitoparasitas e seus microrganismos associados*. São Paulo: Springer, 2008. p. 259–290.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MONTEIRO, J. da M. dos S; SILVA, U. C.; GOMES, G. Gênero *Meloidogyne*: diagnose através de eletroforese de isoenzimas e marcadores SCAR. In: OLIVEIRA, C.M.G.; SANTOS, M.A.; CASTRO, L.H.S. *Diagnose de fitonematoides*. Campinas: Millennium Editora, 2016. Cap.3, p.47-72.

CHARCHAR, J. M.; FONSECA, M. E. N.; BOITEUX, L.S.; LIMA NETO, A. F. Ocorrência de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Estado do Tocantins. *Nematologia Brasileira*, Piracicaba, v. 33, n.2, p.182-186. 2009.

DA SILVA, J. C. P.; TERRA, W. C.; FREIRE, E. S.; CAMPOS, V. P. Aspectos gerais e manejo de *Meloidogyne enterolobii*. 2014.

DALMASSO, A.; BERGE, J. B. Molecular polymorphism and phylogenetic relationship in some *Meloidogyne* spp.: application to the taxonomy of *Meloidogyne*. *Journal of Nematology*, v.10, p.323–332, 1978.

DE BARROS SOUZA, C. F., GALBIERI, R., BELOT, J. L., NEGRI, B. F., PERINA, F. J., CARES, J. E., & CARNEIRO, R. M. D. G. Occurrence of a new race of *Meloidogyne enterolobii* and avirulent M. incognita populations parasitizing cotton in western Bahia state,

Brazil. **Physiological and Molecular Plant Pathology**, v. 121, p. 101874, 2022.

EISENBACK, J. D.; HUNT, D. J. General morphology. Root-knot Nematodes. Cambridge: CABI North America Office, p. 18-54, 2009.

EISENBACK, J. D.; HIRSCHMANN, H.; TRIANTAPHYLLOU, A. C.; SASSER, J. N. Morphological characterization of *Meloidogyne* spp. including a description of *Meloidogyne javanica* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae). *Journal of Nematology*, v. 11, p. 113–126, 1979.

ESBENESHAD, P. R.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Isozyme phenotypes for the identification of root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.). *Journal of Nematology*, v. 22, n. 4, p. 434–444, 1990.

FAZARI, A.; PALLOIX, A.; WANG, L. H.; HUA, M. Y.; SAGE-PALLOIX, A. M.; ZHANG, B. X.; DIJAN-CAPORALINO, C. The root-knot nematode resistance N-gene colocalizes in the Me-gene cluster on the pepper (*Capsicum annuum* L.) P9 chromosome. *Plant Breeding*. 131: 665-673, 2012.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v. 43, n. 6, p. 1030–1035, 2019.

FREITAS L. G.; OLIVEIRA, R. D. L.; FERRAZ, S. Introdução a Nematologia. Viçosa: Editora UFV, 2001. 84p

GAO, B.; WANG, R. Y.; CHEN, S. L.; LI, X. H.; MA, J. Primeiro relato do nematoide das galhas *Meloidogyne enterolobii* em batata-doce na China. *Plant Disease*, St. Paul, v. 98, p. 702, 2014.

GAMALELO, E.; GLICK, B. R. O uso de bactérias promotoras de crescimento de plantas para evitar danos causados por nematóides às plantas. *Biology (Basel)*, 2020.

GHULE, T. M.; PHANI, V.; SOMVANSI, V. S.; PATIL, M.; BHATTACHARYYA, S.; KHAN, M. R. Observações adicionais sobre *Meloidogyne enterolobii* (Nematoda: Meloidogynidae) infectando goiaba (*Psidium guajava*) na Índia. *Journal of Nematology*, St. Paul, v. 52, e2020–e2120, 2020.

GONZÁLEZ, J. M. P.; GARAY, Ó. J. A. GONZÁLEZ HERNÁNDEZ, V. A.; ORTIZ, C. M. F.; SALAZAR, A. C.; LAMELÍ, A. P.; PAZ, A. R.; SANTOS, G. de los. Calidad fisiológica, ácidos grasos y respiración en semillas de tomate de cáscara deterioradas artificialmente. **Revista de Fitotecnia**. Mexico. v. 33, n. 3, p.231 – 238, 2010.

HALLMANN, J.; KIEWNICK, S. Virulência de populações de *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne enterolobii* em genótipos de plantas cucurbitáceas e solanáceas resistentes. *Journal of Plant Diseases and Protection*, Stuttgart, v. 125, p. 415–424, 2018.

HU, M.X.; ZHUO, Z.; LIAO, J. L. Multiplex PCR for the simultaneous identification and detection of *Meloidogyne incognita*, *M. enterolobii* and *M. javanica* using DNA extracted directly from individual galls. *Phytopathology*, v.101, n.11, p.1270-1277, 2011.

HUNT, D. J.; HANDOO, Z. A. Taxonomy, identification and principal species. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (Eds.) Root-Knot Nematodes. Cambridge: CABI International, 2009. p.55-97

HUNT, D. J.; HANDOO, Z. A. Taxonomy, identification and principal species. Root-knot Nematodes. Cambridge: CABI North America Office, p. 55-97, 2009.

HUSSEY, R. S.; WILLIAMSON, V. M. Physiological and molecular aspects of nematode parasitism. *Plant and Nematode Interactions*, v. 36, p. 87-108, 1998.

JIA, L.; WU, H.; WANG, Y.; LI, H. Primeiro relatório do nematoide das galhas *Meloidogyne enterolobii* em batata-doce na província de Guangxi. *Plant Disease*, St. Paul, v. 106, p. 1308, 2022.

KANTOR, M.; THOMAS, W.; MCLEAN, M. R.; BLANCO, R.; ZERHOUNI, M.; DOWNS, C. A. Top ten most important US-regulated and emerging plant-parasitic nematodes. *Horticulturae*, v. 8, n. 3, p. 208, 2022.

KHAN, W.; BAKHT, J. Development of efficient and optimized protocol for rapid micropropagation of *Physalis ixocarpa*, a medicinal herb. *Pakistan Journal of Weed Science Research*, Pakistan, v. 21, n. 1, p. 81-90, 2015.

KHANAL, C.; ROBBINS, R. T.; FASKE, T. R.; SZALANSKI, A. L.; MCGAWLEY, E. C.; OVERSTREET, C. Identification and designation of *Meloidogyne* spp. haplotypes from Arkansas using molecular diagnostics. *Nematropica*, 2016.

KARSEN, G. The plant-parasitic nematode genus *Meloidogyne* Goldi, 1892 (Tylenchida) in Europe. Leiden: Brill Academic Publishers, 2002. 157 p

KIEWNICK, S.; WOLF, S.; WILLARETH, M. AND JUERG-ERNST FREY, J. E. Identification of the tropical root-knot nematode species *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* and *M. arenaria* using a multiplex PCR assay. *Nematology*, v.15, p.891-894, 2013.

KOUTSOVOULOS, G. D.; POULLET, M.; ELASHRY, A. *et al.* Montagem do genoma e anotação de *Meloidogyne enterolobii*, um nematoide partenogênico emergente das galhas. *Scientific Data*, London, v. 7, p. 324, 2020.

LIMA, C. S. M.; GONÇALVES, M. A.; TOMAZ, Z. F. P.; RUFATO, A. D. R.; FACHINELLO, J. C. Sistemas de tutoramento e épocas de transplante de *physalis*. *Ciência Rural*, v. 40, n. 12, p. 2472–2479, 2010.

LONG, H.; LIU, H.; XU, J. H. Development of a PCR diagnostic for the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii*. *Acta Phytopathologica Sinica*, v. 36, n. 2, p. 109-115, 2006.

LONG, H.; CHEN, Y.; PEI, Y.; LI, H.; SUN, Y.; FENG, T. Ocorrência e identificação de nematoides das galhas na fruta do dragão vermelho (*Hylocereus polyrhizus*) em Hainan, China. *Agronomy*, Basel, v. 12, p. 1064, 2022.

LORDELLO, L. G. E. Métodos gerais de controle. In: LORDELLO, L. G. E. *Nematoides das Plantas Cultivadas*. São Paulo: Nobel, 1984. p. 81-123.

