



**UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL
DE PERNAMBUCO**
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO



**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO
EM FITOPATOLOGIA**

Tese de Doutorado

**Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em áreas de cultivo de
cajazeira e reação de *Spondias* sp. à meloidoginose**

Marilene Fátima Lunardi

**Recife-PE
2022**

MARILENE FÁTIMA LUNARDI

**Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em áreas de cultivo de
cajazeira e reação de *Spondias* sp. à meloidoginose**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em
Fitopatologia da Universidade Federal Rural de
Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção
do título de Doutora em Fitopatologia.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Orientadora: Prof. Dra. Lilian Margarete Paes Guimarães

Coorientadora: Dra. Christiane Mendes Cassimiro Ramires

**RECIFE-PE
Janeiro-2022**

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

- L961o Lunardi, Marilene Fátima
 Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em áreas de cultivo de cajazeira e reação de *Spondias*
 sp. à meloidoginose /Marilene Fátima Lunardi. - 2022.
 78 f. : il.
- Orientadora: Lilian Margarete Paes Guimarães.
 Coorientadora: Christiane Mendes Cassimiro Ramires.
 Inclui referências.
- Tese (Doutorado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-
 Graduação em Fitopatologia, Recife, 2022.
1. Fitopatologia 2. Nematode-das-galhas. 3. *Spondias dulcis*. 4. *Spondias tuberosa*. 5.
 Spondias purpurea. I. Guimaraes, Lilian M P, orient. II. Ramires, Christiane Mendes Cassimiro,
 coorient. III. Título

CDD 632

Ocorrência de *Meloidogyne* spp. em áreas de cultivo de cajazeira e reação de *Spondias* sp. à meloidoginose

MARILENE FATIMA LUNARDI

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 20/01/2022

ORIENTADORA:

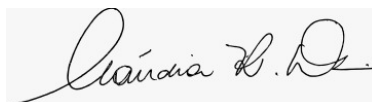
Documento assinado digitalmente
 LILIAN MARGARETE PAES GUIMARAES
Data: 15/02/2022 09:11:02-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dra. Lilian Margarete Paes Guimarães (PPGF/UFRPE)

EXAMINADORES:

Documento assinado digitalmente
 ANDREA CRISTINA BALTAR BARROS
Data: 18/02/2022 14:52:45-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dra. Andréa Cristina Baltar Barros (UNINASSAU/PE)



Prof. Dra. Cláudia Regina Dias-Arieira (UEM/PR)

Documento assinado digitalmente
 ELVIRA MARIA REGIS PEDROSA
Data: 16/02/2022 16:48:47-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa (PPGF/UFRPE)

Documento assinado digitalmente
 JONAS ALBERTO RIOS
Data: 17/02/2022 10:25:55-0300
Verifique em <https://verificador.iti.br>

Prof. Dr. Jonas Alberto Rios (PPGF/UFRPE)

RECIFE-PE
Janeiro – 2022

“Seria uma atitude ingênua
esperar que as classes dominantes
desenvolvessem uma forma de educação que
proporcionasse às classes dominadas perceber
as injustiças sociais de maneira crítica”.
(Paulo Freire)

A mim, que consegui me deixar lúcida nesse processo enlouquecedor.

A Núbia Michella Clementino da Silva, pelo incentivo, apoio e amor.

Aos Meus Pais Waldemiro Antônio Lunardi e Alice Maria Lunardi.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

Às boas energias do universo, que alguns chamam Deus, outros de Ganesha, Shiva, Xangô, Odudua, Tupã, Guaraci, Odim, Osiris, Enki, entre tantos outros. E eu acredito que é uma energia feminina, de tantos nomes: Durga, Lakshmi, Iemanjá, Nanã, Jaci, **Ceuci**, Frigg, Isis, **Inanna**, entre tantas outras. Agradeço a presença e proteção em minha vida.

A **Capes** pela concessão da bolsa de estudo.

À **Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE)**, por meio do Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia, pela oportunidade de realizar o curso de Doutorado e ao **corpo docente** pelos ensinamentos.

À **EMPAER** pela parceria e colaboração nos experimentos.

À minha orientadora **Prof^a. Dr^a. Lilian Margarete Paes Guimarães** pelos ensinamentos, orientação e aprendizado. À minha **Coorientadora Dr^a. Christiane Mendes Cassimiro Ramires** pelo incentivo e incansável desejo de ver essa pesquisa realizada;

Às amigas **Thais Vicente**, pela ajuda incansável nas análises estatísticas, e **Mariana David**, pela valiosa contribuição científica para o desenvolvimento deste trabalho. Sem a ajuda e a amizade de vocês nas horas mais difíceis, não teria conseguido, obrigada. Aos amig@s **Thayná F. de Moraes, Bruno Mendes, Rezanio M. Carvalho, Alain Denis de Souza, Alessandro G. da Silva, Daniel Henrique Feitosa e Silva**, obrigada por estarem presente nesse processo.

À toda a equipe do Laboratório de Fitonematologia, pela amizade e companheirismo nesses anos de convivência e pela contribuição para realização deste trabalho. Essa Tese, também é de vocês, afinal, sozinha não teria conseguido. Obrigada!

À minha família de Curitiba **Elaine Provenci de Barros, Eliana Provenci, Ana Teresa Napolini e Márcia dos Santos** pelo incentivo, mas principalmente por acreditarem que sou capaz. Ao Mestre (Muay Thai) **Eliton Acioly Garcia** e à amiga **Tereza Cristina Alves Bezerra**, sem vocês teria enlouquecido. Obrigada!

Aos meus gatos **Tom, Yang, Lexa e Grilo**, meus geradores de energia positiva e amor.

A **Ivis Andrei Campos e Silva** e **Fernanda Francine Miranda Braz** que chegaram aos quarenta e cinco minutos do segundo tempo e fizeram um gol de placa. Minha eterna gratidão.

Enfim, minha gratidão sincera a todas as pessoas que de alguma forma contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

RESUMO GERAL

GENERAL ABSTRACT

CAPÍTULO 1.....	10
1. - Importância da Fruticultura e das Fruteiras Tropicais.....	11
2. - Gênero <i>Spondias</i> spp.....	12
2.1 - Cajazeira	13
2.2 - Cajaraneira	14
2.3 - Umbuzeiro	14
2.4 - Cirigueleira	16
2.5 - Ubugueleira	16
2.6 - Ubu-cajazeira	17
3. - Fitonematoídes	18
4. - Nematóide das galhas	19
5. - Métodos de Identificação de Espécies de <i>Meloidogyne</i> spp.	20
6. - <i>Meloidogyne</i> × Fruteiras Perenes	21
7. - Referências Bibliográficas	23
Capítulo 2	30
Espécies de <i>Meloidogyne</i> associadas a <i>Spondias mombin</i> no nordeste do Brasil.....	31
Capítulo 3	38
Resposta de mudas de cajazeira, cajaraneira e umbuzeiro em relação ao parasitismo de <i>Meloidogyne</i> spp.....	39
Capítulo 4	62
Reação de mudas de umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira ao nematóide-das-galhas.....	63
Capítulo 5	77
Conclusões Gerais.....	78

RESUMO GERAL

O Brasil desponta no cenário mundial como um dos maiores produtores de frutas tropicais. No entanto, muitas espécies nativas e exóticas ainda são pouco exploradas, dentre elas, as que pertencem ao gênero *Spondias*. Por ainda estarem em processo de domesticação, são descobertos vários problemas fitossanitários que afetam principalmente a produção e comercialização das mudas, dentre eles os causados pelo nematoide das galhas. Existem poucos relatos da presença de *Meloidogyne* spp. e da identificação dessa espécie em áreas cultivadas e em mudas de fruteiras do gênero *Spondias*. Com o intuito de obter tais informações, foi realizado levantamento em sete áreas de cajazeira para identificação das espécies de *Meloidogyne*, também foi avaliada a reação de mudas de cajazeira, cajaraneira e umbuzeiro propagadas através do método sexual e mudas de umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira, propagadas por estaquia a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*. Os experimentos foram realizados em casa de vegetação na Estação Experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC), pertencente à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária – EMPAER/PB e no Departamento de Agronomia, Laboratório de Nematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). Utilizou-se o delineamento inteiramente casualizado em todos os experimentos. Nas áreas avaliadas, com cajazeira, tanto no Estado da Paraíba como em Pernambuco/Brasil, após ser realizada a identificação das espécies de nematoide-das-galhas com base em taxonomia integrativa, foi encontrado *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*, com predominância de *M. incognita* em todas as áreas. É o primeiro relato de *M. enterolobii* parasitando *S. mombin* no mundo. Na avaliação da reação das mudas propagadas pelo método sexual, a cajazeira ao ser inoculada com *M. javanica*, não apresentou multiplicação dos nematoides, nem muitas galhas, indicando imunidade, porém, foi suscetível a *M. enterolobii* e *M. incognita*. A cajaraneira apresentou resistência a *M. incognita* e *M. enterolobii*, e, suscetibilidade a *M. javanica*. O umbuzeiro apresentou grande número de galhas e multiplicação das três espécies de *Meloidogyne* inoculadas. Na avaliação das mudas propagadas por estaquia, a umbugueleira, a cirigueleira e a umbu-cajazeira apresentaram muitas galhas e multiplicação dos nematoides inoculados, denotando suscetibilidade.

Palavras-chave: Nematoide-das-galhas, *Spondias dulcis*, *Spondias tuberosa*, *Spondias* sp., *Spondias purpure*, Reação do hospedeiro

GENERAL ABSTRACT

Brazil emerges as one of the greatest producers of tropical fruits worldwide. However, several native and exotic species are still poorly studied, such as the ones belonging to the genus *Spondias*. As they are still under crop domestication, several phytosanitary issues, which mainly affect the production and marketing of seedlings, i.e. damages caused by root-knot nematodes, are being detected. There are few reports on the presence and species identification of *Meloidogyne* spp. in orchards and seedlings of *Spondias*. Aiming to obtain such information, a survey was carried out in seven hog plum areas for identification of occurring species of *Meloidogyne*; additionally, it was carried out an evaluation of host status of hog plum, Jew plum and Brazil plum seedlings (sexually propagated) and umbuguela, red mombin, and cajá-umbu seedlings (cutting propagation) to *M. incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii*. The experiments were performed in greenhouses at the Estação Experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC), from Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER/PB), and at the Nematology Laboratory at Department of Agronomy from the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE). A completely randomized design was used for all experiments. In the hog plum areas, after identifying occurring root-knot nematode species through integrative taxonomy, both in Paraíba and Pernambuco states/Brazil, *M. incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii* were found, with dominance of *M. incognita* in all areas. This is the first report of *M. enterolobii* parasitizing *S. mombin* in the world. Regarding the host status of sexually propagated seedlings, hog plum did not show multiplication of nematodes nor great number of galls after being inoculated with *M. javanica*, indicating immunity; however, it was susceptible to *M. enterolobii* and *M. incognita*. Jew plum showed resistance to *M. incognita* and *M. enterolobii*, and susceptibility to *M. javanica*. Brazil plum showed a great number of galls and multiplication of all three species of *Meloidogyne*. For the cutting propagated seedlings, umbuguela, red plum and cajá-umbu showed galls and multiplication, exhibiting susceptibility to all species. However, further studies are necessary to broaden our knowledge on the relation *Meloidogyne* × *Spondias*.

Key words: Root-knot nematodes, *Spondias dulcis*, *Spondias tuberosa*, *Spondias* sp., *Spondias purpurea*, host status

CAPÍTULO I

Introdução Geral

INTRODUÇÃO GERAL

1. Importância da Fruticultura e das Fruteiras Tropicais

Os últimos dois anos foram atípicos para a humanidade em virtude da pandemia do coronavírus (Covid-19) e de seu impacto causado em diferentes setores, inclusive à economia global. A despeito disso, o setor hortifruti brasileiro garantiu o abastecimento interno e preservou a oferta de alimentos para a população. A importância desse setor é refletida no grande contingente de pessoas que trabalham em pequenas áreas cultivadas, gerando emprego, renda e desenvolvimento para o agronegócio nacional (CARVALHO; KIST; BELING, 2019; KIST; CARVALHO; BELING, 2021).

Em 2018, o agronegócio correspondeu a 21% do Produto Interno Bruto (PIB) e a cada 100 empregos gerados, 38 vieram do setor agro. Assim, 13% dos trabalhadores estavam nesse setor (DUARTE, 2019). No ano de 2020, o PIB obteve alta em todos os setores do agronegócio, inclusive na agroindústria, segmento mais atingido pela pandemia. As variações no ano foram de 6,91% para os insumos, de 56,59% para o segmento primário, de 8,72% para a agroindústria e de 20,93% para os agrosserviços. Além disso, houve um surpreendente desempenho registrado, pelo ramo agrícola com alta de 24,2% e o pecuário, com alta de 24,56% (CEPEA/CNA, 2020).

O Brasil ocupa lugar importante entre os maiores produtores mundiais de frutas frescas, com área plantada de 2,6 milhões de hectares e produção de, mais ou menos, 42,6 milhões de toneladas ao ano (TREICHEL *et al.*, 2016). Entre janeiro e março de 2021, o país exportou 245,163 mil toneladas de frutas e superou o ano anterior, que teve a produção em 229,248 mil toneladas (KIST; CARVALHO; BELING, 2021). A extensa dimensão territorial brasileira, a posição geográfica, o solo, e, particularmente, as condições climáticas viabilizam a produção de frutas tropicais, subtropicais, temperadas e uma imensa variedade de frutas nativas, muitas delas ainda comercializadas apenas em âmbito regional, mas com bom potencial para utilização *in natura* e/ou industrializadas (TREICHEL *et al.*, 2016; KIST *et al.*, 2019).

Com 27% da produção nacional de frutas, a região Nordeste tem na fruticultura relevante papel social e econômico. O Semiárido nordestino, mesmo sofrendo com restrições hídricas, destaca-se na produção de frutas quando comparado com as regiões Sul e Sudeste por possuir condições de umidade relativa do ar, temperatura e luminosidade favoráveis ao cultivo (VIDAL; XIMENES, 2016). Os produtores dos estados do Rio Grande do Norte, Ceará, Pernambuco e Bahia, com uso de tecnologias modernas de irrigação, foram responsáveis por cerca de 70% das frutas exportadas no ano de 2019 (HORTIFRUTI, 2020).

O Brasil é o maior produtor de frutas tropicais do mundo. No entanto, quando se trata de frutas nativas/exóticas, essas são pouco exploradas e estão sujeitas à perda de germoplasma causada, principalmente, pela ação humana. Mesmo os fatores positivos para a produção como: valor econômico alto; grande potencial para a fruticultura nacional; muitas opções para aumentar o leque de exploração e condições ideais de clima e solo não tem sido atrativo (DANTAS *et al.*, 2009; COSTA; SPEHAR; SERENO, 2012).

Dentre as frutas tropicais produzidas no Brasil, destacam-se as do gênero *Spondias*: cajazeira, umbuzeiro, cajaraneira cirigueleira e umbu-cajazeira. A procura pelos frutos ocorre, em especial, por possuírem ótimas características tanto para consumo *in natura* como na forma processada (SACRAMENTO; SOUZA, 2008; COSTA; SPEHAR; SERENO, 2012).