- MARTÍNEZ, D. E.; COSTA, C. A.; GONZÁLEZ, J. F.; LÓPEZ, M. R. Molecular identification and characterization of *Meloidogyne enterolobii* in tomato crops. *Journal of Nematology*, v. 47, n. 4, p. 306–315, 2015.
- MUNIZ, Janaína; MARCHI, Thiago; COLDEBELLA, Milton César; RUFATO, Leo; KRETZSCHMAR, Aike Anneliese. Crescimento vegetativo e potencial produtivo de fisális. *Revista de Ciências Agroveterinárias*, Lages, v. 14, n. 1, p. 15–23, 2015.
- OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. *Mededelingen van de Landbouwhogeschool te Wageningen*, v. 66, n. 4, p. 1–46, 1966.
- PINHEIRO, J. B. Nematoides em hortaliças. Brasília – DF: Embrapa, 2017.
- PHILBRICK, A. N.; ADHIKARI, T. B.; LOUWS, F. J.; GORNY, A. M. *Meloidogyne enterolobii*, uma grande ameaça à produção de tomate: situação atual e perspectivas futuras para seu manejo. *Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 11, 2020.
- RAMÍREZ-SUÁREZ, A.; ROSAS-HERNÁNDEZ, L.; ALCASIO-RANGEL, S. AND POWERS, T. O. 2014. First report of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* parasitizing watermelon from Veracruz, Mexico. *Plant Dis.* 98:428.
- RAMMAH, A.; HIRSCHMANN, H. *Meloidogyne mayaguensis* n. sp. (Meloidogynidae), a Root-knot nematode from Puerto Rico. *Journal of Nematology*, v. 20, n.1, p.58-69. 1988.
- RANDIG, O.; BONGIOVANNI, M.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Genetic diversity of root-knot nematodes from Brazil and development of SCAR markers specific for the coffee-damaging species. *Genome*, v.45, p.862-870, 2002.
- RANDIG, O.; CARNEIRO, R.M.D.G.; CASTAGNONE-SERENO, P. Identificação das principais espécies de *Meloidogyne* parasitas do cafeeiro no Brasil com marcadores SCAR-CAFÉ em Multiplex-PCR. *Nematologia Brasileira*, v.28, p.1-10, 2004.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, v. 28, p. 331-338, 2006.
- ROMERO, B. M.; MACÍAS, C. M. G.; CARRILLO, F. A.; ROJAS, C. M.; HERNÁNDEZ, R. J. S.; DUARTE, O. J. de D. Identificação e distribuição de espécies de *Meloidogyne* em Baja California Sur, México. **Revista Mexicana de Ciências Agrícolas**, México, ME, v. 10, n. 2, p. 337–349, 2019. DOI: 10.29312/remexca.v10i2.1603.
- RUFATO, L.; MUNIZ, J.; KRETZSCHMAR, A. A.; RUFATO, A. R.; GATIBONI, L. C.; TANAN, T. T. Fenologia e caracterização de frutos de espécies de *Physalis* cultivadas no semiárido baiano. 2015. 58 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual de Feira de Santana, Feira de Santana, 2015.
- SEESSAO, Y. GAY, M.; MERLIN, S.; VISCOGLIOSI, E.; ALIOUAT-DENIS, C. M.; AUDEBERT, C. A review of methods for nematode identification. *Journal of Microbiological Methods*, v.138, p.37-49, 2017.

SILVA, D. F. da; PIO, R.; SOARES, J. D. R.; NOGUEIRA, P. V.; PECHE, P. M.; VILLA, F. The production of *Physalis* spp. seedlings grown under different colored shade nets. *Acta Scientiarum. Agronomy*, v. 38, n. 2, p. 257–263, 2016a.

SINGH, P. R.; GITONGA, D.; BERT, W.; GOMES, V. M.; SARASWATHI, S.; JONES, J. T.; PALOMA, A. I. C. A new root-knot nematode species, *Meloidogyne karsseni* n. sp. (Nematoda: Meloidogynidae), from Mexico and a taxonomic update on *M. paranaensis* from Guatemala. *Journal of Nematology*, v. 55, e2023-1, 2023.

STEHMANN, J. R.; KNAPP, S. *Physalis* in Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2025. Disponível em: <https://floradobrasil2020.jbrj.gov.br/FB14697>. Acesso em: 18 maio 2025.

TANAN, T. T.; NASCIMENTO, M. N.; LEITE, R. S. Produção e caracterização dos frutos de espécies de *Physalis* cultivadas no semiárido baiano. *Colloquium Agrariae*, v. 14, n. 3, p. 113–121, 2018.

TIGANO, M.S.; SIQUEIRA, K.; CASTAGNONE-SERENO, P.; MULET, K., QUEIROZ, P.; SANTOS, M.; TEIXEIRA, C.; ALMEIDA, M.; SILVA, J.; CARNEIRO, R.M.D.G. Genetic diversity of the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii* and development of a SCAR marker for this guava-damaging species. **Plant Pathology**, v.59, p.1054-1061, 2010.

TRUDGILL, D.L. Resistance to and tolerance of plant parasitic nematodes in plants. *Annu. Rev. Phytopathol.* v.29, p.167-192, 1991.

VILLAR-LUNA, E.; GOMÉZ-RODRIGUEZ, O.; ROJAS-MARTÍNEZ, R. I.; ZAVALATA-MEJÍA, E. Presence of *Meloidogyne enterolobii* on Jalapeño pepper (*Capsicum annuum* L.) in Sinaloa, Mexico. *Helminthologia*, v. 53, n. 2, p. 155, 2016.

YANG, B.; EISENBACK, J. D. *Meloidogyne enterolobii* n. sp. (Meloidogynidae), a root-knot nematode parasitizing pacara earpod tree in China. *Journal of Nematology*, v. 15, n. 3, p. 381–391, 1983.

YOUNG, T. W. An incubation method for collecting migratory endoparasitic nematodes. *Plant Disease Reporter*, Washington, v. 38, p. 794–795, 1954

CAPÍTULO II

RESISTÊNCIA DE ACESSOS DE *Physalis angulata* L. AO NEMATOIDE DAS GALHAS (*Meloidogyne enterolobii*)

RESUMO

Physalis angulata L., popularmente conhecida como camapu, balãozinho ou juá-de-capote, destaca-se pelo potencial medicinal e pelo crescente interesse no uso alimentar por comunidades tradicionais. Este estudo teve como objetivo avaliar a reação de diferentes acessos de *P. angulata* ao nematoide das galhas *Meloidogyne enterolobii*. Foram analisadas variáveis morfológicas (altura da planta, número de folhas e diâmetro do coleto), número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR) do nematoide em oito acessos oriundos de diferentes regiões do Brasil. O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com dez repetições, na área experimental de Agronomia da UEFS. Após o transplantio dos diferentes acessos para vasos de 8 L, realizou-se a inoculação do patógeno previamente identificado. As avaliações dos danos à parte aérea, baseadas na altura da planta, diâmetro do coleto e número de folhas, foram realizadas a cada dez dias. A análise de variância indicou diferenças significativas entre os acessos para as variáveis morfológicas. Os testes de correlação revelaram associações significativas entre as características morfológicas e os indicadores de resistência, exceto no acesso Pará. Três acessos foram classificados como suscetíveis (Bahia, Serra Preta e Pará) e cinco como resistentes (Rio de Janeiro, Espírito Santo, Anguera, Piauí e Pernambuco).

Palavras-chave: Camapu; Melhoramento genético vegetal; Variabilidade genética; Fitonematoide.

ABSTRACT

Physalis angulata L., popularly known as camapu, bolaszinho or juá-de-capote, stands out for its medicinal potential and for its growing interest in food use by traditional communities. This study aimed to evaluate the reaction of different accessions of *P. angulata* to the root-knot nematode *Meloidogyne enterolobii*. Morphological variables (plant height, number of leaves and stem diameter), number of galls (NG) and reproduction factor (RF) of the nematode were analyzed in eight accessions from different regions of Brazil. The experiment was conducted in a completely randomized design, with ten replicates, in the experimental area of Agronomy of UEFS. After transplanting the different accessions into 8 L pots, inoculation of the previously identified pathogen was performed. Assessments of damage to the aerial part, based on plant height, stem diameter and number of leaves, were performed every ten days. Analysis of variance indicated significant differences among the accessions for the morphological variables. Correlation tests revealed significant associations between morphological characteristics and resistance indicators, except for the Pará accession. Three accessions were classified as susceptible (Bahia, Serra Preta and Pará) and five as resistant (Rio de Janeiro, Espírito Santo, Anguera, Piauí and Pernambuco).

Keywords: Camapu; Plant breeding; Genetic variability; Phytonematode.

2.1 INTRODUÇÃO

Physalis angulata L., popularmente conhecida como camapu, balãozinho ou juá-de-capote, é uma espécie do gênero *Physalis* L. que se destaca pelo seu potencial medicinal, pelo crescente interesse no uso alimentar e pela ampla adaptabilidade a diferentes condições ecológicas (Krinski, 2013). É uma espécie nativa do Brasil (Lorenzi; Matos, 2008), no entanto, além das pesquisas desenvolvidas nos últimos anos, ainda é um recurso genético subexplorado.

A planta do *P. angulata* cresce de forma espontânea em áreas agrícolas, onde frequentemente é considerada uma planta daninha (Bennett; Prance, 2000). No Nordeste do Brasil, o camapu é utilizado na medicina popular no tratamento de enfermidades, incluindo reumatismo crônico, problemas renais, hepáticos e da bexiga, além de ser empregado como sedativo, antifebril, antiemético e no cuidado de doenças dermatológicas (Matos, 2000).

Nesse sentido, a espécie é caracterizada pela produção de fisalinas, compostos esteroidais e polioxigenados com importantes propriedades farmacológicas, incluindo ação imunomoduladora (Meng et al., 2019; Yen et al., 2019). Além disso, são relatados efeitos analgésico, diurético, anti-inflamatório e anti-histamínico, o que reforça seu uso tradicional na medicina popular (Gamero et al., 2022).

Assim, a planta vem sendo considerada uma alternativa promissora na fitoterapia, devido à sua capacidade de adaptação a diferentes solos e climas, o que a torna uma opção acessível e de baixo custo para uso em tratamentos naturais e complementares na medicina tradicional (Santiago et al., 2023).

Ademais, a espécie apresenta características fisiológicas que favorecem sua sobrevivência em ambientes adversos, como fechamento estomático em resposta ao déficit hídrico, inibição da expansão foliar e modificações na arquitetura radicular (Simontacchi et al., 2015). No Brasil, o cultivo da espécie é recente e ainda carece de recomendações agronômicas específicas, sendo comumente baseado em práticas da cultura do tomate cereja (Toupe, 2023).

Apesar do potencial produtivo, o cultivo de *P. angulata*, assim como outras culturas da família Solanaceae, enfrenta desafios relacionados a pragas e doenças. Dentre os principais patógenos, destacam-se os nematoides das galhas que comprometem o sistema radicular,

provocando galhas que dificultam a absorção e o transporte de água e nutrientes (Fonseca et al., 2018; Hamawaki, 2019).

Nos últimos anos, algumas espécies patogênicas tornaram-se importantes, como *Meloidogyne enterolobii*, considerada uma praga emergente devido aos graves danos causados a várias culturas, bem como sua alta taxa de reprodução e sua associação com outros microrganismos fitopatogênicos (Elling 2013; Lamelas et al. 2020). Esses parasitas comprometem a saúde das plantas ao causar danos diretos às raízes, resultando na redução do crescimento e da produtividade, o que acarreta prejuízos econômicos expressivos na agricultura e exige estratégias integradas de manejo (Haris, 2024).

Em experimentos conduzidos no Horto Florestal da Universidade Estadual de Feira de Santana (UEFS), foram observados sintomas de infestação por nematoides das galhas em plantas de *P. angulata*, com confirmação da presença de *M. enterolobii* através da identificação por meio de métodos morfológicos, bioquímicos e moleculares. Embora esse resultado indique a suscetibilidade da espécie ao patógeno, são necessários estudos adicionais com diferentes acessos de *P. angulata* visando à identificação de possíveis fontes de resistência. Até o momento, são escassos na literatura relatos sobre essa espécie de nematoide infectando *P. angulata*, o que torna este achado relevante para futuras investigações sobre resistência da planta.

Considerando o potencial econômico e medicinal de *P. angulata* e os danos causados pelos nematoides das galhas, este estudo teve como objetivo avaliar a resposta de diferentes acessos da espécie à infestação por *M. enterolobii*, com ênfase na identificação de genótipos resistentes que possam subsidiar programas de melhoramento genético e fortalecer o cultivo da cultura no Brasil.

2.2 METODOLOGIA

2.2.1 Local e condições experimentais

O experimento foi conduzido na Área Didática da Agronomia da Universidade Estadual de Feira de Santana, nas coordenadas geográficas 12°16'00"S e 38°58'00"W, com avaliações complementares realizadas no Laboratório de Genômica Funcional (LGF/UEFS).

2.2.2 Material genético vegetal

Como objeto de estudo, foram utilizados 8 acessos de *P. angulata* (Tabela 1), oriundos de diferentes estados (Bahia, Pernambuco, Rio de Janeiro, Piauí, Pará e Espírito Santo) da Coleção de Germoplasma do Laboratório de Genética Molecular (LAGEM/UEFS), com

sementes armazenadas em baixas temperatura e umidade.

Tabela 1: Local de coleta, origem e coordenadas geográficas dos acessos de *Physalis angulata* L. utilizados no estudo. A sigla de cada acesso corresponde à unidade federativa da coleta.

Nome do acesso	Local de coleta	Origem
SP	Serra Preta- BA	12° 2' 12.93"S e 39° 16' 8.69"O
PE	Itapetim-PE	7° 22' 39"S e 37° 11' 26" O
ANG	Anguera- BA	12° 09' 04"S e 39° 14' 47"O
BA	Feira de Santana- BA	12° 16' 24"S e 38° 57' 20"O
RJ	Rio de Janeiro- RJ	22° 54' 10"S e 43° 12' 27"O
PA	Ananindeua- PA	1° 22' 21"S e 48° 22' 32"O
ES	-----	-----
PI	Piauí- PI	5° 5' 21" S e 42° 48' 6"O

2.2.3 Obtenção de inóculo do nematoide

O inóculo de *M. enterolobii* foi obtido de plantas de *P. angulata* cultivadas na Unidade Experimental Horto Florestal (UNEH/UEFS), com sintomas típicos causados por *Meloidogyne spp.*, e multiplicadas em plantas de tomate (*Solanum lycopersicum* L.) devido à sua alta susceptibilidade. Para extração dos ovos foi utilizada a metodologia de Boneti & Ferraz (1981), onde as raízes foram lavadas e cortadas em pequenos pedaços e trituradas em liquidificador por 1 minuto com solução de hipoclorito de sódio a 0,5%, em água. A suspensão obtida foi vertida em peneira de 100 *mesh* acoplada sobre outra peneira de 500 *mesh*. O material retido na peneira de 500 *mesh* (pequenos fragmentos de raiz, nematoides e ovos) foi lavado e recolhidos em becker para realização da calibração em câmara de Peters, sob microscópio estereoscópico para posterior inoculação. As suspensões foram ajustadas de forma a se obter 1.000 ovos por mL, a serem depositados em três perfurações ao redor da planta, num total de 5.000 ovos por vaso.

2.2.4 Condução experimental

Para a condução experimental, as sementes dos oito acessos de *P. angulata* foram colocadas para germinar em placas de Petri, incubadas em BOD (*Biochemical Oxygen Demand*). Após cinco dias, as plântulas foram transplantadas para copos plásticos contendo substrato vegetal. Decorridos 30 dias, as mudas foram transferidas para vasos de 8 L contendo solo autoclavado e substrato vegetal na proporção de 2:1 (v/v). O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, com oito tratamentos e dez repetições (Figura 1). Cinco dias após o transplântio, cada vaso foi inoculado com 5.000 ovos de *M. enterolobii*.



Figura 1: Acessos de *P. angulata* inoculados com *M. enterolobii*.

Para avaliar a multiplicação do nematoide, foram inoculados 5.000 ovos por planta, retirados de plantas multiplicadoras de *S. lycopersicum*. Após 50 dias, as raízes foram extraídas e processadas pelo método de Boneti & Ferraz (1981), com o objetivo de determinar o número de ovos e calcular o fator de reprodução. Os acessos com $0 < FR < 1$ foram considerados resistentes, os com $FR \geq 1$, suscetíveis, e os com FR igual a zero, imunes (Oostenbrink, 1966).