2. Gênero *Spondias*

A família Anacardiaceae faz parte da ordem Sapindales e abrange 80 gêneros e 600 espécies majoritariamente Pantropicais. O Brasil acolhe, aproximadamente, 15 gêneros e 68 espécies pertencentes a três tribos diferentes: *Mangiferae*, *Spondiaceae* e *Rhodeae*). O gênero *Spondias*, está agrupada na subfamília Spondioideae, possui 18 espécies frutíferas nativas da América Tropical, Madagascar, Ásia e Brasil (MITCHELL; DALY, 2015; ROCHA *et al.*, 2015).

Nas regiões Nordeste e Norte do Brasil, essas fruteiras apresentam importância farmacêutica, ambiental, econômica e sociocultural. Dentre as espécies exóticas, a que se destaca é a *Spondias purpurea* L. (cirigueleira). Já entre as espécies nativas, sobressaem-se *Spondias tuberosa* Arr. Câmara (umbuzeiro), *S. mombin* L. (cajazeira) e *Spondias* sp. (umbucajazeira (ROMANO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014). Por estarem em processo de domesticação, a produção dessas espécies ocorre de maneira rudimentar e a exploração é feita de forma extrativista, coletando-se frutos de árvores que surgem naturalmente ou em pomares domésticos (ROMANO *et al.*, 2013; FONSECA *et al.*, 2017; CORADIN; CAMILLO; PAREYN, 2018).

Desde 1990, alguns pomares comerciais vêm sendo implantados. Nestes pomares, o umbuzeiro predomina, principalmente, nos estados da Bahia e no Norte de Minas Gerais, a cajazeira (taperebá) nas Regiões Norte, Nordeste e Centro-Oeste do Brasil, por sua vez a cajaraneira (cajamanga) (*Spondias dulcis* Parkinson ou *Spondias cythera* Parkinson) e a cirigueleira são cultivadas e consumidas nas regiões anteriormente citadas e na região Sudeste (SATURNINO *et al.*, 2019).

O aumento do cultivo dessas espécies, a partir de exploração sistemática, fará com que os pequenos produtores obtenham renda extra e tranquilidade nos períodos de longa estiagem (BATISTA *et al.*, 2015). Além disso, os frutos dessas espécies podem ser consumidos tanto *in natura* como processados, em forma de sucos, geleias, polpas, sorvetes etc., por meio de tecnologias relativamente simples (ROMANO *et al.*, 2013; SILVA *et al.*, 2014).

Mesmo essas espécies sendo utilizadas em âmbito comercial, poucos são os estudos referentes ao processo de domesticação das *Spondias*. Porém, existem algumas exceções, como a domesticação de *S. purpurea* (ciriguela) na Mesoamérica (MILLER; SCHAAAL, 2005; MILLER; KNOUFT, 2006; MILLER, 2008) e, no Brasil, de *S. tuberosa* (umbuzeiro) (LINS NETO *et al.*, 2010; LINS NETO *et al.*, 2011; LINS NETO *et al.*, 2013) e de *Spondias* sp. (umbucajazeira) (SANTANA *et al.*, 2011). Incipientes também são os conhecimentos à respeito de pragas e doenças que acometem esse gênero de plantas (SACRAMENTO; SOUZA, 2008a).

2.1 Cajazeira

A cajazeira é proveniente das florestas úmidas situadas ao norte da América do Sul (MITCHELL; DALY, 2015), encontrada nas regiões tropicais da América, África, Ásia (SACRAMENTO; SOUZA, 2000; JANICK; PAULL, 2006). No Brasil, aparece, de forma isolada e/ou em grupos, na Mata Atlântica e nas zonas úmidas dos estados do Nordeste, áreas possíveis de dispersão natural da espécie (SOUZA, 2008a). No Rio Grande do Norte, a cajazeira pode ser observada na faixa litorânea (SOUZA, 2008b), na Bahia, em áreas cacauzeira, na Paraíba, nas mesorregiões do Litoral e Agreste, convivendo com a vegetação nativa, sendo uma planta eventual em pomares de sítios e fazendas (BOSCO *et al.*, 2000; SACRAMENTO *et al.*, 2008).

A cajazeira tem boa adaptação ao clima quente e subúmido, resiste a períodos de seca prolongados graças a presença e ao acúmulo de fotoassimilados e reservas nutritivas no caule e raízes (SACRAMENTO; SOUZA, 2008a). Nos solos neutros, ligeiramente alcalinos e ricos em nutrientes, como nos solos aluviais, a espécie adapta-se com facilidade (SILVA; JESUS; SILVA, 2006). Desenvolve-se tanto em solos profundos como nos superficiais (afloramentos rochosos) (JUSTINIANO; FREDERICKSEN; NASH, 2001).

A árvore da cajazeira pode alcançar de 20 a 30 m de altura, apresenta tronco ereto, casca acinzentada ou esbranquiçada, rugosa e/ou muito grossa, o diâmetro da copa oscila entre 8 e 24 m (MITCHELL; DALY, 2015). As folhas são compostas, alternas, imparipinadas (BRAGA, 1960) e nas regiões de clima com estação seca, aparecem como caducifólias (VILLACHICA,

1996). A semente é claviforme a reniforme e o embrião é axial, com cotilédones planos e carnosos (CARDOSO, 1992).

Os frutos possuem drupa com endocarpo lignificado, envolto por uma parte comestível (LOZANO, 1986b; VILLACHICA, 1996), nukulânio, com mesocarpo carnoso, amarelo, sabor agridoce. Também apresentam carotenoides, açúcares, vitaminas A e C, a massa varia entre 9,25 e 21,9 g (BARROSO *et al.*, 2004), com forma ovoide ou oblongo (SACRAMENTO; SOUZA, 2000).

A propagação da cajazeira pode ser pelo método sexuado (por sementes) e assexuado (vegetativo) (CARVALHO *et al.*, 2002; SOUZA; COSTA, 2010). A diferença entre esses dois métodos, é que no sexual, a polinização cruzada origina plantas heterozigóticas com variabilidade genética. No assexual, são utilizados os propágulos (estacas, garfos, gemas, explantes), compostos por células somáticas. Neste último, a regeneração das novas plantas acontece por mecanismos de divisão e diferenciação celular sem variabilidade genética – são clones (HARTMANN *et al.*, 2002; SOUZA; COSTA, 2010).

2.2 Cajaraneira

A cajaraneira ou cajá-manga é nativa do continente Asiático. Presente nas Ilhas da Sociedade no Pacífico Sul, Oceania, especificamente Malásia e Polinésia. A planta foi introduzida na Jamaica a partir do Pacífico Sul, em 1978, e cultivada em pomares domésticos em todo os neotrópicos úmidos. No Brasil, sua disseminação ocorre principalmente nos estados do Nordeste (MARTINS; MELO, 2004; GOMES, 2007; MITCHELL; DALY, 2015). Na Paraíba, há relatos de sua existência em alguns municípios da Zona da Mata, Brejo e Sertão (SACRAMENTO; SOUZA, 2009).

A árvore adulta da cajaraneira atinge até 20 m de altura e seu fruto é uma drupa elipsoide, de formato cilíndrico, com 6 a 10 cm de comprimento e diâmetro de 5 a 9 cm. O peso do fruto pode chegar a 380 g, sua é casca amarelo-ouro ou pardacenta com boa aparência. Quando maduro, o fruto possui polpa agridoce a ácida com endocarpo revestido por espinhos irregulares (SOUZA, 1998; MARTINS; MELO, 2004). A propagação da espécie é feita tanto pelo método sexuado (por sementes) como pelo assexuado (vegetativo) (SOUZA, 1998; SOUZA; COSTA, 2010).

2.3 Umbuzeiro

Nativo do Semiárido brasileiro, o umbuzeiro é uma árvore endêmica, típica da Caatinga (NEVES; CARVALHO, 2005; MITCHELL; DALY, 2015, KIILL *et al.*, 2016). Ela é

encontrada no Cariri paraibano; no planalto sobre a serra da Borborema; nas Serras do Seridó norte-rio-grandense; no agreste piauiense; no norte do Estado de Minas Gerais e nas caatingas baianas alagoanas e pernambucanas. Nessas áreas, o crescimento é espontâneo e concentrado (NEVES; CARVALHO, 2005).

Por ser uma planta nativa do Semiárido brasileiro, uma das regiões mais secas do país, com precipitação anual média ou inferior a 800 mm, causando temperaturas elevadas e deficiência hídrica, o umbuzeiro tem vários mecanismos para economizar água. Dentre eles, destacam-se o controle rígido da perda de água provocado pelo fechamento dos estômatos nas horas mais quentes do dia e a presença de xilopódios (AIDAR; ARAUJO; CHAVES, 2013).

O umbuzeiro tem um ciclo de vida longo, chegando a 100 anos (EPSTEIN, 1998) e seu extrativismo tem grande importância para as populações rurais do Semiárido nordestino (CAVALCANTI, 2008). Possui porte pequeno (4 a 6 metros de altura), tronco curto e atrofiado, superfície irregular e diâmetro de copa de 10 a 15 m (MITCHELL; DALY, 2015; KIILL *et al.*, 2016). Suas folhas apresentam pecíolos, alternas, imparipinadas, com comprimento que varia de 2-4 cm e a largura entre 2-3 cm, suas margens podem ser serrilhadas ou inteiramente lisas (GOMES, 1990; NEVES; CARVALHO, 2005; LIMA FILHO, 2011; MITCHELL; DALY, 2015).

A semente é de tamanho variado, com endocarpo (caroço) bastante resistente, com orifícios para penetração de água e saída do eixo embrionário e dos cotilédones (MENDES, 1990; NEVES; CARVALHO, 2005; LIMA FILHO, 2011). Os frutos do umbuzeiro, quando maduros, apresentam coloração amarela-esverdeada, pericarpo coriáceo e polpa muito succulenta (LIMA FILHO, 2011). Além disso, apresenta grande variedade de formas e tamanhos, com peso médio de 18,4 g, sendo que 22% do seu peso total corresponde à casca, 68% à polpa e 10% à semente. Tais frutos contêm aproximadamente 50 a 100 g de polpa e são ricos em vitamina C (BATISTA *et al.*, 2015).

A propagação dos frutos é feita tanto por meio das sementes (método sexual), como por estaquia, alporquia e enxertia (método assexual) (FONSECA, 2010; FONSECA *et al.*, 2017). A propagação pelo método sexual não é a comercialmente recomendada, porque plantas de pé-franco são geneticamente desuniformes e exibem um período juvenil bastante longo. Para entrarem em produção, podem demorar até 10 anos e alternar safras de maior e menor qualidade. As mudas, quando produzidas por estacas, apresentam o problema de não gerar ou gerar muito tarde os xilopódios, comprometendo o desenvolvimento da planta nos períodos de seca. A alternativa é utilizar um porta-enxerto oriundo de semente, empregando a técnica de

enxertia de garfagem de topo em fenda cheia (LIMA FILHO, 2009; FONSECA, 2010; SOUZA; COSTA, 2010).

2.4 Cirigueleira

A cirigueleira tem provável origem no México e América Central (MITCHELL; DALY, 2015; MARTÍNEZ *et al.*, 1999). A espécie está espalhada nos países da América Tropical, incluindo o Brasil, onde se concentra-se nas regiões do Sudeste, Norte e Nordeste, em pomares extrativistas no Semiárido do Agreste e Sertão Nordestino, Zona da Mata e Litoral (LIRA JUNIOR *et al.*, 2010; LIRA JUNIOR *et al.*, 2014).

A planta raramente atinge 7 m de altura. Seus galhos e ramos desenvolvem-se rente à superfície do solo. As flores apresentam os dois verticilos formando frutos isolados ou em cachos. Os frutos têm forma de drupa elipsoidal, e quando maduros possuem cor amarelada e/ou avermelhada, com comprimento de 2,5 a 5 cm (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010; LIRA JUNIOR, 2014; ASTUDILLO *et al.*, 2016). O endocarpo é súbero-lenhoso, estéril e não possui embrião. A polpa é doce, de aroma agradável e característico (LIRA JÚNIOR *et al.*, 2010; FONSECA *et al.*, 2017).

A cirigueleira se adapta melhor em solos bem drenados, zonas áridas e com altitude de 1000 a 1800 m. No entanto, as populações espontâneas crescem em regiões semiáridas subtropicais, com altitudes de 0 a 2000 m (MARTÍNEZ *et al.*, 1999; SACRAMENTO; SOUZA, 2000), e precipitação acima de 800 mm. Em áreas com precipitação menor que 500 mm, essa espécie necessita de porta-enxerto de umbuzeiro para produzir (ARAÚJO *et al.*, 2006).

Como se trata de uma planta alógama, eventualmente, a cirigueleira apresenta sementes em seus caroços, dessa maneira a propagação ocorre por ação antrópica apenas na forma vegetativa de estacas (com 30 a 50 cm de comprimento e 7 a 12 cm de diâmetro) ou por alporquia (FIGUEIREDO *et al.*, 2006; SOUZA; COSTA, 2010). Para ser cultivada, é necessário clones selecionados que contenham características agrônômicas desejáveis, sejam adaptados e fenotipicamente estáveis (LIRA JUNIOR, 2014). Entretanto, as informações técnicas na literatura sobre os diferentes tipos de genótipos dessa espécie são mínimas, devido ao fato de que na natureza a *S. purpurea* cresce em áreas de difícil acesso e seu cultivo é de maneira informal em jardins e pequenos pomares (ASTUDILLO *et al.*, 2016).

2.5 Umbugueleira

A origem da umbugueira (*Spondias* sp.) ainda gera polêmica e questionamentos entre pesquisadores. Provavelmente ela é um híbrido natural formado pela união entre o umbuzeiro (*S. tuberosa*) e cirigueira (*S. purpurea*). Sua, provável, origem aconteceu na cidade de Santa Isabel, Estado da Paraíba e no município de Tururu, Ceará (DANTAS *et al.*, 2016). Todavia, em estudo realizado por Santos e Oliveira (2008), sobre inter-relações entre espécies do gênero *Spondias*, os autores propuseram que há a possibilidade de a umbugueira ser uma espécie híbrida entre o umbuzeiro e a cajazeira (*S. mombin*), pois há similaridade molecular de 60 % entre essas espécies (BATISTA *et al.*, 2015).

A planta adulta pode atingir até 7 m de altura, sendo muito parecida com a umbucajazeira. Em relação às características morfológicas das folhas, é possível observar abundante variabilidade fenotípica. As flores encontram-se reunidas em inflorescências terminais, do tipo panícula (SOUZA, 1998; KIILL *et al.*, 2016). Seus frutos são tipo drupa, pequenas e arredondadas, com forma parecidas àquelas das sementes do umbuzeiro. Os caroços não possuem sementes, e quando raramente ocorrem, são estéreis (SOUZA; COSTA, 2010). Os frutos maduros têm coloração avermelhada, com polpa amarela e sabor parecido com os frutos da cirigueira (KIILL *et al.*, 2016).

Pelo fato de ser um híbrido, a propagação da umbugueira ocorre apenas de forma vegetativa por meio de estacas, enxertia ou alporquia (SOUZA; COSTA, 2010). Na produção de mudas ou porta-enxertos por estaquia, recomenda-se retirar as estacas somente dos ramos de árvores adultas, sadias, que tenham boa produção e no final do repouso vegetativo (SOUZA; COSTA, 2010; ARAUJO *et al.*, 2016). Para que o cultivo dessa espécie seja viabilizado, utiliza-se porta-enxerto de umbuzeiro. No entanto, são necessários mais estudos para que se possa entender a biologia floral e os aspectos reprodutivos e, consequentemente, elucidar as relações filogenéticas que irão possibilitar formar novos indivíduos por meio de polinização cruzada (KIILL *et al.*, 2016).