Durante o desenvolvimento das plantas, foram realizadas cinco avaliações aos 10, 20, 30, 40 e 50 dias após o transplante (DAT), com mensuração da altura da planta, diâmetro do coleto e número de folhas, com o objetivo de monitorar o desenvolvimento morfológico dos acessos sob a interferência do nematoide. Ao final do ciclo experimental, aos 50 DAT, as raízes foram coletadas para quantificação do número de ovos e posterior cálculo do fator de reprodução (FR).

2.2.5 Análises estatísticas

Para a análise dos dados, utilizou-se os testes de Shapiro-Wilk e Bartlett para averiguar a normalidade e a homoscedasticidade desses, respectivamente. Uma vez que esses pressupostos mencionados foram atendidos, procedeu-se análise de variância (ANOVA) ($p \leq 0,05$), e quando foi constatada diferenças significativas entre as médias, essas foram agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). Adicionalmente, foi realizado o teste de correlação de Pearson, com o intuito de avaliar possíveis associações lineares entre as características morfológicas das plantas e as variáveis relacionadas à resistência radicular ao nematoide *M. enterolobii*.

2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados da análise de variância indicam um efeito altamente significativo da interação (ACESSO X TEMPO) para as variáveis altura da planta (ALT) e número de folhas (NF). Embora o diâmetro do coleto (DC) não tenha apresentado efeito significativo da interação dos fatores, essa variável apresentou diferenças significativa desses quando avaliados de maneira independente (Tabela 2).

Tabela 2. Resumo da análise de variância das variáveis altura (ALT), diâmetro do coleto (DC) e número de folhas (NF), de acessos de *P. angulata* inoculadas com *M. enterolobii*.

FV	GL	ALT	DC	NF
ACESSO	7	874,47**	41,00**	8218,72**
TEMPO	4	10493,86**	661,16**	90200,35**
A x T	28	3042,73**	4,94 ^{ns}	17,02**
CV(%)		31,20	23,92	58,70

FV: Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Analisando o desdobramento da interação dos acessos dentro de cada tempo (Tabela 3) para a variável ALT, observa-se que, aos 10 e 20 DAT, não houve diferenças significativas entre os acessos, indicando crescimento semelhante nesse estágio inicial. No entanto, a partir de 30 DAT, e de forma mais evidente aos 40 e 50 DAT, os acessos SP, BA, RJ e PE apresentaram médias de altura superiores em relação aos demais acessos, indicando que tanto a variabilidade genética dos acessos quanto o tempo de avaliação após a inoculação dos nematoides influenciaram na altura das plantas

Tabela 3. Desdobramento da interação do acesso dentro de cada tempo das plantas de *P. angulata* para as variáveis altura e número de folhas.

ALTURA DA PLANTA (cm)					
ACESSO	TEMPO				
	10 DAT	20 DAT	30 DAT	40 DAT	50 DAT
SP	9,64 aC	19,71 aB	27,57 aB	44,57 aA	51,28 aA
PE	7,78 aC	15,57 aB	23,14 aB	41,57 aA	44,42 aA
PA	6,50 aC	12,28 aC	20,14 bB	29,57 bA	34,28 bA
BA	7,92 aC	14,00 aC	26,28 aB	46,14 aA	49,00 aA
ES	5,85 aB	13,28 aB	18,00 bA	22,42 bA	25,57 bA
RJ	7,07 aC	14,85 aC	25,00 aB	39,00 aA	45,57 aA
ANG	5,14 aC	11,42 aC	18,00 bB	28,42 bA	33,00 bA
PI	6,14 aC	12,07 aC	19,71 bB	30,57 bA	31,28 bA

NÚMERO FOLHAS					
SP	12,57 aC	38,28 aB	61,42 aB	125,71 aA	135,71 aA
PE	10,57 aB	24,85 aB	40,71 aB	104,57 aA	112,42 aA
PA	10,28 aB	27,14 aB	42,57 aB	95,71 aA	122,00 aA
BA	10,71 aB	22,42 aB	41,00 aB	73,14 bA	78,57 bA
ES	8,42 aA	24,85 aA	37,57 aA	45,28 bA	53,00 bA

RJ	9,00 aC	33,71 aC	80,00 aB	123,42 aA	130,57 aA
ANG	6,85 aB	21,57 aB	32,71 aB	100,28 aA	116,42 aA
PI	6,85 aB	20,42 aB	38,14 aB	72,14 bA	56,57 bA

*Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e pela mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Nos tempos de avaliação de 10 e 20 DAT, todos os acessos apresentaram respostas semelhantes em relação à altura, indicando ausência de diferenças significativas no desenvolvimento inicial das plantas. No entanto, isso não significa que não houve interação com o patógeno nesse período.

De acordo com estudos realizados por Moritz et al. (2008), considerando o ciclo biológico de *Meloidogyne*, é provável que as juvenis de segundo estágio (J2) já tivessem penetrado nas raízes das plantas logo após a inoculação. Contudo, o parasitismo ainda não havia se estabelecido de forma suficiente para provocar alterações fisiológicas capazes de impactar significativamente o crescimento da parte aérea. Esse comportamento pode ser explicado pela necessidade de tempo para que os juvenis encontrem uma célula apropriada para estabelecer um local de alimentação e iniciar o parasitismo, afetando o desenvolvimento vegetal (Elling, 2013; Warmerdam et al., 2018).

Estudos sobre *M. incognita* revelaram que seu desenvolvimento embrionário é consideravelmente lento, levando cerca de 500 horas desde a primeira divisão celular até a eclosão, o que pode ser considerado uma característica intrínseca da espécie e não está necessariamente associado a efeitos adversos no crescimento das plantas nos estágios iniciais (Calderón-Urrea et al, 2016).

À medida que as avaliações avançaram para 30, 40 e 50 DAT, observaram-se variações significativas entre os acessos. Isso pode indicar que, com o aumento do período de inoculação dos nematoides, os acessos influenciados negativamente quanto à variável altura (ANG, PI, PA e ES) podem ser considerados mais susceptíveis ao ataque do patógeno, enquanto os acessos com melhor desenvolvimento da parte aérea (SP, BA, RJ e PE) mostraram menor impacto. Ou, ainda, essas diferenças estatísticas podem estar relacionadas a variabilidade genética dos acessos.

Considerando o desdobramento dos tempos dentro de cada acesso, todos os acessos apresentaram melhor desempenho em altura nos períodos de 40 e 50 DAT, com exceção do acesso ES, cujas maiores alturas foram observadas nos tempos de 30, 40 e 50 DAT. Esses resultados estão associados ao ciclo reprodutivo dos nematoides das galhas, geralmente entre 30 a 35 dias (Feyisa, 2022). Ao eclodirem e atingirem o estágio infectante (J2), esses nematoides infectam as raízes das plantas e estabelecem os chamados sítios de alimentação,

liberando substâncias esofagianas por meio do estilete. Isso causa hipertrofia e hiperplasia das células, interferindo no processo de absorção e translocação de nutrientes e água pelo sistema radicular e, posteriormente, levando a um menor desenvolvimento da parte aérea (Mitkowski; Abawi, 2003).

Dessa forma, as plantas que apresentaram menor na altura (ES, PI, ANG, e PA) provavelmente sofreram maior influência do parasitismo, enquanto as demais apresentaram menor interferência em seu crescimento na presença dos nematoides. Sintomas típicos do ataque de nematoides, como crescimento atrofiado, murchamento nas horas mais quentes do dia, folhas amareladas, nanismo e consequente redução da produção, são frequentemente observados em plantas infestadas por *M. enterolobii*. Essa espécie de nematoide é altamente patogênica, causando galhas extensas nas raízes e comprometendo a qualidade e quantidade da produção agrícola (Jia et al., 2022). A importância de se avaliar a variável altura da planta está intimamente ligada à classificação do acesso como tolerante ou susceptível ao parasitismo do patógeno, uma vez que é considerada um dos parâmetros de extrema relevância, pois está diretamente relacionada ao manejo da cultura (Braccini et al., 2004).

A análise do desdobramento da interação dos acessos dentro de cada tempo para a variável (NF), reforça a influência do fator genético de cada acesso e do intervalo de avaliação quando associado à inoculação dos nematoides no desenvolvimento das plantas. Nos períodos de 10, 20 e 30 dias após o transplante (DAT), o número de folhas das plantas manteve-se constante em cada acesso, sem diferenças significativas. Somente nas avaliações realizadas aos 40 e 50 DAT, os acessos SP, PE, PA, RJ e ANG apresentaram variações significativas, com um maior número de folhas. Isso sugere que essa variável foi influenciada pelo ataque dos nematoides, especialmente quando estes já estavam no final do ciclo reprodutivo.

Quanto ao desdobramento do tempo dentro de cada acesso, observou-se que a maioria dos acessos apresentou melhor desempenho nos períodos de 40 e 50 DAT, exceto para o acesso ES, que manteve alturas constantes em todos os tempos. Esse resultado mostra que as plantas podem responder de formas diferentes ao mesmo estresse, dependendo de suas características genéticas e das condições do ambiente.

Dessa forma, plantas suscetíveis à presença de *Meloidogyne* podem apresentar alterações morfológicas em decorrência da formação de células gigantes e hipertrofia de células parenquimáticas, provocando a obstrução parcial do xilema e a desorganização total do cilindro vascular. Tais mudanças anatômicas comprometem a eficácia do sistema radicular e consequentemente reduzem a absorção e transporte de água e nutrientes, com reflexos no crescimento e produção das plantas (Anwar; Javed, 2010; Westerich et al., 2012;

Premachandra; Gowen, 2015).

A análise de médias entre os acessos para a variável diâmetro do coleto (DC), mostrou que os acessos oriundos de SP, PE, BA e RJ, apresentaram os maiores valores médios, diferindo estatisticamente dos demais acessos, evidenciando, assim, uma expressiva variabilidade genética entre os materiais avaliados (Figura 2).

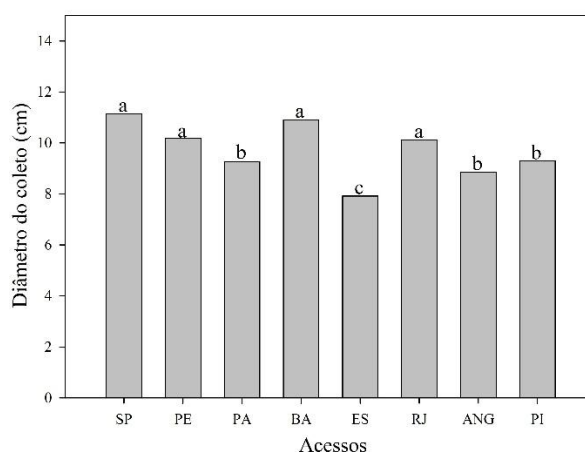


Figura 2. Média dos acessos das plantas de *P. angulata* para a variável diâmetro do coleto. As médias que compartilham as mesmas letras não apresentam diferenças significativas a 5% de significância.

Na avaliação dos tempos de crescimento (figura 3), o diâmetro do coleto apresentou valores significativamente superiores aos 40 e 50 DAT, evidenciando que, quanto maior o tempo de crescimento, maior tende a ser o diâmetro do colo, devido ao desenvolvimento esperado da planta.

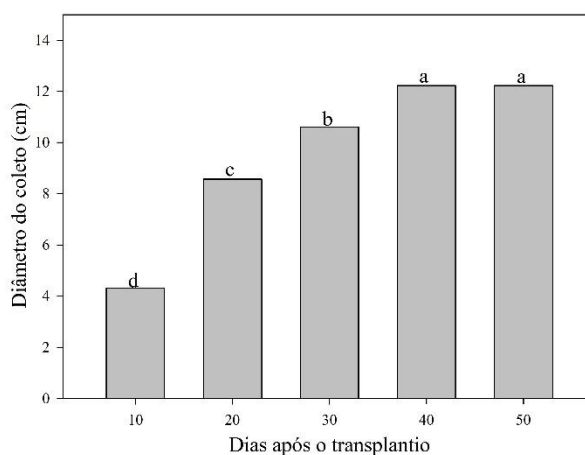


Figura 3. Média do diâmetro do coleto (DC) em função do tempo das plantas de *P. angulata*. As médias que compartilham as mesmas letras não apresentam diferenças significativas a 5% de significância.

Resultados contrários foram encontrados no trabalho de Santos et al., (2006) estudando a patogenicidade de *M. javanica* em alface em função do tamanho de células de bandeja e idade de transplante das mudas, onde as bandejas com células maiores conferiram vantagens à medida

que possibilitaram a obtenção de plantas com maior diâmetro do caule, quando elas não haviam sido inoculadas. De acordo com Santos (1995), o diâmetro do caule se correlaciona positivamente com o tamanho da planta e negativamente com a população final do nematoide, ou seja, plantas que apresentarem maior altura, vão apresentar maior diâmetro do caule, logo, menor índice de nematoides.

Quanto as avaliações fitossanitárias, a Tabela 4 mostra que não houve diferença significativa para a variável número de galhas (NG). No entanto, para a variável fator de reprodução (FR), houve diferença significativa entre os acessos.

Tabela 4. Resumo da análise de variância das variáveis número de galhas (NG) e fator de reprodução (FR), em acessos de *P. angulata* inoculadas com *M. enterolobii*.

FV	GL	NG	FR
ACESSO	7	8542,67 ^{ns}	0,46**
erro	48	10257,98	0,14
CV(%)		49,86	44,51

FV: Fontes de variação; GL – Grau de liberdade; **Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; *Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ^{ns}Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Para o fator de reprodução verificou-se que os os acessos PA, SP e BA apresentaram os maiores valores absolutos, enquanto os demais acessos PI, ANG, RJ, PE e ES apresentaram fator de reprodução abaixo de um e foram estatisticamente semelhantes entre si (Tabela 5). Nenhum dos acessos avaliados foi considerado imune, pois todos apresentaram fator de reprodução maior que zero.

Tabela 5. Reação dos acessos das plantas de *P. angulata* a *M. enterolobii* aos 45 dias após a inoculação em casa de vegetação considerando os critérios de Oostenbrink (1966).

ACESSO	NG	FR	REAÇÃO
PI	131,42 a	0,50 b	R
ANG	175,75 a	0,58 b	R
RJ	202,85 a	0,74 b	R
PE	206,85 a	0,77 b	R
ES	218,00 a	0,85 b	R
BA	219,28 a	1,04 a	S
SP	228,85 a	1,11 a	S
PA	241,85 a	1,22 a	S
CV %	49,86	44,51	

Observando a variável NG (Tabela 5), observou-se que quanto maior a quantidades de galhas na raiz, maior a produção de ovos. Estudos histológicos e moleculares têm investigado os mecanismos envolvidos na formação dessas galhas e na interação entre o nematoide e a planta hospedeira. Pesquisas realizadas por Baldacci-Cresp et al. (2020) mostram que galhas em Choupo (*Populus tremula* × *P. alba*) resultam da proliferação de tecidos do xilema e floema

para apoiar a alimentação do nematoide através das células gigantes. No entanto, Zanella et al. (2005), ao analisarem a quantidade de ovos e o número de galhas nas raízes, afirmam que não há uma relação direta entre esses dois fatores.

Essa divergência reforça a importância de realizar avaliações abrangentes sobre a resistência de materiais a nematoides, considerando o maior número possível de variáveis, a fim de evitar equívocos na interpretação dos resultados. Dessa forma, observa-se que o desenvolvimento de um maior número de galhas em um determinado acesso nem sempre resulta necessariamente em uma maior produção de ovos.

De acordo com Inomoto et al. (2007), a variável mais relevante na avaliação de resistência genética é o fator de reprodução (FR), pois apresenta maior validade ao refletir o comportamento do parasitismo nas plantas, representando o efeito da espécie na população do nematoide. Segundo a classificação proposta por Oostenbrink (1966), cultivares com $FR \leq 1,0$ são consideradas resistentes aos nematoides, enquanto aquelas com $FR \geq 1,0$ são classificadas como suscetíveis.