2.6 Umbu-cajazeira

A umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) é a união dos nomes do umbuzeiro (*S. tuberosa*) e cajazeira (*S. mombin*), sendo um provável híbrido natural dessas duas espécies (SANTOS; OLIVEIRA, 2008; KIILL *et al.*, 2016). É nativa da região semiárida do Nordeste brasileiro e, encontrada em todos os estados, especialmente nos ecossistemas de transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga (MAMEDE, *et al.*, 2013). Existem, pelo menos, dois táxons diferentes de umbu-cajazeira: um do Norte, com centro de diversidade nos estados do Ceará, Paraíba e

Rio Grande do Norte, outro do Sul, no estado da Bahia (SOUZA; PORTO FILHO; MENDES, 2020).

Assim como os outros híbridos desse gênero, a umbucajazeira apresenta bom desenvolvimento em áreas com precipitação de chuvas acima de 800 mm. Em áreas com precipitações pluviométricas abaixo de 500 mm, é necessário a utilização de porta-enxerto de umbuzeiro para sua produção (ARAUJO *et al.*, 2006; SOUZA *et al.*, 2010). Seu bom desenvolvimento também foi verificado em solos com textura leve, com boa drenagem, ricos em matéria orgânica, oscilando entre os tipos areno-argilosos e argilosos (ARAÚJO *et al.*, 2018).

É uma planta de porte médio bastante vigorosa, pode atingir até 11 m de altura. Possui tronco curto, casca lisa e o diâmetro da copa varia entre 7,6 a 19,8 m. As folhas são glabras e as flores bem alvas, dispostas em racimos terminais, contrastando com a folhagem verde-escura e brilhante. Seus frutos são redondos, oblongos ou ovais. A casca é rugosa nos frutos imaturos e lisa quando amadurecem (SATURNINO; GONÇALVES, 2011). Entre os meses de novembro a dezembro, ocorre o período de floração. O amadurecimento dos frutos acontece entre os meses de fevereiro a março (MACHADO; CARVALHO; VAN DEN GERG, 2015; ARAÚJO *et al.*, 2018). A propagação é realizada tanto por via sexuada (sementes), como por via assexuada (vegetativa) com a utilização de estacas, geralmente em porta-enxertos de umbuzeiro (SOUZA; COSTA, 2010; HARTMANN *et al.*, 2011). Falta daqui para baixo.

3. Fitonematoides

Os fitonematoides, também conhecidos como nematoides parasitas de plantas, correspondem a 15% das espécies descritas (4.100) na literatura que fazem parte do filo Nematoda. Quando comparados a outros organismos que causam doenças em plantas, eles ainda são pouco conhecidos, no entanto os prejuízos que causam à agricultura são enormes (FERRAZ; BROWN, 2016). São animais multicelulares, de 0,3 a 3 mm de comprimento e 0,015 a 0,050 mm de largura, possuem corpo filiforme, sem segmentos e de organização complexa. (FERRAZ, 2018).

Por serem parasitas obrigatórios, os fitonematoides dependem da interação com o tecido vegetal vivo para conseguir completar seu ciclo de vida. Essa íntima relação entre fitonematoide e planta, no processo de coevolução, fez com que surgissem organismos com distintos hábitos de parasitismo, métodos de reprodução, e, principalmente habilidade de adaptação a diferentes condições edafoclimáticas (LOPES; FERREIRA; DALLEMOLE-GIARETTA, 2014). São patógenos capazes de atacar sementes, raízes, bulbos, caules, folhas e até as inflorescências,

ocasionando a redução na produção e na qualidade final dos produtos agrícolas. Em alguns casos, pode ocorrer perda total do cultivo a depender do grau de infestação e suscetibilidade da cultura ao fitonematoide em questão (HUSSAIN *et al.*, 2016; MACHADO; SILVA; FERRAZ, 2019).

O principal agente de disseminação do patógeno é o homem, ao realizar práticas agrícolas, transporte de sementes, bulbos e mudas infectadas. Pois, se sua disseminação ocorresse somente pela movimentação ativa dos fitonematoides seria um processo pouco significativo e de baixo impacto em razão de se deslocarem lentamente no solo, e formarem reboleiras, característica típica desse comportamento (FERRAZ; BROWN, 2016).

É importante destacar, ainda, que os nematoides fazem parte do grupo de animais mais abundantes do planeta e praticamente dominam o espaço do solo. Os parasitas de plantas são uma ameaça para a agricultura mundial e causam perdas anuais estimadas em U\$ 100 bilhões. No Brasil, os prejuízos causados chegam a alcançar os R\$ 35 bilhões. A estimativa média de perdas de rendimento em âmbito global em frutas e hortaliças, gira em torno de 12% e 11%, respectivamente (PINHEIRO; BISCAIA, 2019; FORGHANI; HAJIHASSANI, 2020).

4. Nematóide-das-galhas

Os nematoides pertencentes ao gênero *Meloidogyne* Göeldi 1887, também conhecidos como nematoides-das-galhas, fazem parte do grupo economicamente mais importante dentro da Fitonematologia. Existem mais de 100 espécies descritas na literatura que utilizam mais de 3.000 espécies de plantas como hospedeiras, com ampla distribuição geográfica, e por isso, representam ameaça contínua aos produtores de zonas climáticas tropical, subtropical e temperada (FERRAZ; BROWN, 2016; SILVA; SANTOS; SILVA, 2016; FORGHANI; HAJIHASSANI, 2020). Na análise estabelecida por Jones *et al.* (2013), foram classificados os 10 fitonematoides que mais causam danos na agricultura, o gênero *Meloidogyne* ocupa a primeira posição.

Dentre as espécies descritas, quatro destacam-se como as mais cosmopolitas, polífagas e nocivas à agricultura, como *M. arenaria* (Neal, 1889) Chitwood 1949, *M. hapla* Chitwood 1949, *M. incognita* (Kofoed & White, 1949) Chitwood 1949, e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood 1949 (FERRAZ; BROWN, 2016). Em solos brasileiros, além dessas quatro espécies, outras já foram registradas, tais como: *M. exigua* Goldi, 1887; *M. coffeicola* Lordello e Zamith, 1960; *M. graminicola* Golden e Birchfield, 1965; *M. hispanica* Hirschmann, 1986; *M. ethiopica* Whitehead, 1968; *M. enterolobii* Yang e Eisenback, 1983; *M. paranaensis* Carneiro, Carneiro,

Abrantes, Santos e Almeida, 1996; *M. petuniae* Charchar, Eisenback e Hirschmann, 1999 e *M. morocciensis* Rammah e Hirschmann, 1990 (SILVA; SANTOS; SILVA, 2016).

Esses nematoides são organismos biotróficos, endoparasitas sedentários, que concluem seu desenvolvimento dentro das raízes das plantas, induzindo à produção de nutrientes ao seu favor (FULLER; LILLEY; URWIN, 2008; FERRAZ; BROWN, 2016). De acordo com Fragoso *et al.* (2007), o gênero *Meloidogyne* não mata a célula hospedeira, mas induz a formação de células gigantes próximas ao xilema e floema dos sistemas radiculares, criando um sítio de alimentação e, consequentemente, diminuindo a disponibilidade de água e nutrientes para a planta (CUNHA *et al.*, 2018).

A fêmea e o macho dessa espécie, quando adultos, possuem dimorfismo sexual, caracterizado por fêmeas globosas e machos filiformes (CARNEIRO *et al.*, 2016). Dentro do ovo, o juvenil de primeiro estágio (J_1) sofre a primeira ecdise e eclode como juvenil de segundo estágio (J_2), de aspecto vermiforme e móvel, que constitui o estágio infeccioso. Os J_2 fazem movimentos no solo à procura de raízes de plantas hospedeiras que liberam exsudatos radiculares, captados pelos órgãos sensoriais, denominados por fasmídeos e anfídeos. Ao penetrar na raiz, o J_2 migra nos tecidos da raiz até encontrar a endoderme ou o periciclo e formar o sítio de alimentação. Posteriormente, torna-se sedentário e provoca a formação das células gigantes. Após três ecdises, surge o adulto, que pode ser fêmea ou macho. Cada fêmea pode colocar até 400 ovos durante seu ciclo de vida que dura em torno de 35 dias, em temperatura entre 23 e 30 °C (FRAGOSO *et al.*, 2007; FERRAZ; BROWN, 2016).

Durante todo o ciclo de vida do nematoide, as células gigantes ficam ativas e ao seu redor desenvolve-se a formação das galhas em todo o sistema radicular da planta suscetível, sendo esse o principal sintoma ocasionado pelo parasitismo desse gênero. Quando acontece a fusão das galhas, o resultado é o engrossamento das raízes. Essa alteração provocada pela hipertrofia e hiperplasia de células e tecidos, é causada por substâncias secretadas pelas glândulas esofagianas dos nematoides (JONES *et al.* 2013; FERRAZ; BROWN, 2016).

5. Métodos de identificação de espécies de *Meloidogyne*

As principais técnicas empregadas na diagnose de *Meloidogyne* spp. são: morfologia dos padrões de períneo das fêmeas adultas; análise do padrão eletroforético de isoenzimas (esterase) e caracterização molecular (CARNEIRO *et al.*, 2016; SILVA; SANTOS; SILVA, 2016; FERRAZ; MACHADO, 2019).

Quase todos os laboratórios nematológicos no mundo utilizam a técnica de fenotipagem isoenzimática para identificação do nematoide-das-galhas, que tem como base a mobilidade

relativa de enzimas extraídas de fêmeas adultas em gel de eletroforese (CUNHA *et al.*, 2018). Todo o processo leva, geralmente, quatro horas de duração (FREITAS; NEVES; OLIVEIRA, 2016). Mesmo sendo uma técnica funcional para identificar várias espécies desse gênero, a caracterização pelo polimorfismo das esterases enfrenta um sério problema, pois não existem padrões estabelecidos para todas as espécies (CARNEIRO; MATTOS, 2018).

Técnicas moleculares como a RFLP (Restriction Fragments Length Polymorphism) e a RAPD (Random Amplified Polymorphic DNA) são empregadas na identificação de *Meloidogyne* spp. A RFLP, apesar de ser eficiente, é muito complexa e necessita de grande quantidade de DNA (MATTOS, 2017). A RAPD, baseada na Polimerase Chain Reaction (PCR), é empregada em estudos genéticos para diferenciar espécies, partindo de perfis que são gerados com a ajuda de *primers* aleatórios. Para o emprego dessas técnicas, são utilizadas pequenas quantidades de DNA sem a necessidade de conhecimento prévio, por isso são considerados método simples, rápidos e relativamente de baixo custo (CARNEIRO; MATTOS, 2018; CUNHA *et al.*, 2018; YE *et al.*, 2021).

Todavia, mesmo a técnica mais eficiente não é capaz de identificar todas as espécies de *Meloidogyne* existentes. Para um diagnóstico eficaz, o ideal é utilizar mais de um método associado como, por exemplo, o morfológico, o bioquímico e o molecular (MATTOS, 2017; CUNHA *et al.*, 2018; YE, *et al.*, 2021).

6. *Meloidogyne* x Fruteiras perenes

A fruticultura enfrenta muitos problemas fitossanitários. Entre esses, destaca-se os prejuízos ocasionados pelos fitonematoides, principalmente os que pertencem ao gênero *Meloidogyne*. Em plantas frutíferas, atrasar o diagnóstico é sinônimo de problemas sérios, em virtude do tempo que a cultura permanece na área, o que irá possibilitar o aumento contínuo das populações (RITZINGER; FANCELLI, 2006; DIAS-ARIEIRA *et al.*, 2010).

Por serem de difícil visualização a olho nu, e atacarem preferencialmente o sistema radicular, esses patógenos são, com frequência, menosprezados e os danos causados são atribuídos a fatores como déficit hídrico, pH, deficiência nutricional, tratamentos culturais inadequados, entre outros (SANTOS; MARTINELLI, 2016). O sintoma mais evidente do parasitismo por *Meloidogyne* spp. é a formação de galhas nas raízes (JONES *et al.* 2013; FERRAZ; BROWN, 2016).

As plantas frutíferas ao serem atacadas pelo nematoide-das-galhas apresentam problemas como: amarelecimento das folhas, declínio e morte da hospedeira ainda em estágio de mudas. Além disso, quando as plantas doentes são levadas para o campo, viram fonte de

disseminação do patógeno, e a produção, quando acontece, torna-se insignificante levando o pomar a entrar em declínio (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008; FERRAZ; BROWN, 2016). A identificação e o levantamento das espécies de *Meloidogyne* presentes na área são procedimentos imprescindíveis à implantação de técnicas adequadas de manejo, com o objetivo de aumentar a vida útil da planta e consequentemente sua produção (CUNHA *et al.*, 2018).

É possível identificar a presença do nematoide das galhas nas mais importantes fruteiras cultivadas no país, como exemplo temos: a) o abacateiro (*Persea americana* Mill.) citado como suscetível a *M. incognita* (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008) e *M. enterolobii* (FREITAS *et al.*, 2017); b) na aceroleira (*Malpighia* spp.) foram detectados *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria* (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008; CAVICHIOLI *et al.*, 2014); c) na amoreira-preta (*Rubus brasiliensis* Mart.) o principal problema é causado pelo *Meloidogyne hapla* (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008); d) em bananeira (*Musa* spp.) observa-se a infestação simultânea de *Meloidogyne* spp. (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008; SU *et al.*, 2017); e) em citros (*Citrus* spp.), em países da Ásia existem relatos de espécies de *Meloidogyne* parasitando essa cultura, principalmente *M. indica* (Whitehead, 1968) (KHAN *et al.*, 2018; KRISHNA; BALASUBRAMANIAN, 2019); f) a figueira (*Ficus* spp.) suscetível a *M. incognita* (DIAS-ARIEIRA; MOLINA COSTA, 2008) e *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* (COSTA *et al.*, 2015; WILLE *et al.*, 2018); g) em goiabeira (*Psidium guajava* L.) encontram-se relatos da infecção por *M. incognita* raça 2, *M. arenaria*, *M. javanica* (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008) e *M. enterolobii* (GOMES *et al.*, 2012; CASTRO, 2019); h) em pessegueiro (*Prunus* spp.), o *Meloidogyne* spp. causam os maiores prejuízos para a cultura (DIAS-ARIEIRA; MOLINA; COSTA, 2008).

Plantas do gênero *Spondias* são suscetíveis aos nematoide-das-galhas. Apesar de poucos, existem relatos da presença de *Meloidogyne* spp. parasitando espécies desse gênero. Ponte *et al.* (1976), em levantamento realizado no estado do Ceará com diversas fruteiras, citam a presença de *M. incognita* e *M. javanica* em cajaraneira; *M. incognita* em cirigueleira e *M. incognita* e *M. hapla* Chitwood 1949, em cajazeira. Monteiro *et al.* (1978) relataram a ocorrência de *M. javanica* nas raízes de cajaraneira (cajamanga) no estado de São Paulo. Sacramento e Souza (2009) realizando trabalhos de propagação nos estados da Bahia, Ceará, Paraíba, Piauí e Rio Grande do Norte, observaram espécies de *Meloidogyne* spp. parasitando *Spondias*, tanto em mudas quanto em plantas adultas.