Neste estudo, verificou-se que, dos oito acessos avaliados, três se comportaram como suscetíveis (BA, SP e PA), apresentando um aumento na população inicial do nematoide. Os outros cinco acessos (PI, ANG, RJ, PE e ES) foram classificados como resistentes a *M. enterolobii*. Essas características de resistência são desejáveis em cultivares comerciais. No entanto, devido à escassez de estudos sobre a espécie, são necessários novos experimentos para validar esses resultados e confirmar a resistência desses acessos com maior precisão. É importante ressaltar que foi observada ação infectiva em todas as plantas, mesmo nos acessos classificados como resistentes, embora com valores significativamente reduzidos.

Resultado semelhante foi encontrado por Marques (2012), ao estudar a patogenicidade de *M. enterolobii* em diferentes espécies vegetais no estado do Rio de Janeiro. Nesse estudo, onde investigava-se a gama de hospedeiras de *M. enterolobii*, plantas de *P. angulata* foram inoculadas com população de *M. enterolobii* advinda de raízes de goiabeira (*Psidium guajava* L.) var. “Paluma”. Neste caso, o material genético estudado foi classificado como suscetível, com FR de 5,14.

No Capítulo 1, foi identificado um acesso de *P. angulata* proveniente do estado do Pará com fator de reprodução (FR) relativamente elevado (12,60), indicando suscetibilidade ao ataque de *M. enterolobii*. Esse mesmo acesso foi incluído nas análises do Capítulo 2, conduzidas sob diferentes condições experimentais, e apresentou um FR consideravelmente menor (1,22). Sua inclusão teve como objetivo servir de parâmetro de comparação entre diferentes genótipos da espécie, permitindo avaliar com mais precisão a amplitude de resposta

frente à infecção. A presença de um mesmo genótipo com comportamentos distintos entre os ensaios reforça a necessidade de considerar a variabilidade genética e ambiental envolvida.

Outras pesquisas também indicam que *P. angulata* pode ser hospedeira de diferentes espécies de nematoides. Mônaco et al. (2008) identificaram essa espécie como suscetível a *M. incognita* raça 1, *M. javanica* e *M. paranaensis*, apresentando fatores de reprodução de 2,2, 19,28 e 1,6, respectivamente.

De modo geral, os resultados obtidos neste estudo indicam que, embora alguns acessos de *P. angulata* tenham demonstrado suscetibilidade à infestação por *M. enterolobii*, os valores de fator de reprodução (FR) foram relativamente baixos quando comparados aos encontrados em outras espécies hospedeiras. Marques (2012), por exemplo, ao avaliar a resistência do tomateiro cv. TRural I, conhecido por ser um bom hospedeiro do patógeno, registrou um FR de 48,8.

Um diferencial relevante deste trabalho é que a população de *M. enterolobii* utilizada foi isolada a partir de plantas de *P. angulata*, ao contrário de outros estudos que se basearam em populações oriundas de culturas hortícolas convencionais, como tomateiro ou pimentão (Tzortzakakis; Blok, 2007). Essa característica confere maior relevância aos resultados, pois reflete de forma mais precisa a interação entre o patógeno e a cultura de interesse, contribuindo para a identificação de acessos com potencial resistência ao nematoide em questão.

No Brasil, informações sobre materiais de *P. angulata* com algum nível de resistência a nematoides das galhas, bem como sobre as perdas provocadas por esse patógeno, são escassas. Por essa razão, na maioria das vezes, a cultura é relacionada ao tomate, que, além de pertencer à mesma família botânica (*Solanaceae*), é frequentemente utilizado em experimentos como controle positivo para nematoides das galhas. O tomate já possui pesquisas consolidadas com relatos de prejuízos superiores a 65% em áreas infestadas pelo patógeno, superando outras espécies do gênero (Castagnone-Sereno, 2012; Castagnone-Sereno e Castillo, 2014).

Guimarães et al. (2003) testaram o parasitismo de *M. enterolobii* em diferentes espécies botânicas, incluindo os tomateiros ‘Santa Cruz’ e ‘Viradouro’ (este último portador do gene *Mi*), além do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) ‘IPA-9’ e do caupi (*Vigna unguiculata* L.) ‘IPA-206’. Todos os genótipos avaliados se comportaram como suscetíveis.

A capacidade de *M. enterolobii* de quebrar a resistência de plantas já resistentes a outras espécies do gênero *Meloidogyne* torna esse fitonematoide um dos mais preocupantes para a agricultura mundial (Bitencourt; Silva, 2010). Esse cenário reforça a necessidade de medidas imediatas para erradicação do parasita, uma vez que sua disseminação pode ser intensificada, como observado no Nordeste brasileiro, onde a propagação do nematoide tem sido associada

ao trânsito de mudas de goiabeira contaminadas (Da Silva, 2017).

Para avaliar a interação entre as variáveis morfológicas da planta, o número de galhas e o fator de reprodução, foi realizada uma análise de correlação. Os resultados indicaram que todos os acessos apresentaram correlação significativa com pelo menos uma variável, sugerindo relações entre as características morfológicas e a suscetibilidade ou resistência aos nematoides. No entanto, o acesso Pará não apresentou nenhuma correlação significativa, o que pode indicar uma resposta diferenciada desse acesso à infestação ou uma maior variabilidade interna nas características analisadas.

A análise de correlação revelou padrões distintos entre os acessos avaliados (Figura 4). Os acessos Bahia e Anguera apresentaram correlação positiva entre altura e número de folhas, indicando que plantas mais altas tendem a possuir um maior número de folhas. O acesso Piauí mostrou múltiplas correlações positivas, incluindo altura e diâmetro do coleto, altura e número de folhas, além de diâmetro do coleto e número de galhas, e número de folhas com fator de reprodução, evidenciando uma relação proporcional entre essas variáveis. O acesso Pernambuco apresentou correlação positiva entre número de folhas e diâmetro do coleto. Já o acesso Serra Preta demonstrou correlação entre diâmetro do coleto e fator de reprodução. No acesso Espírito Santo, observou-se correlação positiva entre diâmetro do coleto e altura, enquanto no Rio de Janeiro, a altura esteve positivamente correlacionada com o fator de reprodução.

No entanto, apesar de não apresentar nenhuma correlação entre as variáveis, o acesso Pará apresentou redução na altura, bem como fator de reprodução maior que 1, indicando um possível impacto negativo dos nematoides no seu desenvolvimento. Além disso, evidencia que a multiplicação do inóculo inicial e a incapacidade da planta de restringir a proliferação dos nematoides, sugerem que o acesso PA pode ser mais vulnerável aos danos causados por esses patógenos, afetando seu crescimento e vigor.

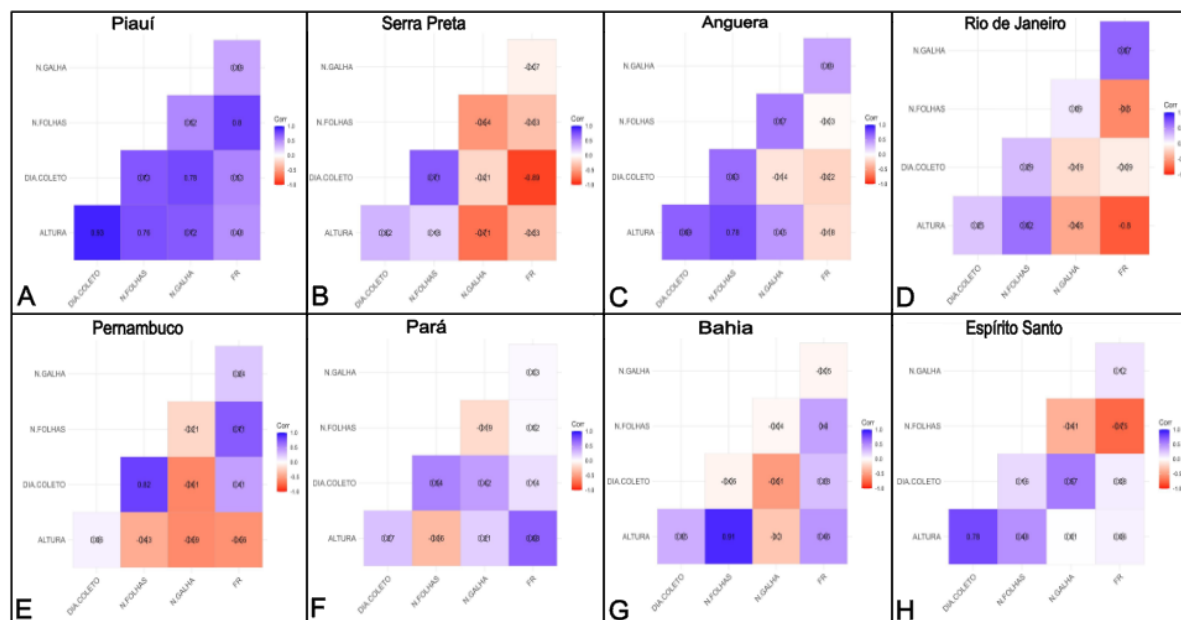


Figura 4. Correlações de Pearson para os acessos de *P. angulata*: (A) Piauí, (B) Serra Preta, (C) Anguera, (D) Rio de Janeiro, (E) Pernambuco, (F) Pará, (G) Bahia e (H) Espírito Santo. As variáveis analisadas foram: altura da planta (ALTURA), número de folhas (N.FOLHAS), número de galhas (N.GALHA), diâmetro do coleto (DIA.COLETO) e fator de reprodução do nematoide (FR). As cores representam a intensidade e direção da correlação (vermelho para correlações negativas e azul para correlações positivas), conforme escala ao lado de cada gráfico.

Esses resultados sugerem que características morfológicas específicas podem estar associadas à resposta da planta à infestação por nematoides, variando entre os diferentes acessos. Segundo Fonseca et al. (2003) as plantas que reagem ao processo de infecção dos nematoides podem apresentar alterações tanto de ordem anatômicas quanto fisiológicas e estes sintomas podem se repercutir desde às raízes até a parte aérea das plantas.

Diante desses resultados, observa-se que a diversidade genética presente nos acessos de *P. angulata* mantidos no banco de germoplasma da UEFS e utilizados em pesquisas no Horto Florestal pode ser um dos fatores determinantes para a resistência ou suscetibilidade das plantas ao nematoide das galhas. Isso se evidencia pela presença de acessos que demonstraram resistência ao patógeno, enquanto outros se mostraram suscetíveis.

Além disso, a procedência da maioria dos acessos cultivados ainda é desconhecida (Ligarreto et al., 2005), tornando essencial a avaliação do germoplasma para identificar aqueles com características agronomicamente desejáveis, como resistência a nematoides e maior produtividade, favorecendo o desenvolvimento de novos acessos para cultivo.

Sendo assim, para enriquecer a variabilidade genética da espécie e ampliar as possibilidades de uso do germoplasma, é fundamental realizar novos estudos de caracterização e coletas adicionais. Essas iniciativas contribuirão para a identificação de genótipos promissores e para o aprimoramento das estratégias de seleção e melhoramento genético da

espécie.

Conforme discutido no capítulo anterior, já foram observadas plantas de *P. angulata* cultivadas sob condições de campo apresentando sintomas de ataque por *M. enterolobii*, o que confirma a suscetibilidade da espécie ao parasitismo por nematoides das galhas. Diante desse cenário, torna-se evidente que, para viabilizar o cultivo comercial dessa espécie, é fundamental o desenvolvimento e a seleção de genótipos resistentes, considerando que a resistência genética representa uma das estratégias mais eficazes e ambientalmente seguras no manejo desses fitoparasitas.

4. CONCLUSÃO

O estudo demonstrou variabilidade significativa entre os acessos de *P. angulata* quanto às características morfológicas e à resposta ao parasitismo por *M. enterolobii*.

Dos oito acessos avaliados, três foram classificados como suscetíveis e cinco como resistentes, com base no fator de reprodução do nematoide.

Esses resultados indicam o potencial do germoplasma para uso em programas de melhoramento, visando à seleção de genótipos com maior tolerância e adaptabilidade ao cultivo em áreas infestadas.

REFERÊNCIAS

- ANWAR, S. A.; JAVED, N. Meloidogyne incognita infecting Dahlia. Pakistan Journal Zoology, v. 42, p.348-350, 2010.
- BAZALAR PEREDA, M. S.; NAZARENO, M. A.; VITURRO, C. I. Nutritional and Antioxidant Properties of Physalis peruviana L. Fruits from the Argentinean Northern Andean Region. Plant Foods Hum Nutr. 2019 Mar;74(1):68-75. doi: 10.1007/s11130-018-0702-1. PMID: 30471071.
- BOITEUX, L. S.; PINHEIRO, J. B.; FONSECA, M. (2019). Manejo de nematoides do gênero Meloidogyne no cultivo do tomateiro via resistência genética: avanços, obstáculos e perspectivas.
- BRACCINI, A. L.; MOTTA, I. S.; SCAPIM, C. A.; BRACCINI, M. C. L.; ÁVILA, M. R.; MESCHÉDE, D. K. Características agronômicas e rendimento de sementes de soja na semeadura realizada no período de safrinha. Bragantia, v. 63, n. 1, p. 81-92, 2004. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052004000100009>.
- CARNEIRO, R. G.; MÔNACO, M. P.; MORITZ, NAKAMURA, K. C.; SHERER, A. Identificação de Meloidogyne enterolobii em goiabeira e em plantas invasoras, em solo argiloso, no Estado do Paraná. Nematologia Brasileira, 30 (3): 293-298, 2006a .
- CAVALCANTE, J. K. G; MENDES, K. F; INOUE, M. H; DOS SANTOS, P. R. J; DA

SILVA FONSECA, A. P.; FRANCO, E. L. P. 2018. Eficácia e seletividade do metribuzin e diuron em pré-transplante do tomate sob diferentes coberturas vegetais. **Revista Brasileira de Herbicidas** 17: 615.

COSTA, M. G. S. Reação de maracujazeiros e figueiras ao nematoide das galhas. 2014. 69 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Proteção de Plantas), Universidade Estadual Paulista - UNESP, Botucatu - SP, 2014.

DE WAELE, D.; ELSSEN, A. Challenges in tropical plant nematology. *Annual Review of Phytopathology*. Palo Alto, v.45, p. 457-485, 2007.

FEYISA, B. (2022). Fatores associados à população de nematóides parasitas de plantas (PPN): uma revisão. *Vet. Anim. Sci.* 10 (2), 41–45. DOI: 10.11648/j.avs.20221002.15

FERREIRA, D. F. 2019. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split plot type designs. *Revista Brasileira de Biometria* 37(4):529-535.

FERRAZ, C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematoides. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Ed.). **Manual de fitopatologia**: princípios e conceitos. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 168-201.

FONSECA, H. S.; FERRAZ, L. C. C. B.; MACHADO. Caracterização do vacúolo de células gigantes induzidas por espécies de *Meloidogyne* em raízes de seringueira RRIM 600. *Nematologia Brasileira*, v. 27, p. 193-198, 2003.

FONSECA, W. L.; ALMEIDA, F. A.; LEITE, M. L. T.; OLIVEIRA, A. M.; PROCHNOW.; RAMOS, L. L.; RAMBO, T. P.; NETO, F. C.; PEREIRA, F. F.; CARVALHO, R. M. Influence of manipueira on *Meloidogyne javanicain* soybean. **Revista de Ciências Agrárias**. v. 41, p. 182-192. 2018.

GAMERO-VEGA, G.; LLANOS, M. O.; BAZALAR-PALACIOS, J. D. R.; JUÁREZ, C. A.; QUITRAL, V. Efectos terapéuticos del género *Physalis* L.: una revisión de la literatura. **Perspectivas en Nutrición Humana**, v. 24, n. 2, p. 247-265, 2022.

HAMAWAKI, O. T.; HAMAWAKI, R. L.; NOGUEIRA, A. P. O.; GLASENAPP, A. P.; HAMAWAKI, C. D. L.; SILVA, C. O. Avaliação de linhagens de melhoramento de soja para novas fontes de resistência a nematoides de galhas. **Ciência e Agrotecnologia**. Lavras. 2019.

INOMOTO, M.M.; MACHADO, A.C.Z.; ANTEDOMÊNICO, S.R. Reação de *Brachiaria* spp. e *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 32, n. 4, p. 341-344, 2007.

KRINSKI, D. *Physalis angulata* L.(Solanaceae): a potential host-plant of stink bugs *Edessa mediatubunda* F.(Hemiptera, Pentatomidae). **Biota Neotropica**, v. 13, p. 336-339,2013.