Souza e Costa (2010) mencionaram *Meloidogyne* spp. na produção de mudas de várias *Spondias* no estado do Ceará, inclusive, nas mudas de cajazeira, na qual foi possível constatar a formação de galhas. Silva; Santos e Silva (2016) aludem a presença de *M. javanica* em

cajazeira e *M. incognita* em cajaraneira e umbucajazeira no estado do Ceará. Moreira *et al.* (2002) e Costa, Jesus e Dias (2019) apontaram *Meloidogyne* spp. como o nematoide de maior importância quando se trata do gênero *Spondias*, por ser de fácil disseminação devido à grande gama de hospedeiros que possui.

Para tentar amenizar os problemas, muitos produtores utilizam o controle cultural, no entanto existem muitas limitações, por causa da extensa gama de hospedeiros que este gênero possui (XIANG *et al.*, 2018). Em se tratando de culturas perenes atacadas por fitonematoides, o ideal seria utilizar cultivares resistentes, porém há pouca disponibilidade desse produto em escala comercial (FORGHANI; HAJIHASSANI, 2020).

A aplicação de nematicida, infelizmente, ainda é uma estratégia de controle que funciona a curto prazo quando se trata dos nematoide-das-galhas (HAJIHASSANI; DAVIS; TIMPER, 2019). Contudo, nos últimos anos, vários produtos químicos foram retirados do mercado, e a constante preocupação com a saúde humana e o meio ambiente tem feito os cientistas buscarem novas estratégias para o manejo de nematoides em plantas (FORGHANI; HAJIHASSANI, 2020).

Diante do exposto e da importância do nematoide-das-galhas, principalmente quando se trata de mudas de *Spondias*, o presente estudo teve como objetivos: fazer um levantamento de espécies de *Meloidogyne* presentes em áreas cultivadas com cajazeira e avaliar em casa de vegetação a reação de mudas de seis espécies de *Spondias* em relação ao parasitismo de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*.

7. Referências Bibliográficas

- AIDAR, S. T.; ARAUJO, F. P.; CHAVES, A. R. M. **Crescimento inicial e trocas gasosas de mudas de *Spondias* enxertadas sobre umbuzeiro.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2013. 13 p. (Boletim de Pesquisa, 107).
- ARAÚJO, F. P.; SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. **Fruticultura de sequeiro: uma janela para o desenvolvimento sustentável.** Petrolina: Embrapa Semiárido, 2006. 6 p. (Instruções técnicas, 73).
- ARAÚJO, F. P.; KIILL, L. H. P.; MELO, N. F.; AIDAR, S. T. Propagação e Manejo. In: DRUMOND, M. A.; AIDAR, S. T.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. (Eds). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas.** 1. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. p.55-75.
- ARAÚJO, R. R.; SANTOS, E. D.; FARIAS, D. B. S.; LEMOS, E. E. P.; ALVES, R. E. *Spondias bahiensis*: umbu-cajá. In: CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial: plantas para o futuro: região Nordeste.** Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018. p.1314.
- ASTUDILLO, Y. I. M.; TEJACAL, I. A.; NÚÑEZ-COLÍN, A. C.; HERNÁNDEZ, J. J.; MARTÍNEZ, V. L. Chemical and phenotypic diversity of mexican plums (*Spondias purpurea* L.) from the states of Guerrero and Morelos, Mexico. **Revista Brasileira de Fruticultura.**, Jaboticabal, v. 39, n. 2, (e610), 2016.
- BARROSO, G. M.; MORIM, M. P.; PEIXOTO, A. L.; ICHASO, C. L. F. **Frutos e sementes: morfologia aplicada à sistemática de dicotiledôneas.** 1. ed. Viçosa: Editora UFV, 2004. 433p.

BATISTA, F. R. C.; SILVA, S. M.; SANTANA, M. F. S.; CAVALCANTE, A. R. **O umbuzeiro e o semiárido**. Campina grande: INSA, 2015. 72p.

BRAGA, R. **Plantas do Nordeste, especialmente do Ceará**. 4. ed. Fortaleza: Editora Universitária, 1960. 540p.

CARDOSO, E. A. **Germinação, morfologia e embriologia de algumas espécies do gênero *Spondias***. 1992. 58 f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 1992.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MATTOS, V. S. Avanços na diagnose de fitonematoides do gênero *Meloidogyne* em arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 35., 2018, Bento Gonçalves. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2018.

CARNEIRO, R. M. D. G.; MONTEIRO, J. M. 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. (eds.). **Diagnose de Fitonematoides**. 1. ed. Campinas: Millenium Editora, 2016. p. 48-70.

CARVALHO, C. P. S.; CORREIA, D.; BENBADIS, A. K.; LUZ, J. M. Q.; ROSSETTI, A. G. IN VITRO CULTURE OF *Spondias mombin* L. NODAL SEGMENTS. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 776-777, 2002.

CARVALHO, C.; KIST, B. B.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2020**. 1. ed.; Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2019. 96p.

CASTRO, J. M. C. *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. Belo Horizonte: **Informe Agropecuário**, v. 40, n. 306, p. 41-48, 2019.

CAVALCANTI, N. B. Aspectos do crescimento, desenvolvimento e manejo cultural do imbuzeiro. In: LEDERMAN, I. E.; LIRA JÚNIOR, J. S. DE; SILVA JÚNIOR, J. F. (eds.). ***Spondias no Brasil***: umbu, cajá e espécies afins. Recife: IPA - Embrapa Agroindústria Tropical-UFRPE, 2008. p.127-134.

CAVICHIOLO, J. C.; GARCIA, M. J. M.; BRIDA, A. L.; WILCKEN, S. R. S. Reação da aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) à *Meloidogyne enterolobii*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 156-160, 2014.

Cepea/CNA. **PIB do agronegócio alcança participação de 26,6% no PIB brasileiro em 2020**. Piracicaba: Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – USP, 2021. 18 p. Disponível em: <https://www.cepea.esalq.usp.br/upload/kceditor/files/Cepea_CNA_relatorio_2020.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2021.

CORADIN, L.; CAMILLO, J.; PAREYN, F. G. C. **Espécies nativas da flora brasileira de valor econômico atual ou potencial**: plantas para o futuro: região Nordeste. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, Secretaria de Biodiversidade, 2018. 1314p. (ISBN 978-85-7738-383-2)

COSTA, A. C. F.; JESUS, A. M.; DIAS, M. S. C. Problemas fitossanitários do umbuzeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, p. 91-102, 2019.

COSTA, A. C. F.; JESUS, A. M.; DIAS, M. S. C. Problemas fitossanitários do umbuzeiro. In: GONÇALVES, N. P.; SATURNINO, H. M.; DONATO, S. L. R. Eds.) **Umbuzeiro**: a fruteira da caatinga. 1. ed. Belo Horizonte: Epamig, 2019. p.91-101.

COSTA, A. M.; SPEHAR, C. R.; SERENO, J. R. B. **Conservação de recursos genéticos no Brasil**. Brasília: Embrapa, 2012. 628p.

COSTA, M. G. S.; CORREIA, E. C. S. S.; REIS, L. L.; WILCKEN, S. R. S. Reação de figueiras a três espécies de nematoides-das-galhas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 617-622, 2015.

CUNHA, T. G.; VISOTTO, L. E.; LOPES, E. A.; OLIVEIRA, C. M. G.; BOM DEUS, P. I. V. Diagnostic methods for identification of root-knot nematodes species from Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 48, n. 2, 2018.

- DANTAS, A. L.; SILVA, S. M.; DANTAS, R. L.; SOUZA, A. S. B.; SCHUNEMANN, A. P. P. Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueleira (*Spondias* sp.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 1, p. 033-042, 2016.
- DANTAS, J. L. L.; DANTAS, A. C. V. L.; COELHO, Y. S. Fruticultura brasileira: realidade e perspectiva. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S. (ed.). **Fruticultura tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 17-32.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; FURLANETTO, C.; SANTANA, S. M.; BARIZÃO, D. A. O.; RIBEIRO, R. C. F.; FORMENTINI, H. M. Fitonematoides associados a frutíferas na região Noroeste do Paraná, Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1064-1071, 2010.
- DIAS-ARIEIRA, C. R.; MOLINA, R. O.; COSTA, A. T. Nematoides Causadores de Doenças em Frutíferas. **Agro@mbiente On-line**, Boa Vista, v. 2, n. 1, 2008.
- DUARTE, G. **Importância do Agronegócio Brasileiro**. Maranhão: SENAR-Serviço Nacional de aprendizagem Rural. 2019. 1 p. Disponível em: <<https://www.printfriendly.com/p/g/GsWPFM>>. Acesso em: 23 jul. 2021.
- EPSTEIN, L. H. H. A riqueza do umbuzeiro. **Revista Bahia Agrícola**, Salvador, v. 2, n. 3, p. 31-43, 1998.
- FERRAZ, L. C. B.; MACHADO, A. C. Z. Estudos Morfológicos e Morfométricos. In: MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; FERRAZ, L. C. B. **Métodos em Nematologia Agrícola**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. p. 59-70.
- FERRAZ, L. C. C. B. Nematoides. In: AMORIN, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIM FILHO, A. (Eds.). **Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos**. 5. ed. Ouro Fino: Agronômica Ceres, 2018. p. 195-211.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. 1. ed. Manaus: NORMA EDITORA, 2016. 251p.
- FIGUEIREDO, M. B.; PASSADOR, M. M.; COUTINHO, L. N. A “ferrugem” ou verrugose dos frutos da ciriguela (*Spondias purpurea* L.) causada por *Elsinoe spondiadis* Watson & Jenkins. **Biológico**, São Paulo, v. 68, n. 2, p. 5-7, 2006.
- FONSECA, N. **Propagação do umbuzeiro por enxertia**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. 8p. (Circular Técnica, 96).
- FONSECA, N.; MACHADO, C. F.; SILVA JÚNIOR, J. F.; CARVALHO, R. S.; RITZINGER, R. LAVES, R. M.; MAIA, M. C. C. ***Spondias* spp. umbu, cajá e espécies afins**. Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 2017. p.1-30.
- FORGHANI, F.; HAJIHASSANI, A. Recent Advances in the Development of Environmentally Benign Treatments to Control Root-Knot Nematodes. **Frontiers in Plant Science**, v. 11, 2020. DOI.org/10.3389/fpls.2020.01125.
- FRAGOSO, R. R.; LOURENÇO, I. T.; VIANA, A. A. B.; SOUZA, D. S. L.; ANDRADE, R. V.; MEHTA, A.; BRASILEIRO, A. C. M.; PINTO, E. R. C.; LIMA, L. M.; ROCHA, T. L.; SA, M. F. G. **Interação Molecular Planta-Nematoide**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2007. 56 p. (Documentos, 198).
- FREITAS, L.G.; NEVES, W. S.; OLIVEIRA, R. D. L. Métodos em nematologia vegetal. In: ALFENAS, A. C.; MAFIA, R. G. **Métodos em Fitopatologia**. 2. ed. Viçosa: Editora UFV, 2016. p.257-296.
- FREITAS, V. M.; SILVA, J. G. P.; GOMES, C. B.; CASTRO, J. M. C.; CORREA, V. R.; CARNEIRO, R. M. D. G. Host status of selected cultivated fruit crops to *Meloidogyne enterolobii*. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v. 148, p. 307-319, 2017.
- FULLER, V. L.; LILLEY, C. J.; URWIN, P. E. Nematode resistance. **New Phytologist**, Oxford, v. 180, p. 27-44, 2008.
- GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. São Paulo: NOBEL, 2007. 446p.

- GOMES, R. P. O umbuzeiro. In: GOMES, R. P. **Fruticultura brasileira**. 11. ed. São Paulo: Nobel, 1990. p.426-428.
- GOMES, V. M.; SOUZA, R. M.; MIDORIKAWA, G.; MILLER, R.; ALMEIDA, A. M. Guava decline: evidence of nationwide incidence in Brazil. **Nematropica**, Bradenton, v. 42, n. 1, 2012.
- GOMES, V. M.; SOUZA, R. M.; MUSSI-DIAS, V.; SILVEIRA, S. F. D.; DOLINSKI, C. Guava decline: a complex disease involving *Meloidogyne mayaguensis* and *Fusarium solani*. **Journal of Phytopathology**, v. 159, n. 1, p. 45-50, 2012b.
- HAJIHASSANI, A.; DAVIS, R. F.; TIMPER, P. Evaluation of Selected Nonfumigant Nematicides on Increasing Inoculation Densities of *Meloidogyne incognita* on Cucumber. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 103, p. 3161-3165, 2019.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JUNIOR, F. T.; GENEVE, R. L. **Plant propagation: principles and practices**. 7. ed. New Jersey: PRENTICE-HALL, 2002. 880p.
- HARTMANN, H. T.; KESTER, D. E.; DAVIES JR., F. T.; GENEVE, R. L. **Hartmann and Kester's Plant propagation: principles and practices**. 8. ed. New Jersey: Prentice Hall, 2011. 915p.
- HORTIFRUTI Saber & Saúde**. Blog. Copyright © 2021 Abrafrutas Ltda, 2020. Disponível em: <<https://saberhortifruti.com.br/brasil-exportador-frutas-2020/>>. Acesso em 16 jul. 2021.
- HUSSAIN, F.; LAGHARI, K. S.; DARBAN, D. A.; AKBAR, M. Phytonematode Problems associated with Some Economically Important Plants in Pishin District, Balochistan, Pakistan. **Pakistan Academy of Sciences**, Pakistan, v. 53, n. 3, 2016. (ISSN 2518-427X - online).
- JANICK, J.; PAULL, R. E. **Encyclopedia of fruit and nuts**. Wallingford: CABI, 2006. 954p.
- JONES, J. T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, G. J.; GAUR, H. S.; HELDER, J.; JONES, M. G. K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J. E.†; WESEMAEL, W. M. L.; PERRY, R. N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, v. 14, p. 946-961, 2013.
- JUSTINIANO, M. J.; FREDERICKSEN, T. S.; NASH, D. **Ecología y Silvicultura de Especies Menos Conocidas – Azucaró *Spondias mombin* L., Anacardiaceae**. Santa Cruz: Editora El País, 2001. 43p.
- KHAN, M. R.; PAL, S.; SINGH, A.; PATEL, A. D.; PATEL, B. A.; GHULE, T. M.; PHANI, V. Further Observations on *Meloidogyne indica* Whitehead, 1968 from India. **Journal of Zoology**, Lancashire, v. 50, n. 6, p. 2009-2017, 2018.
- KIILL, L. H. P.; ARAUJO, F. P.; OLIVEIRA, V. R.; RIBEIRO, M. F. Caracterização botânica e biologia reprodutiva. In: DRUMOND, M. A.; AIDAR, S. T.; NASCIMENTO, C. E. S.; OLIVEIRA, V. R. (eds). **Umbuzeiro: avanços e perspectivas**. 1. ed. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2016. p.55-75.
- KIST, B. B.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2021**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2021. 104p. Disponível em: <https://www.editoragazeta.com.br/sitewp/wp-content/uploads/2021/04/HORTIFRUTI_2021.pdf>. Acesso em: 30 jun. 2021.
- KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de horti&fruti 2019**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta Santa Cruz, 2019; 96p. Disponível em: <<https://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-de-horti-fruti-2019/>>. Acesso em: 15 jul. 2021.
- KRISHNA, K. S.; BALASUBRAMANIAN, P. First report on occurrence of citrus root-knot nematode, *Meloidogyne indica* on khasi mandarin in Meghalaya. **Journal of Entomology and Zoology Studies**, Delhi, v. 7, n. 6, p. 418-419; 2019.
- LIMA FILHO, J. M. P. Avaliações de fenotípicas e fisiológicas de espécies de *Spondias* tendo como porta enxerto o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Cam.). **Revista caatinga**, Mossoró, v. 22, p. 59-63, 2009.
- LIMA FILHO, J. M. P. **Ecofisiologia do Umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.)**. Petrolina: Embrapa Semiárido, 2011. 58p. (Documentos, 240).