LIGARRETO, G. A.; LOBO, M.; CORREA, A. Recursos genéticos del género *Physalis* en Colombia. In: FISCHER, G. (Ed). *Avances en el cultivo, poscosecha y exportación de la uchuva (Physalis peruviana L.) en Colombia*. Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, 2005, p. 9-53.

LIMA, C. S. M.; SEVERO, J.; ANDRADE, S. B.; AFFONSO, L. B.; ROMBALDI, C.; RUFATO, A. R. 2013. Qualidade pós-colheita de physalis sob temperatura ambiente e refrigeração. **Rev. Ceres**. 60, 311–317.

LIMA, L. G. B.; MONTENEGRO, J.; ABREU, J. P.; SANTOS, M. C. B.; NASCIMENTO, T. P.; SANTOS, M. S.; FERREIRA, A. G.; CAMERON, L. C.; FERREIRA, M. S. L.; TEODORO, A. J. 2020. Metabolite pro-filing by UPLC-MSE, NMR, and antioxidant properties of Amazonian fruits: Mamey Apple (*Mammea americana*), Camapu (*Physalis angulata*), and Uxi (*Endopleura uchi*). **Molecules**. 25, 1–18.

MELO, A. P. C.; MARÇAL F, P.; SILVA-NETO, C. D. M.; SELEGUINI, A. (2017). Solanáceas em sistema orgânico no Brasil: tomate, batata e physalis. *Scientia Agropecuaria*, 8(3), 279-290.

MENG, Q.; FAN, J.; LIU, Z.; LI, X.; ZHANG, F.; ZHANG, Y.; SUN, Y.; LI, L.; LIU, X.; HUA, E. Cytotoxic Withanolides from the Whole Herb of *Physalis angulata* L. **Molecules**, v. 24, n. 8, p. 1608, 2019.

MITKOWSKI, N. A.; ABAWI, G. S. Root-knot nematodes. **The Plant Health Instructor**, 2003.

MÔNACO, A. P. D. A.; CARNEIRO, R. G.; KRANZ, W. M.; GOMES, J. C.; SCHERER, A.; NAKAMURA, K. C.; SANTIAGO, D. C. (2008). Reação de espécies de plantas daninhas a *Meloidogyne paranaensis*. **Nematologia Brasileira**, 32(4), 279-284.

MUNIZ, J.; MOLINA, A. R.; MUNIZ, J. *Physalis*: Panorama produtivo e econômico no Brasil. **Revista da Associação Brasileira de Horticultura**, vol 33, n. 2, Abril-Junho 2015.

OOSTENBRINK, M. 1966. Major characteristic of the relation between nematodes and plant. Mededelingen Landbouwhogeschool, Wageningen (Holanda), 46 p.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; SUINAGA, F. A. Manejo de nematoides na cultura do tomate. Brasília: Embrapa Hortaliças. p. 12. (Circular Técnica, 132), 2014.

PREMACHANDRA, D. W. T. S.; GOWEN, S. R. Influence of pre-plant densities of *Meloidogyne incognita* on growth and root infestation of spinach (*Spinacia oleracea* L.) (Amaranthaceae) – an important dimension towards enhancing crop production. *Future of Food: Journal on Food, Agriculture and Society*, v. 3, p. 18-26, 2015.

SANTA MARIA, S. M.; RUFATO, L.; RUFATO, A.; SCHLEMPER, C.; LIMA, C.; KRETZSCHMAR, A. (2008). Aspectos técnicos da cultura da physalis. **Pelotas: UFPel**. 2008.

SANTOS, H. S. Efeito de sistemas de manejo do solo e de métodos de plantio na produção da alface (*Lactuca sativa* L.) em abrigo com solo naturalmente infestado com *Meloidogyne javanica*. 1995. Tese (Doutorado)–Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1995.

SANTOS, H. S.; SCAPIM, C. A.; MACIEL, S. L.; VIDA, J. B.; DE FREITAS SCHWAN-ESTRADA, K. R.; BRANDÃO FILHO, J. U. T. (2006). Patogenicidade de *Meloidogyne javanica* em alface em função do tamanho de células de bandeja e idade de transplante das

mudas. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 28(2), 253-259.

SCHERER, A. Ocorrência e hospedabilidade de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeiras e em plantas de cobertura de solo do Paraná. 2009. 64f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2009.

SILVA, A. R. Fitonematóides na cultura da batata: reação de genótipos a *Meloidogyne* spp. distribuição de espécies e caracterização dos sintomas. Tese de Doutorado. 95 p. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias/Unesp. Jaboticabal, 2009.

SIMONTACCHI, M.; GALATRO, A.; RAMOS-ARTUSO, F.; SANTA-MARIA, G. E. Plant survival in a changing environment: the role of nitric oxide in plant responses to abiotic stress. **Frontiers in plant science**, v. 6, p. 977, 2015.

SOUZA, C. L. M.; SOUZA, M. O.; OLIVEIRA, R. S.; NASCIMENTO, M. N.; PELACANI, C. R. Biometric characteristics of fruits and physiological characterization of seeds of *Physalis* species (Solanaceae). *Brazilian Journal of Agricultural Sciences*, v. 12, n. 3, p. 277-282, 2017.

ROCKENBACH, II; RODRIGUES, E; CATANEO, C; GONZAGA, LV; LIMA, A; MANCINI-FILHO, J; FETT, R. 2009. Ácidos fenólicos e atividade antioxidante em fruto de *Physalis peruviana* L. *Alimentos e Nutrição Araraquara* 19: 271-276.

RUFATO, L.; MUNIZ, J.; KRETZSCMAR, A. A.; RUFATO, A. R.; GATIBONI, L. C. **Aspectos técnicos da cultura da *Physalis***. Lages: CAV/UEDESC; Pelotas: UFPel, 2008.100p.

TIHOHOD, D. Nematologia agrícola aplicada. 2. ed. Jaboticabal: FUNEP, 2000.

ZANELLA, C.S.; GAVASSONI, W.L.; BACCHI, L.M.A.; CARVALHO, F.C. Resistência de cultivares de algodoeiro ao nematoide das galhas. *Acta Scientia Agronomy*, v. 27, n. 4, p.655-659, 2005.

WESTERICH, J. N.; RODELLA, R. A.; ROSA, J. M. O.; WILCKEN S. R. S. Alterações anatômicas induzidas por *Meloidogyne enterolobii* (=M. mayaguensis) e *Meloidogyne javanica* em tomates resistentes a meloidoginose. *Summa Phytopatholyca*, v.38, p. 192-197. 2012.

WILCKEN, S. R. S.; CANTU, R. R.; ROSA, J. M. O.; GOTO, R. Reação de porta enxertos comerciais de tomateiro a *Meloidogyne mayaguensis*. XXVII CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, Goiania, Resumos, **Nematologia Brasileira** 31 (2):137, 2007.

YEN, P. H.; CUONG, L. C. V.; DAT, T. T. H.; THUY, D. T. Q.; HOA, D. T. N.; CUC, N. T.; YEN, D. T. H.; THAO, D. T.; ANH, H. L. T. Withanolides from the whole plant of *Physalis angulata* and their anti-inflammatory activities. **Vietnam Journal of Chemistry**, v. 57, n. 3, p. 334-338, 2019.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados obtidos neste estudo contribuem para o avanço do conhecimento sobre a

interação entre espécies do gênero *Physalis* e o nematoide das galhas *M. enterolobii*, um patógeno de grande importância agrícola. A confirmação da presença desse nematoide em *P. angulata* e a identificação de acessos com comportamento resistente evidenciam a necessidade e a viabilidade de estratégias de manejo baseadas na seleção de genótipos mais tolerantes.

Esses achados reforçam o papel da conservação e avaliação de germoplasma como ferramentas fundamentais para a sustentabilidade da cultura em regiões afetadas por fitonematoídeos. A valorização de espécies ainda pouco exploradas, como *P. angulata*, amplia significativamente as alternativas para a diversificação agrícola, ao mesmo tempo em que estreita o diálogo entre a produção científica e as necessidades práticas da agricultura familiar, sobretudo em sistemas agroecológicos.

Além disso, os acessos identificados como resistentes neste estudo constituem uma base promissora para programas de melhoramento genético, voltados à seleção de materiais mais adaptados às condições edafoclimáticas do semiárido. Essa abordagem pode contribuir para o desenvolvimento de sistemas produtivos mais sustentáveis, resilientes e alinhados às realidades socioambientais da região.