- LINS NETO, E. M. F.; OLIVEIRA, I. F.; BRITO, F. B.; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional knowledge, genetic and morphological diversity in populations of *Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae). **Genetic resources and crop evolution**, v. 60, n. 4, p. 1389-1406, 2013.
- LINS NETO, E. M. F.; PERONI, N.; ALBUQUERQUE, U. P. Traditional knowledge and management of umbu (*Spondias tuberosa*, Anacardiaceae): an endemic species from the semiarid region of Northeastern Brazil. **Economic Botany**, v. 64, p. 11–21, 2010.
- LINS NETO, E. M. F.; PERONI, N.; MARANHÃO, C. M. C.; MACIEL, M. I. S.; ALBUQUERQUE, U. P. Analysis of umbu (*Spondias tuberosa* Arruda (Anacardiaceae)) in different landscape management regimes: A process of incipient domestication? **Environmental Monitoring and Assessment**, Springer Netherlands, v. 184, p. 4489–4499, 2011.
- LIRA JÚNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; LEDERMAN, I. E.; ROBERTO, J. M. M. Produção e características físico-químicas de clones de cirigueira na Zona da Mata Norte de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 43-48, 2010.
- LIRA JUNIOR, J. S.; BEZERRA, J. E. F.; MOURA, R. J. M.; SANTOS, V. F. Repetibilidade da produção, número e peso de fruto em cirigueira (*Spondias purpurea* L.). **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 1, p. 214-220, 2014.
- LOPES, E. A.; FERREIRA, P. A.; DALLEMOLE-GLARETTA, R. Variabilidade genética em fitonematoides. In: ZAMBOLIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C.; RODRIGUES, F. A. (eds.). **O essencial da fitopatologia: controle de doenças de plantas**. Viçosa: UFV, 2014. p.95 -116.
- LOZANO, N. B. Desarrollo y anatomia del fruto del jobo (*Spondias mombin* L.). **Caldasia Bogotá**, v.14, n. 68-70, p.465-490, 1986b.
- MACHADO, A. C. Z.; SILVA, S. A.; FERRAZ, L. C. B. **Métodos em nematologia Agrícola**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019. 184p.
- MACHADO, M. C.; CARVALHO, P. C. L.; VAN DEN GERG, C. Domestication, hybridization, speciation, and the origins of an economically important tree crop of *Spondias* (Anacardiaceae) from the brazilian caatinga dry forest. **Neodiversity**, v. 8, p. 8-49, 2015.
- MAMEDE, M. E. O.; CARVALHO, L. D. C.; VIANA, E. S.; OLIVEIRA, L. A.; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R. Production of dietetic jam of umbu-caja (*Spondias* sp.): physical, physicochemical and sensorial evaluations. **Food and Nutrition Sciences**, Olsztyn, v. 4, p. 461-468. 2013.
- MARTÍNEZ, A. H.; GARCÍA, E. A.; GONZÁLEZ, A. M. C. Desarrollo floral em ciruela mexicana (*Spondias purpurea* L.). **Revista Chapingo**, Chapingo, v. 5, n. 1, p. 45-49, 1999.
- MARTINS, S. T.; MELO, B. **Spondias (Cajá e outras)**. 2004. Disponível em: <<http://www.fruticultura.iciag.ufu.br/caja>>. Acesso em: 01 de jun. 2021.
- MATTOS, V. S. **Caracterização e identificação de populações de *Meloidogyne* spp. do arroz, estabelecimento de marcadores SCAR e seleção de novas fontes de resistência em *Oryza* spp. a *M. graminícola***. 2017, 84 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, 2017.
- MENDES, B. V. **Umbuzeiro (*Spondias tuberosa*, Arr. Camara): importante fruteira do Semi-Árido**. Mossoró: ESAM, 1990. 67p. (ESSAM. Coleção Mossoroense, série C, 564).
- MILLER, A. J. Characterization of a domesticated tree lineage (*Spondias purpurea*, Anacardiaceae) based on nuclear and chloroplast sequence data. **The Journal of the Torrey Botanical Society**, v. 135, p. 463–474, 2008.
- MILLER, A. J.; KNOUFT, J. H. GISbased characterization of the geographic distributions of wild and cultivated populations of the Mesoamerican fruit tree *Spondias purpurea* (Anacardiaceae). **American Journal of Botany**, Baltimore, v. 93, p. 1757–1767, 2006.
- MILLER, A.; SCHAAL, B. Domestication of a Mesoamerican cultivated fruit tree, *Spondias purpurea*. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 36, p. 12801–12806, 2005.

MITCHELL, J. D.; DALY, D. C. A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the Neotropics. **PhytoKeys**, Sofia, v. 55, p. 1-92, 2015.

MONTEIRO, A. R.; MARTINELLI, N. M.; FERRAZ, L. C. C. B.; LORDELLO, R. R. A. Nematóides parasitos de plantas na região de Ilha Solteira, Estado de São Paulo. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, Jaboticabal, n. 3, 1978.

MOREIRA, M. A. B.; SOUZA, F. X.; RITZINGER, C. H. S. P.; RITZINGER, R.; FIGUEIRAS, H. A. C. Cajá (*Spondias mombin* L. Sin. *Spondias lutea* L.). In: VIEIRA NETO, R. D.; (ed.). **Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas**. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros, 2002. p.21-44.

NEVES, O. S. C.; CARVALHO, J. G. **Tecnologia da produção do umbuzeiro** (*Spondias tuberosa* Arr. Cam.). Lavras: UFLA, 2005. 100 p. (Boletim, 127).

PELL, S. K.; MITCHELL, J. D.; MILLER, A. J.; LOBOVA, T. A. Anacardiaceae. **The families and genera of vascular plants. X. Flowering Plants. Eudicots. Sapindales, Cucurbitales, Myrtales**. Berlin: Springer, 2011. 7-50p.

PINHEIRO, J. B.; BISCAIA, D. Impacto dos nematoides na horticultura. In: Congresso Brasileiro de Nematologia, 36., 2019, Caldas Novas. **Anais...** Piracicaba: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2019.

PONTE, J. J.; LEMOS, J. W. V.; CASTRO, F. E.; MARIA, L. Comportamento de plantas frutíferas tropicais em relação a nematoides das galhas. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 1, p. 29-33, 1976.

RITZINGER, C. H. S.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, 2006.

ROCHA, L. A.; ROCHA, A. M.; PACHECO, A. C. L.; ABREU, M. C. **Diferenças foliares morfoanatômicas de quatro espécies da família Anacardiaceae**. Santa Cruz do Sul: UNISC, 2015. 35-48 p. (Caderno de Pesquisa, série Biologia).

ROMANO, M. R.; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; FONSECA, N.; MACHADO, C. F. **Aspectos técnicos introdutórios ao emprego de espôndias nativas do Nordeste brasileiro em Sistemas Agroflorestais**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2013. 37 p. (Comunicado Técnico, 153).

SACRAMENTO, C. K.; AHNERT, D.; BARRETTO, W. S.; FARIAS, J. C. Recursos genéticos e melhoramento de *Spondias* no Estado da Bahia- cajazeira, cirigueleira e cajaraneira. In: LEDERMAN, I. E.; LIRA JUNIOR, J. S.; SILVA JUNIOR, F. **Spondias no Brasil: Umbú, Cajá e Espécies Afins**. Recife: Editora Universitária da UFRPE; 2008. p. 54-6.

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. **Cajá (*Spondias mombin* L.)** Jaboticabal: Funep, 2000. 42 p. (Série Frutas Nativas, 4).

SACRAMENTO, C. K.; SOUZA, F. X. Cajá. In: SANTOS-SEREJO, J. A.; DANTAS, J. L. L.; SAMPAIO, C. V.; COELHO, Y. S. **Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas**. Brasília: Embrapa Informação tecnológica, 2009. 83-105p.

SANTANA, I. B. B.; OLIVEIRA, E. J.; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; AMORIM, E. P.; COSTA, M. A. P. C.; MOREIRA, R. F. C. Variabilidade genética entre acessos de umbu-cajazeira mediante análise de marcadores ISSR. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 33, n. 3, p. 868-876, 2011.

SANTANA, I. B. B.; SOARES FILHO, W. S.; RITZINGER, R.; COSTA, M. A. P. C. Umbu-cajazeira: boas perspectivas para o Semiárido baiano. **Bahia Agrícola**, Salvador, v. 9, n. 1, p. 101-105, 2011.

SANTOS, R. S.; MARTINELLI, P. R. P. Nematodes associated with five fruit trees in the state of Amapá, Brazil. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 46, n. 9, p. 1509-1503, 2016.

SANTOS, C. A. F.; OLIVEIRA, V. R. Inter-relações genéticas entre espécies do gênero *Spondias* com base em marcadores AFLP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 30, n. 3, p. 731-735, 2008.

SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P. *Spondias*: umbu, cajá-manga, cajá e seriguela. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 32, n. 264, p. 101-113, 2011.

- SATURNINO, H. M.; GONÇALVES, N. P.; CASTRICINI, A.; CARDOSO, M. M.; SOUZA, I. Características botânicas do umbuzeiro e outras *Spondias*. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, n. 307, p. 7-21, 2019.
- SILVA, G. A.; BRITO, N. J. N.; SANTOS, E. C. G.; LÓPEZ, J. A.; ALMEIDA, M. G. Genero *Spondias*: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico. **BioFarm**, v. 10, n. 1, 2014.
- SILVA, M. C. L.; SANTOS, C. D. G.; SILVA, G. S. Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 47, n. 4, p. 710-719, 2016.
- SILVA, W. R.; JESUS, C. R.; SILVA, R. A. Infestação natural de Taperebá (*Spondias mombin* L., Anacardiaceae) por *Anastrepha* spp. (Diptera: Tephritidae), no município de Afuá. In: REUNIÃO ANUAL DO INSTITUTO BIOLÓGICO, 19., 2006. Água Funda. **Anais [...]**. São Paulo: Instituto Biológico, 2006. p. 329-342.
- SOUZA, F. X. de. Propagação das *Spondias* e alternativas para clonagem da cajazeira. In: LEDERMAN, I. E.; LIRA JUNIOR, J. S.; SILVA JUNIOR, F. **Spondias no Brasil: Umbu, Cajá e Espécies Afins**. Recife: Editora Universitária da UFRPE; 2008. p.97-107a.
- SOUZA, F. X. Recursos genéticos e melhoramento de *Spondias* no Brasil – cajazeira. In: LEDERMAN, I. E.; LIRA JUNIOR, J. S.; SILVA JUNIOR, F. (ed.). **Spondias no Brasil: umbú, cajá e espécies afins**. Recife: Editora Universitária da UFRPE, 2008. p.45-53b.
- SOUZA, F. X. **Spondias agroindustriais e os seus métodos de propagação**. Fortaleza: Embrapa-CNPAT/SEBRAE-CE, 1998. 26 p. (Embrapa-CNPAT. Documentos, 27).
- SOUZA, F. X.; COSTA, J. T. A. **Produção de Mudas das Spondias Cajazeira, Cajaraneira, Cirigueleira, Umbu-cajazeira e Umbuzeiro**. Fortaleza, Embrapa Agroindústria Tropical, 2010. 16 p. (Documentos, 133).
- SOUZA, F. X.; PORTO FILHO, F. Q.; MENDES, N. V. B. **Umbu-cajazeira: descrição e técnicas de cultivo**. Mossoró: EdUFERSA, 2020. 54p.
- SU, L.; SHEN, Z. RUAN, Y.; TAO, C.; CHAO, Y.; LI, R.; SHEN, Q. Isolation of antagonistic endophytes from banana root Against *Meloidogyne javanica* and their effects on soil nematode Community. **Plant Microbe Interactions**/Frontiers in Microbiology, v. 8, article, 2070, 2017.
- TREICHEL, M.; KIST, B. B.; SANTOS, C. E.; CARVALHO, C.; BELING, R. R. **Anuário brasileiro de fruticultura**. Santa Cruz do Sul: Editora Gazeta, 2016. 86p. Disponível em: <<http://www.editoragazeta.com.br/produto/anuario-brasileiro-da-fruticultura-2016/>>. Acesso em 15 jul. 2021.
- VIDAL, M. F.; XIMENES, L. J. F. Comportamento crescente da fruticultura nordestina: área, valor da produção e comercialização. **Caderno Setorial Etene**, Fortaleza, v. 1, n. 2, p. 18-26, 2016.
- VILLACHICA, H. Ubos (*Spondias mombin* L.). In: VILLACHICA, H. **Frutales y hortalizas promisorios de la Amazonia**. Lima: Secretaría Pro-Tempore/Tratado de Cooperación Amazónica, 1996. p.270-274.
- WILLE, C. N.; GOMES, C. B.; MOURA, A. B.; CAMPOS, A. D.; SCHAFER, T. J.; BRUM, D. Potencial de rizobactérias no controle de *Meloidogyne incognita* em figueira. **Revista de la Facultad de Agronomía**, La Plata, v. 117, p. 23-30, 2018.
- XIANG, N. I.; LAWRENCE, K. S.; DONALD, P. A. Biological control potential of plant growth-promoting rhizobacteria suppression of *Meloidogyne incognita* on cotton and *Heterodera glycines* on soybean: A review. **Journal of Phytopathology**, Berlin, 2017. DOI: 10.1111/jph.12712.
- YE, W.; KOENNING, S. R.; ZENG, Y.; ZHUO, K.; LIAO, J.; Molecular Characterization of na Emerging Root-Knot Nematode *Meloidogyne enterolobii* in North Carolina, USA. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 105, p. 819-831, 2021.

CAPÍTULO II

Espécies de *Meloidogyne* associadas a *Spondias mombin* no Nordeste do Brasil

Submissão: **European Journal of Plant Pathology**
Short Communication
Dordrech, Holanda
JCR = 1,582

Espécies de *Meloidogyne* associadas a *Spondias mombin* no Nordeste do Brasil

Marilene Fatima Lunardi^a; Francisco Jorge Carlos de Souza Junior^a; Christiane Mendes Cassimiro Ramires^b; Mariana Ferreira de Lima David^a; Daniel Henrique Feitosa e Silva^a; Elvira Maria Regis Pedrosa^c; Lilian Margarete Paes Guimarães^a

^aDepartamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52.171-900, Recife-PE, Brazil. E-mail: marilene.lunardi@hotmail.com; jorgesouza@alu.ufc.br; marif.agro@gmail.com; daniel.hfesilva@gmail.com; lilian.guimaraes@ufrpe.br

^bEmpresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária, CEP 58.108-502, Cabedelo-PB, Brazil. E-mail: christianecassimiro@hotmail.com

^cDepartamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52.171-900, Recife-PE, Brazil. E-mail: elvira.pedrosa@ufrpe.br.

*Author for correspondence: lilian.guimaraes@ufrpe.br

Resumo: *Spondias mombin* L. é uma importante fruteira nativa do Semiárido nordestino brasileiro. Em suas raízes, vem sendo observado galhas, semelhante aos sintomas associados ao nematoide-das-galhas. No atual estudo, utilizou-se plantas de três áreas com *S. mombin*. Foi coletado solo da região de copa de árvores adultas e produtivas, para obtenção das populações de *Meloidogyne* analisadas. A identificação das espécies de nematoide-das-galhas foi baseada em uma taxonomia integrativa. Os padrões perineais das fêmeas, as medidas de juvenis de segundo estágio e fêmeas e a análise do DNA genômico, foram equivalentes aos de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*, com predominância de *M. incognita* em todas as áreas analisadas. Nosso estudo é o primeiro relato de *M. enterolobii* parasitando *S. mombin* no mundo.

Palavras-chave: Análise molecular, Perfil da esterase, Nematoide-das-galhas

Abstract: *Spondias mombin* L. is an important fruit tree native to the Brazilian Northeast semiarid region. Galls were observed on the roots of such tree, similar to the symptoms associated with root-knot nematode infection. In the current study, plants from three areas with *S. mombin* were used. Soil was collected from the canopy projection region of adult and productive trees to obtain *Meloidogyne* populations to be analyzed. The identification of root-knot nematode species was based on an integrative taxonomy. The perineal patterns of females, measurements of second stage juveniles and females

and the analysis of genomic DNA were equivalent to those of *M. incognita*, *M. javanica* and *M. enterolobii*, with dominance of *M. incognita* in all areas. This is the first report of *M. enterolobii* parasitizing *S. mombin* in the world.

Key words: Molecular analysis, Esterase isozyme patterns, Root-knot nematodes

Spondias mombin L. é originária das florestas úmidas situadas ao norte da América do sul (Mitchell e Daly 2015). Encontra-se dispersa nas regiões tropicais da América, África e Ásia (Sacramento e Souza 2000; Janick e Paull 2006). No Brasil, *S. mombin* ocorre de forma espontânea em condições silvestres na região Norte e Nordeste do país (Bosco et al. 2000; Sacramento et al. 2008). Por ser uma espécie em fase de domesticação, vários problemas fitossanitários estão surgindo, dentre eles, as fitonematoses causadas por *Meloidogyne* spp. (Souza e Costa 2010; Silva et al. 2016).

Foi feita a coleta de amostras de raízes de *S. mombin* com sintoma de galhas e solo da região da copa em três áreas diferentes, sendo a área 1 (-7°19'8762S; -34°81'1458W) e a área 2 (-7°21'4596S; -34°85'5469W) no município de João Pessoa no estado da Paraíba e, área 3 (-8°01'01.7"; -34°56'55.0W) no município de Recife, Pernambuco. Para o isolamento dos nematoides, o solo coletado foi depositado em vasos de 1,5 kg e em seguida, uma muda de tomateiro (*Solano lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada foi transplantada com o objetivo de multiplicar as populações de *Meloidogyne* spp.

Sessenta e quatro fêmeas de *Meloidogyne* spp. foram extraídas das raízes com galhas para a preparação de cortes perineais (Taylor e Netscher 1974); determinação do perfil de esterase de acordo com Carneiro e Almeida (2001), utilizando uma fêmea por amostra, e estudo morfométrico em juvenis de segundo estágio (n = 20) e em fêmeas (n = 10) com medidas feitas em microscópio.

Para cada isolado, foi realizada a extração do DNA genômico com o kit AxyPrep Multisource Genomic DNA Miniprep (Axygen®). Na identificação molecular, foram sequenciados dois fragmentos do DNA ribossomal (rDNA), região D2-D3 do 28S rRNA e ITS. A região D2-D3 do segmento 28S rDNA foi amplificada usando os primers D2A (5'-ACAAGTACCGTGGGGAAAGTTG-3') e D3B (5'-TCGGAAGGAACCAGCTACTA-3') (Nadler et al. 1999). A região ITS foi amplificada usando os primers 18S (5'-TTGATTACGTCCCTGCCCTTT-3') e Vrain2R (5'-TTTCACTCGCCGTTACTAAGGGAATC-3') (Vrain et al. 1992). Os detalhes dos protocolos das PCR estão descritos em Powers e Harris (1993). Sequências de isolados

ex-type foram utilizadas como referência e obtidas a partir do GenBank (www.ncbi.nlm.nih.gov/). Os alinhamentos múltiplos das sequências foram realizados com o programa MAFFT (Katoh e Toh 2013). A Máxima Verossimilhança (MV) foi utilizada para reconstrução filogenética.

Foram obtidos 10 isolados de *Meloidogyne* spp. (Sm01-10), e separados em três grupos de acordo os padrões perineais e o perfil de esterase: *Meloidogyne* sp.1 (Sm01-08), *Meloidogyne* sp.2 (Sm09) e *Meloidogyne* sp.3 (Sm10). Nos isolados de *Meloidogyne* sp.1, foram observadas, na região perineal, estrias em forma de forquilha e arco dorsal alto e quadrado semelhante a *M. incognita*. O perfil de esterase revelou o fenótipo I1 (Rm 1,0), típico de *M. incognita*. Em *Meloidogyne* sp.2, o campo lateral é bem definido, com anus e vulva aparentes, similar ao padrão perineal descrito para *M. javanica*, e observou-se o fenótipo de esterase J3 (Rm 1,0, 1,16 e 1,24), típico desta espécie. No isolado *Meloidogyne* sp.3, a região do padrão perineal apresentou arco dorsal alto, arredondado e estrias finas, semelhante a *M. enterolobii* e perfil de esterase M2 (Rm 0,7 e 0,95), característico desta espécie.

Nos parâmetros morfométricos, na população *Meloidogyne* sp.1, em fêmeas foi registrado o valor médio em relação ao comprimento do corpo de 435.0 ± 5.5 (382.1-440.0) μm ; o estilete mediu 13.3 ± 0.2 (12.8-13.7) μm de comprimento; a distância entre a abertura da glândula dorsal do esôfago e a base dos nódulos basais do estilete (DGO), 2.2 ± 0.1 (1.8-2.5) μm . Para os juvenis de segundo estágio, o comprimento corporal foi de 335 ± 3.5 (315.2-400.1) μm ; comprimento do estilete, 10.1 ± 0.2 (12.8-13.7) μm ; DGO igual a 2,2 μm . As medidas da cauda (c) foram de 8.70 ± 1.1 (7.90-9.81) μm e o comprimento da cauda/largura do corpo na altura do ânus foi de 4.88 ± 0.6 (3.55-4.90) μm (c').

Na população *Meloidogyne* sp.2, as fêmeas apresentaram os seguintes valores médios em relação ao comprimento do corpo: 458 ± 4.2 (352.0-470.0) μm ; o estilete mediu 15.0 ± 0.1 (13.9-15.1) μm e o DGO foi de 3.2 ± 0.1 (2.7-4.0) μm . Para os juvenis de segundo estágio, o comprimento corporal foi de 340.0 ± 4.0 (312.0-357.4) μm ; o comprimento do estilete foi de 9.8 ± 0.1 (8.8-11.5) μm ; DGO igual a 2.0 ± 0.1 (1.8-3.2) μm ; e medições de $c = 8,50$ μm e $c' = 4.85 \pm 0.4$ (3.98-5.15) μm , com afilamento na região terminal. Na população *Meloidogyne* sp.3, as fêmeas obtiveram valores médios em relação ao comprimento do corpo de 542 ± 6.0 (423.0-651.3) μm ; o estilete mediu 14.2 ± 0.2 (12.9-16.1) μm de comprimento, o DGO foi de 3.4 ± 0.1 (2.9-3.9) μm . Para os juvenis de segundo estágio, o comprimento corporal foi de 370.0 ± 3.5 (322.1-398.1) μm ; comprimento

do estilete 10.1 ± 0.2 (9.7-11.9) μm ; DGO igual a 3.1 ± 0.2 (2.5-3.8) μm ; e medições de $c = 8.3 \pm 0.2$ (7.65-8.90) μm e $c' = 4.1 \pm 0.5$ (3.78-4.03) μm . Nas três populações de *Meloidogyne* (*Meloidogyne* sp.1, *Meloidogyne* sp.2 e *Meloidogyne* sp.3), machos não foram encontrados.

As sequências das regiões de rDNA estudadas foram submetidas ao GenBank (ITS: MZ747738-MZ747740 e D2-D3 28S: MZ753907-MZ753909) e revelaram 99% de identidade com sequências de isolados da China, EUA e Brasil. As análises filogenéticas dessas sequências, usando MV, as populações de *Meloidogyne* (Sm01-08) ficaram em um clado com as sequências de *M. incognita*, a sequência de *Meloidogyne* sp.2 (Sm09) se agrupou em clado de *M. javanica* e *Meloidogyne* sp.3 (Sm10) em clado com *M. enterolobii* do GenBank, confirmando como isolados de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* (Fig. 1).

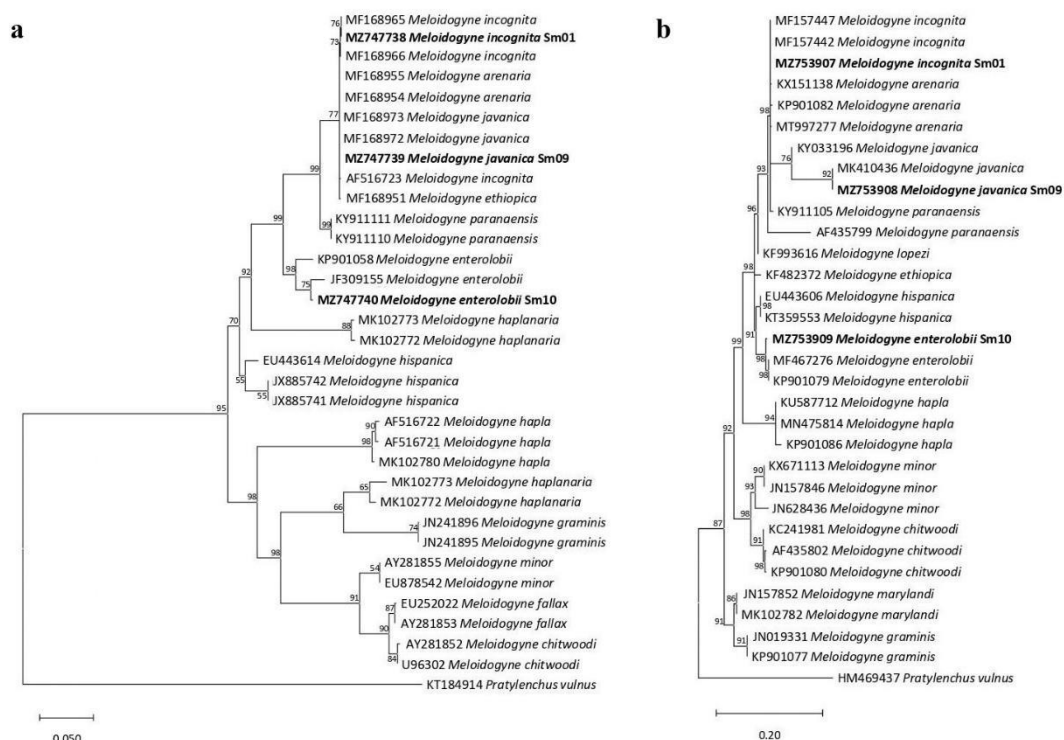


Fig. 1 Relação filogenética de espécies de *Meloidogyne* com base no alinhamento de sequência da região ITS rDNA (a) e de fragmentos de expansão rDNA D2-D3 (b). A árvore filogenética foi estimada por Máxima Verossimilhança. *Pratylenchus vulnus* foi usado como grupo externo. A barra de escala indica o número esperado de substituições por site.

Para confirmar a patogenicidade, mudas de cajazeira com 40 dias foram colocadas em solo autoclavado e após três dias foram inoculadas com suspensão de 10.000 ovos+J2 de *M. incognita* (Sm01), *M. javanica* (Sm09) e *M. enterolobii* (Sm10). Os inóculos foram obtidos das populações originais que foram mantidas em casa de vegetação, com

temperaturas entre 28 e 30° C. Mudanças não inoculadas foram utilizadas como testemunha. Após 60 dias da inoculação, foram realizadas as avaliações. A parte aérea, não apresentou sintomas. Nas raízes das mudas inoculadas com as três populações de *Meloidogyne*, foi possível, observar galhas. Assim, as raízes foram cuidadosamente lavadas, abertas e visualizadas ao microscópio óptico, foi possível observar fêmeas de *Meloidogyne* spp. em todos os estágios de desenvolvimento. Nenhum sintoma foi observado nas plantas de controle.

Estudos científicos relacionando *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* com o gênero *Spondias* são poucos. Ponte e Casto (1976) observaram *M. incognita* e *M. hapla* em raízes de *S. mombin*. Silva et al. (2016) relataram a ocorrência de *M. javanica* em *S. mombin* no estado do Ceará, Brasil. Souza e Costa (2010) observaram *Meloidogyne* spp. na produção de mudas de *Spondias* no estado do Ceará e especialmente nas raízes de mudas de *S. mombin*, foi possível observar a formação de galhas. Em decorrência disso, os autores recomendaram a formação de mudas em bancadas para evitar o contato com o solo da estufa e a possível infecção das raízes. Por se tratar de uma planta perene, os cuidados devem ser redobrados na produção de mudas isentas desse patógeno. Uma vez que, após a cultura ser implantada em uma área isenta, é praticamente impossível manejar sem erradicar todas as plantas. Por isso, saber qual espécie de *Meloidogyne* está presente em uma determinada área é de extrema importância na tomada de decisão ao se planejar um pomar.

O atual estudo valida *S. mombin* como hospedeira de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* e fornece contribuição significativa para a distribuição de espécies de *Meloidogyne* parasitando *S. mombin* no Brasil. É o primeiro relato de *M. enterolobii* parasitando *S. mombin* no mundo.

Agradecimentos

Este trabalho contou com o apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes) e da Empresa Paraibana de Pesquisa em Extensão Rural e Regularização Fundiária (Empaer).

Referências

- 157 Bosco, J., Soares, K. T., Aguiar Filho, S. P., & Barros, R. V. (2000). *A cultura da*
 158 *cajazeira*. João Pessoa: EMEPA-PB, 29 p.
- 159 Carneiro, R. M. D. G., & Almeida, M. R. A. (2001). Técnica de eletroforese usada no
 160 estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies.
 161 *Nematologia Brasileira*, 25(1), 35-44.
- 162 Freitas, L.G., Neves, W. S., & Oliveira, R. D. L. Métodos em nematologia vegetal. In:
 163 Alfenas, A. C., & Mafia, R. G. Métodos em Fitopatologia. 2. ed. Viçosa: Editora
 164 UFV, 2016. p. 257-296.
- 165 Janick, J., & Paull, R. E. *Encyclopedia of fruit and nuts*. Wallingford: CABI, 2006. 954
 166 p.
- 167 Katoh, K., & Standley, D. (2013). MAFFT multiple sequence alignment software version
 168 7: improvements in performance and usability. *Molecular biology and evolution*,
 169 30(4), 772-780.
- 170 Katoh, K., & Toh, H. (2013). MAFFT multiple sequence alignment software version 7:
 171 improvements in performance and usability. *Molecular Biology and Evolution*, 30,
 172 772-780.
- 173 Mitchell, J. D., & Daly, D. C. (2015). A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the
 174 Neotropics. *PhytoKeys*, 55, 1-92.
- 175 Ponte, J. J., Lemos, J. W. V., Castro, F. E., & Maria, L. (1976). Comportamento de plantas
 176 frutíferas tropicais em relação a nematoides das galhas. *Fitopatologia Brasileira*, 1,
 177 29-33.
- 178 Posada, D. (2008). jModelTest: phylogenetic model averaging. *Molecular Biology and*
 179 *Evolution*, 25, 1253–1256.
- 180 Powers, T. O., & Harris, T. S. (1993). A Polymerase Chain Reaction method for
 181 identification of five mayor *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, 25, 1-6.
- 182 Ronquist, F., Teslenko, M., Van Der Mark, P., Ayres, D. L., Darling, A., Höhna, S.,
 183 Larget, B., Liu, L., Suchard, M. A., & Huelsenbeck, J. P. (2012). MrBayes v. 3.2:
 184 efficient Bayesian phylogenetic inference and model choice across a large model
 185 space. *Systematic Biology*, 61, 539–542.
- 186 Sacramento, C. K., & Souza, F. X. (2009). Cajá. In: Santos-serejo, J. A., Dantas, J. L. L.,
 187 Sampaio, C. V., & Coelho, Y. S. (Ed.). Fruticultura Tropical: espécies regionais e
 188 exóticas. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica. Cap. 5 p. 83-105.
- 189 Sacramento, C. K., & Souza, F. X. *Cajá (Spondias mombin L.)*. Jaboticabal: Funep, 2000.
 190 42 p.

- 191 Sacramento, C. K., Ahnert, D., Barretto, W. S., & Farias, J. C. Recursos genéticos e
192 melhoramento de *Spondias* no Estado da Bahia cajazeira, cirigueleira e cajaraneira.
193 In: Lederman, I. E.; Lira Junior, J. S., & Silva Junior, F. *Spondias* no Brasil: Umbú,
194 Cajá e Espécies Afins. Recife: Editora Universitária da UFRPE; 2008. p. 54-6.
- 195 Silva, M. D. C. L. D., Santos, C. D. G., & Silva, G. S. D. (2016). Espécies de *Meloidogyne*
196 associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. *Revista Ciência*
197 *Agronômica*, 47, 710-719.
- 198 Souza, F. X., & Costa, J. T. A. (2010). Produção de mudas das *Spondias* cajazeira,
199 cajaraneira, cirigueleira, umbu-cajazeira e umbuzeiro. Fortaleza: Embrapa
200 Agroindústria Tropical, 26p.
- 201 Taylor, A. L., & Netscher, C. (1974). An improved technique for preparing perineal
202 patterns of *Meloidogyne* spp. *Nematologica*, 20, 268-269.
- 203 Tihohod, D. (1997). Guia prático para a identificação de fitonematóides. Jaboticabal:
204 FCAV, FAPESP, 246p.

CAPÍTULO III

**Resposta de mudas de cajazeira, cajaraneira e umbuzeiro em relação ao parasitismo de
Meloidogyne spp.**

A ser enviado: **European Journal of Plant Pathology**
Dordrech, Holanda
JCR = 1,582

Resposta de mudas de cajazeira, cajaraneira e umbuzeiro em relação ao parasitismo de *Meloidogyne* spp.

Marilene Fatima Lunardi^a; Christiane Mendes Cassimiro Ramires^b; Mariana Ferreira de Lima David^a; Daniel Henrique Feitosa e Silva ^a, Thais Fernanda da Silva Vicente^c; Ivis Andrei Campos e Silva^c, Elvira Maria Regis Pedrosa^c; Lilian Margarete Paes Guimarães^a.

^aDepartamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52.171-900, Recife-PE, Brazil. E-mail: marilene.lunardi@hotmail.com; marif.agro@gmail.com; daniel.hfesilva@gmail.com; lilian.guimaraes@ufrpe.br

^bEmpresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária, CEP 58.108-502, Cabedelo-PB, Brazil. E-mail: christianecassimiro@hotmail.com

^cDepartamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52.171-900, Recife-PE, Brazil. E-mail: vicente.thais@Yahoo.com.br; ivisandrei@gmail.com; elvira.pedrosa@ufrpe.br.

*Author for correspondence: lilian.guimaraes@ufrpe.br

Resumo

Plantas do gênero *Spondias* possuem ótimo potencial para a fruticultura, encontram-se de forma natural nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Apresentam diversos problemas fitossanitários, alguns ainda desconhecidos ou pouco estudados, como ocorre com a meloidoginose. O objetivo do presente estudo foi avaliar o comportamento de mudas de cajazeira, cajaraneira e umbuzeiro a diferentes níveis de suspensão de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, com cinco tratamentos e sete repetições para cada espécie de planta e de *Meloidogyne* avaliada. Aos seis meses após a inoculação foram avaliados o peso fresco da parte aérea, peso fresco do sistema radicular, altura da planta, número de galhas, número de massa de ovos, número de ovos por grama de raiz e o fator de reprodução. Verificou-se a ocorrência de galhas e multiplicação dos nematoides nos genótipos

33 analisados, com exceção da cajazeira, com reduzido número de galhas e sem evidência da
 34 multiplicação de *M. javanica*, sendo considerada imune, porém, suscetível a *M. incognita* e
 35 *M. enterolobii*. A cajaraneira apresentou resistência a *M. incognita* e *M. enterolobii*, e,
 36 suscetibilidade a *M. javanica*. O umbuzeiro denotou suscetibilidade às três espécies de
 37 *Meloidogyne* avaliadas.

38
 39 **Palavras-chave:** Nematode-das-galhas, *S. mombin*, *S. dulcis*, *S. tuberosa*, Fruteira perene

40 41 **Abstract**

42 Plants of the genus *Spondias* have great potential for fruit farming. They are
 43 naturally found in the North and Northeast regions of Brazil. They show several
 44 phytosanitary issues, some still unknown or little studied, like diseases caused by root-knot
 45 nematodes. The present study aimed to evaluate the host status of seedlings of hog plum,
 46 Jew plum, and Brazil plum at different levels of suspension of *M. incognita*, *M. javanica* and
 47 *M. enterolobii* under greenhouse conditions. The experimental design was completely
 48 randomized, with five treatments and seven replications for each plant and *Meloidogyne*
 49 species evaluated. At six months after inoculation, fresh shoot weight, fresh root weight,
 50 plant height, number of galls, number of egg masses, number of eggs per gram of root and
 51 reproduction factor were evaluated. It was observed the occurrence of galls and
 52 multiplication of nematodes in the analyzed genotypes, except for hog plum, with a reduced
 53 number of galls and without evidence of multiplication of *M. javanica*, being considered
 54 immune; however, susceptible to *M. incognita* and *M. enterolobii*. The Jew plum showed
 55 resistance to *M. incognita* and *M. enterolobii*, and susceptibility to *M. javanica*. The Brazil
 56 plum exhibited susceptibility to the three species of *Meloidogyne* evaluated.

57
 58 **Key words:** Root-knot nematode, *Spondias mombin*, *Spondias dulcis*, *Spondias tuberosa*,
 59 Perennial fruit tree

60
 61 Fruteiras nativas e exóticas do gênero *Spondias* pertencem à família Anacardiaceae
 62 (Mitchell e Daly 2015) e são importantes nas regiões Norte e Nordeste do Brasil, tanto no
 63 âmbito ambiental, econômico, sociocultural como no farmacêutico (Romano et al. 2013;
 64 Silva et al. 2014). Dentre elas, tem-se a cajazeira (*Spondias mombin* L.), nativa das florestas
 65 tropicais da América Central e do Sul (Mitchell e Daly 2015); a cajaraneira ou cajá-manga
 66 (*Spondias dulcis* Parkinson ou *Spondias cythera* Parkinson), nativa da Ásia (Mitchell e Daly

2015), presentes nos estados da região Norte e Nordeste, o umbuzeiro (*Spondias tuberosa* Arruda Câmara), nativo do Semiárido brasileiro, árvore típica da Caatinga (Mitchell e Daly 2015; Kiill et al. 2016).

São plantas que ainda estão no processo de domesticação (Romano et al. 2013; Fonseca et al. 2017; Saturnino et al. 2019), porém, desde os anos 90 alguns pomares comerciais estão sendo implantados e a comercialização dos frutos de cada espécie tem variação entre os estados brasileiros (Saturnino et al. 2019). Dessa forma, vários distúrbios fitossanitários começaram a surgir, dentre eles os causados por espécies de *Meloidogyne*, apontadas como os nematoides com maior importância para o gênero *Spondias*, por possuírem numerosas hospedeiras e, principalmente, pela facilidade de disseminação (Moreira et al. 2002; Costa et al. 2019).

Ao realizar um levantamento de nematoides em diversas fruteiras no estado do Ceará, Ponte et al. (1976), indicaram a presença de *M. incognita* e *M. javanica* em cajaraneira; *M. incognita* em ciriguela e *M. incognita* e *M. hapla* Chitwood 1949 em cajazeira. Em produção de mudas de *Spondias*, Souza e Costa (2010) relataram a formação de galhas nas raízes, em especial em cajazeira.

Silva et al. (2016), em trabalho de identificação de espécies de *Meloidogyne* em associação com vegetais de regiões produtoras no estado do Ceará, descreveram a presença de *M. javanica* em cajazeira e *M. incognita* em cajaraneira e umbucajazeira. Em plantas de *Spondias* adultas, os sintomas do parasitismo ainda são desconhecidos, sendo essencial analisar a rizosfera e as raízes para detecção desses fitoparasitos (Freire e Cardoso 1997; Ferraz e Brown 2016).

Algumas fruteiras, ao serem expostas aos nematoides-das-galhas, exibem sintomas tanto na raiz quanto na parte aérea. Amarelecimento e morte ainda na fase de mudas são muito comuns. Quando chegam ao campo, são fontes de disseminação do patógeno e se conseguir atingir a fase de produção, esta costuma ser irrisória (Dias-Arieira et al. 2008; Ferraz e Brown 2016).

Nos mais diversos cultivos ao redor do mundo, os nematoides-das-galhas são responsáveis por diminuir e até mesmo inviabilizar a produção de inúmeras culturas. Na fruticultura, o problema é intensificado devido ao tempo que as plantas ficam na área (Ritzinger et al. 2006; Dias-Arieira et al. 2010). *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood 1949, *M. incognita* (Kofoed & White, 1949) Chitwood 1949 e *M. enterolobii* Yang e Eisenback, 1983 são conhecidos pelos diversos problemas causados em pomares (Dias-Arieira et al. 2008; Gomes et al. 2012; Freitas et al. 2015; Castro, 2019).

Assim, o objetivo deste estudo foi avaliar a reação de mudas de cajazeira, de cajaraneira e de umbuzeiro, obtidas por sementes, a diferentes níveis de inóculo de *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* em condições de casa de vegetação.

Os experimentos foram realizados entre outubro de 2016 e maio de 2018. As populações de *M. enterolobii*, *M. javanica* e *M. incognita* utilizadas neste estudo pertencem ao Laboratório de Fitonematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/SEDE), e foram mantidas em mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada. A identificação de *M. enterolobii*, *M. javanica* e *M. incognita* foi feita com base no fenótipo de esterase por meio da eletroforese de isoenzimas (Carneiro e Almeida 2001). A técnica de extração utilizada foi a de Hussey e Barker (1973) e as suspensões obtidas foram calibradas quanto ao número de ovos+J2, para cada uma das espécies, em lâmina de Peters sob microscópio ótico.

As sementes de cajazeira foram retiradas do acesso 11 do Banco de Germoplasma da Estação Experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC), pertencente à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária – EMPAER/PB (7°13'20" S, 34°48'22" W - 28 m altitude). As sementes de cajaraneira (genótipo 001) foram recolhidas de uma planta presente na EECJIC. As sementes de umbuzeiro foram coletadas no município de Picuí-Vertentes/PB (6°36'606" S, 36°19'764" W).

Os frutos foram colhidos durante a safra de 2016 e 2017, de árvores adultas, produtivas e saudáveis, despolpados em peneiras e, em seguida, as sementes foram colocadas para secar em temperatura ambiente. A semeadura da cajazeira e do umbuzeiro foi efetuada a uma profundidade de 2-3 cm em bandejas plásticas. Para as sementes de cajaraneira, utilizaram-se copos descartáveis (100 ml), ambos contendo areia lavada esterilizada por meio de autoclavagem, em temperatura de 120 °C, pressão de 1 atm durante 1h, sendo o processo repetido após 24h. As bandejas e os copos com as sementes, ficaram em ambiente coberto com filme transparente e sombrite de 50%, com temperatura média de 28 °C na EECJIC.

Depois da germinação, quando as plântulas estavam com caulículos eretos e apresentavam, aproximadamente, 10 cm de altura, foram transferidas para a casa de vegetação do Departamento de Agronomia, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE). As plântulas foram repicadas para sacos de polietileno com dimensões de 15x10x20 cm (3.000 cm³ solo), contendo solo esterilizado por meio de autoclavagem (temperatura de 120 °C, pressão de 1 atm durante 1h, sendo o processo repetido após 24h) e colocadas em casa de vegetação coberta com filme plástico transparente e sombrite de 50 %.

com temperatura média de 28 °C. Após 15 dias do transplântio, as suspensões foram depositadas ao redor do caule da planta a 1,5 cm de distância e a 2,5 cm de profundidade. e, cessou-se a irrigação por dois dias consecutivos, com objetivo de evitar a lixiviação do inóculo, favorecendo, assim, a adaptação do patógeno ao meio.

Aos 120 dias após a inoculação das plantas (DAI), foi determinada a altura da planta (AP) em centímetros. A seguir, as plantas foram retiradas dos vasos, a parte aérea foi separada do sistema radicular com tesoura e as raízes foram cuidadosamente lavadas em água corrente. Foi determinado o peso fresco da parte aérea (PFPA) e o peso fresco do sistema radicular (PFR) em gramas. Nas raízes foram quantificados, os números de galhas (NG), número de massa de ovos (NMO), número de ovos por grama de raiz (NOR) e, por fim, foi calculado o fator de reprodução ($FR = \text{população final} / \text{população inicial}$) segundo metodologia proposta por Oostenbrink (1966). A caracterização das reações das plantas foi baseada na escala proposta por Taylor e Sasser (1978), em que plantas com $FR=0$ foram consideradas imunes (I), $FR < 1$, resistentes (R) e plantas com $FR \geq 1$ foram classificadas como suscetíveis (S).

Os ovos+J2 foram extraídos das raízes infectadas usando NaClO (hipoclorito de sódio) a 0,5 % de acordo com metodologia de Hussey e Barker (1973) adaptada por Boneti e Ferraz (1981). O número de ovos por sistema radicular foi obtido por contagem sob microscópio óptico com o auxílio da lâmina de Peters. Parte do sistema radicular foi submetido à coloração com fucsina ácida, metodologia adaptada de Byrd et al. (1983), para observar se houve a penetração e desenvolvimento de *Meloidogyne* spp. no interior das raízes.

A condução dos ensaios foi em delineamento inteiramente casualizado, em que as parcelas/tratamentos consistiram em cinco níveis de inoculação: 0 (testemunha), 5.000 (1,7 ovos+J2/cm³ de solo), 10.000 (3,3 ovos+J2/cm³ de solo), 20.000 (6,7 ovos+J2/cm³ de solo) e 30.000 (10 ovos+J2/cm³ de solo) ovos+J2. Cada tratamento dispôs de 7 repetições, totalizando 35 unidades experimentais, para cada espécie de planta e de *Meloidogyne* (*M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*) avaliada.

Os dados foram submetidos à análise de variância para avaliar as diferentes concentrações de inóculo. Quando necessário, os dados foram transformados em Log (x), Log (x+1), $\sqrt{x+1}$ e $\sqrt{x-1}$ para atender os pressupostos da normalidade. Observada a significância dos tratamentos, foi realizado o ajuste de regressões lineares, quadráticas e cúbicas. As análises foram realizadas utilizando o software R versão 4.1.0 (R Core Team, 2020) e o pacote ExpDes.pt (Ferreira et al. 2021).

Nas mudas de cajazeira, a AP e o PFR e inoculados com *M. javanica* foram influenciados pelo aumento das concentrações de inóculo. Entretanto, o PFPA não sofreu influência. Ressalta-se que, nas mudas inoculadas com *M. javanica*, não foram observados NG, NMO e NOR (Tabela 1). Com relação a *M. incognita*, o PFR, o PFPA e a AP não sofreram influência do inóculo, porém o NG, NMO e NOR sim (Tabela 1). Para *M. enterolobii*, o PFR, o NG, o NMO e o NOR foram influenciados pelo de inóculo, já o PFPA e a AP não (Tabela 1).

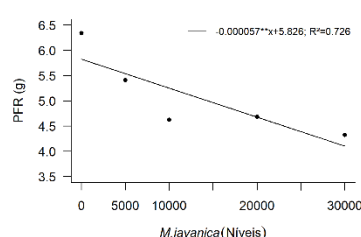
Tabela 1. Análise de variância das variáveis peso fresco da raiz (PFR), peso fresco da parte aérea (PFPA), altura da planta (AP), número de galhas (NG), número de massa de ovos (NMO) e número de ovos por grama de raiz (NOR) para a cultura da cajazeira.

FV	GL	PFR	PFPA	AP	NG	NMO	NOR
Quadrados Médios							
<i>M. javanica</i>							
Tratamento	4	4.6033*	3.6714 ^{ns}	24.5429**	-	-	-
Resíduo	30	1.2181	2.8762	4.1333	-	-	-
Total	34						
<i>M. incognita</i>							
Tratamento	4	1.1681 ^{ns}	1.5286 ^{ns}	4.4000 ^{ns}	11724.9**	18.3616**	384.76**
Resíduo	30	1.1374	3.7810	2.0762	112.2	0.3437	2.51
Total	34						
<i>M. enterolobii</i>							
Tratamento	4	0.057532*	3.9714 ^{ns}	5.3286 ^{ns}	12707.9**	13530.5**	16.2849**
Resíduo	30	0.014892	4.0667	2.8952	89.7	109.3	0.0307
Total	34						

FV=fonte de variação; GL=grau de liberdade; NS= Não significativo; *, ** =significativo a 5 e a 1% de probabilidade ao teste F.

O PFR reduziu de forma linear, em 37,1 %, com o aumento dos níveis de inóculo de *M. javanica*, (Figura 1A). Já a AP foi reduzida seguindo uma tendência quadrática, sendo a menor altura de 13,8 cm na concentração estimada de 18.292 ovos+J2, o que corresponde a uma redução de 26,8% em relação a testemunha (Figura 1B).

A



B

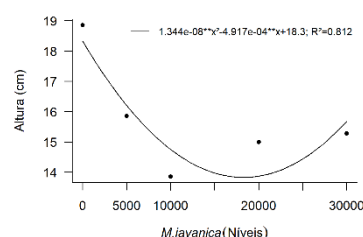


Fig 1. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da (PFR) (A) e altura da planta (AP) (B), após inoculação de mudas de cajazeira com *M. javanica*.

Com relação às plantas inoculadas com *M. incognita*, houve um aumento linear no NG e no NMO, que variou de zero a 100 galhas e de zero a 64 massas de ovos da menor para a maior concentração de inóculo, respectivamente (Figura 2A e 2B). Já o NOR, aumentou seguindo uma tendência quadrática, em que a maior quantidade de NOR foi de 5.855 na concentração de inóculo estimada de 22.782 ovos+j2 (Figura 2C).

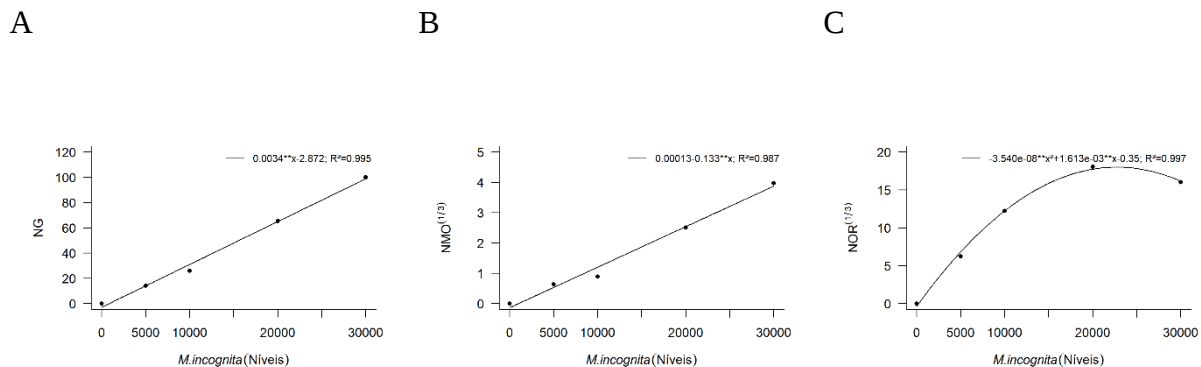
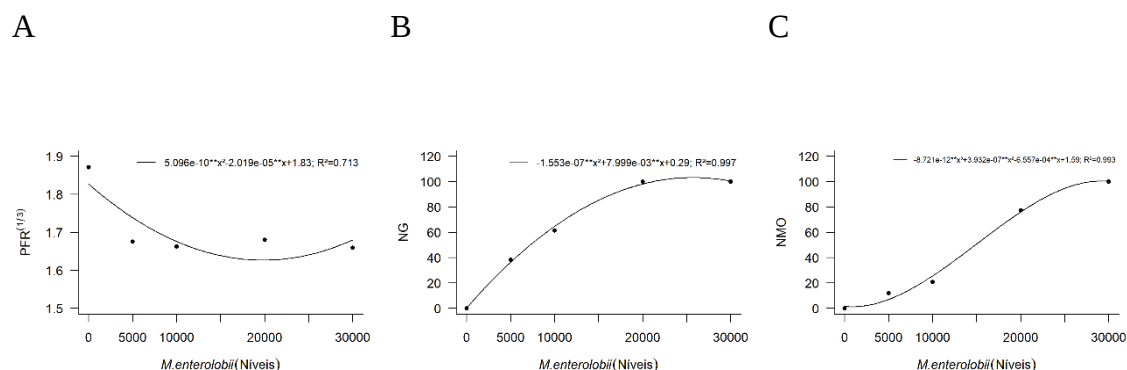


Fig 2. Análise de regressão para as variáveis número de galhas (NG) (A), número de massa de ovos (NMO) (B), número de ovos por grama de raiz (NOR) (C), após inoculação de mudas de cajazeira com *M. incognita*.

Analisando as mudas inoculadas com *M. enterolobii*, houve declínio do PFR de forma quadrática de acordo com o incremento da concentração de inóculo. O menor PFR foi de 4,3 g, na concentração de inóculo estimada em 19.809 ovos+J2, uma redução de 36,2 % (Figura 3A). O NG, o NMO e o NOR aumentaram em função do acréscimo da densidade populacional, com os maiores valores nas maiores concentrações de inóculo (100, 100 e 4890, respectivamente) (Figura 3B, 3C e 3D).



D

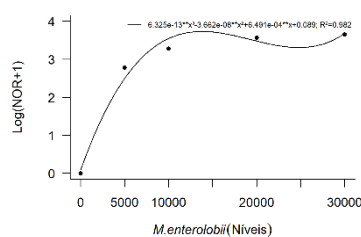


Fig 3. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), número de galhas (NG) (B), número de massa de ovos (NMO) (C) e número de ovos por grama de raiz NOR (D), após inoculação de mudas de cajazeira com *M. enterolobii*.

Para as mudas de cajaraneira inoculadas com *M. javanica*, o PFR, o PFPA, o NG, o NMO e o NOR foram influenciados pelo aumento do inóculo. Já a AP não sofreu influência dos tratamentos (Tabela 2). Nas mudas inoculadas com *M. incognita*, houve efeito significativo do aumento das concentrações de inóculo apenas para o NG e NOR. Porém, o PFR, o PFPA e AP não sofreram interferência significativa das diferentes concentrações de inóculo (Tabela 2). Para *M. enterolobii*, o PFR, a AP e o NOR foram influenciados pelo aumento da densidade populacional do inóculo. O PFPA não sofreu alteração com os tratamentos (Tabela 2). Nas mudas inoculadas com *M. incognita* não foram constatadas NMO nas raízes, semelhante ao que ocorreu nas mudas inoculadas com *M. enterolobii* em que NG e NMO não foram observadas.

Tabela 2. Análise de variância das variáveis peso fresco da raiz (PFR), peso fresco da parte aérea (PFPA), altura da planta (AP), número de galhas (NG), número de massa de ovos (NMO) e número de ovos por grama de raiz (NOR), para a cultura da cajaraneira.

FV	GL	PFR	PFPA	AP	NG	NMO	NOR
Quadrados Médios							
<i>M. javanica</i>							
Tratamento	4	26.1**	22.1**	26.214 ^{ns}	9665.6**	2003.04**	9.8445**
Resíduo	30	1.8667	1.6667	10.991	317.1	131.35	0.0545
Total	34						
<i>M. incognita</i>							
Tratamento	4	3.2429 ^{ns}	5.8143 ^{ns}	17.4 ^{ns}	1.80909**	-	269.699**
Resíduo	30	2.5524	3.7143	7.4	0.04898	-	22.333
Total	34						
<i>M. enterolobii</i>							
Tratamento	4	0.09476**	12.328 ^{ns}	21.328**	-	-	222.41**
Resíduo	30	0.013327	6.1524	3.4095	-	-	2.57
Total	34						

FV=fonte de variação; GL=grau de liberdade; NS= Não significativo; *, ** =significativo a 5 e a 1% de probabilidade ao teste F.

O PFR e o PFPA decresceram 30% e 17,5%, respectivamente, com o aumento da concentração de inóculo, sendo os menores valores dessas variáveis encontrados nas maiores concentrações (Figura 4A, 4B). Houve aumento no NG, NMO e NOR com o acréscimo da concentração de inóculo, sendo o maior NG (97) observado na concentração de inóculo estimada de 13.188 ovos+J2; maior quantidade de NMO (38) na concentração estimada de 16.069 ovos+J2 e maior NOR (1.311) na concentração estimada de 11.878 ovos+J2 (Figura 4C, 4D e 4E).

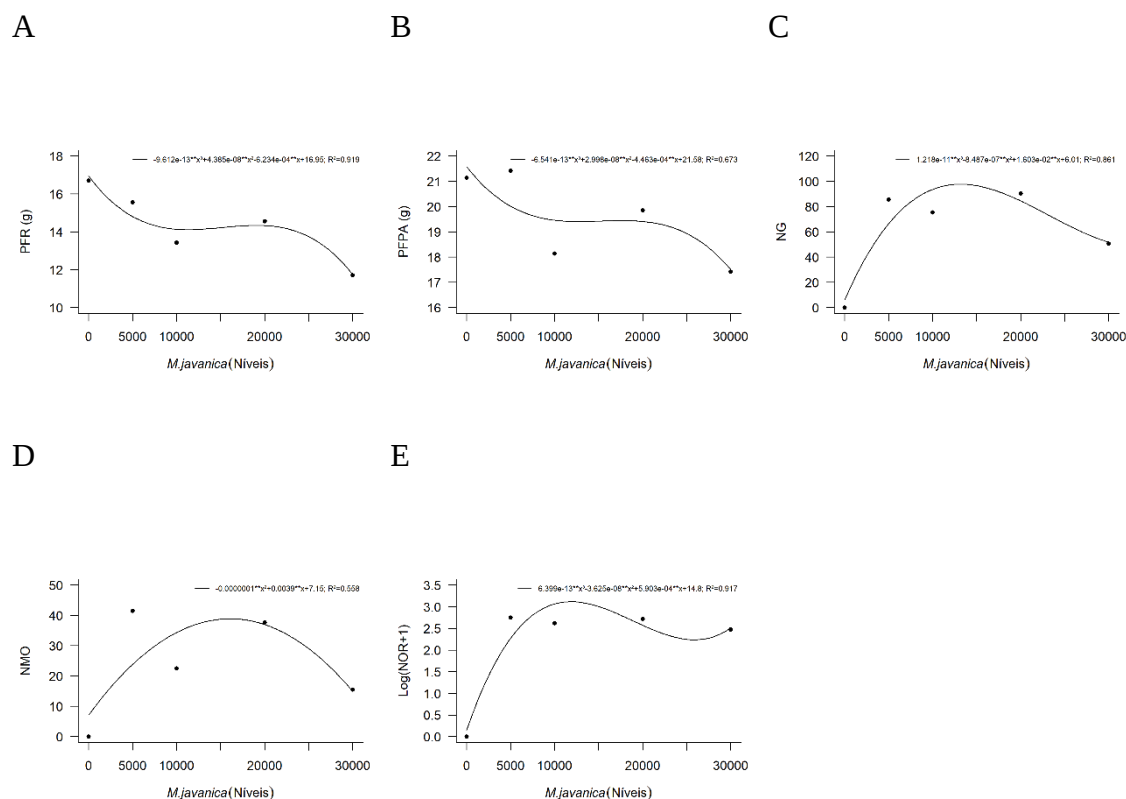


Fig 4. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), peso fresco da parte aérea (PFPA) (B), número de galhas (NG) (C), número de massa de ovos (NMO) (D) e número de ovos por grama de raiz (NOR) (E), após inoculação de mudas de cajaraneira com *M. javanica*.

Nas mudas inoculadas com *M. incognita*, observou-se acréscimo significativo em NG e NOR com o aumento da concentração de inóculo (Figura 5A e 5B), sendo o maior NG (23) na concentração 9.939 ovos+J2 e o maior NOR (277) na concentração 10.430 ovos+J2.

A B

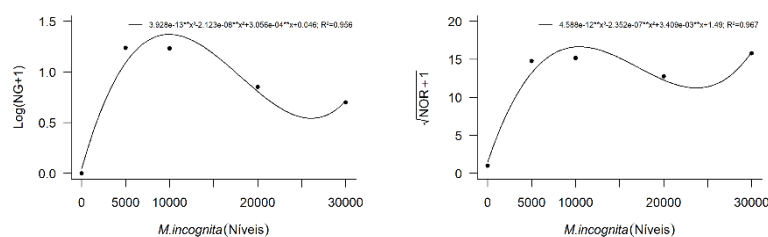


Fig 5. Análise de regressão para as variáveis número de galhas (NG) (A) e número de massa de ovos (NOR) (B), após inoculação de mudas de cajaneira com *M. incognita*.

Analizando as mudas inoculadas com *M. enterolobii* o PFR decresceu em função do aumento dos níveis de inóculo, com menor peso de 7,4 g na concentração de inóculo correspondendo a 23.149 ovos+J2, correspondendo a uma redução de 47,6% (Figura 6A). Para a AP, houve redução seguindo uma tendência quadrática, as mudas com maior altura (20,3 cm) foram observadas na concentração de inóculo de 6.609 ovos+J2, tendendo a reduzir após esse nível (Figura 6 B). Houve um aumento do NOR em decorrência do aumento do inóculo. Observou-se a maior quantidade de NOR (193) na densidade de inóculo de 24.174 ovos+J2 (Figura 6 C).

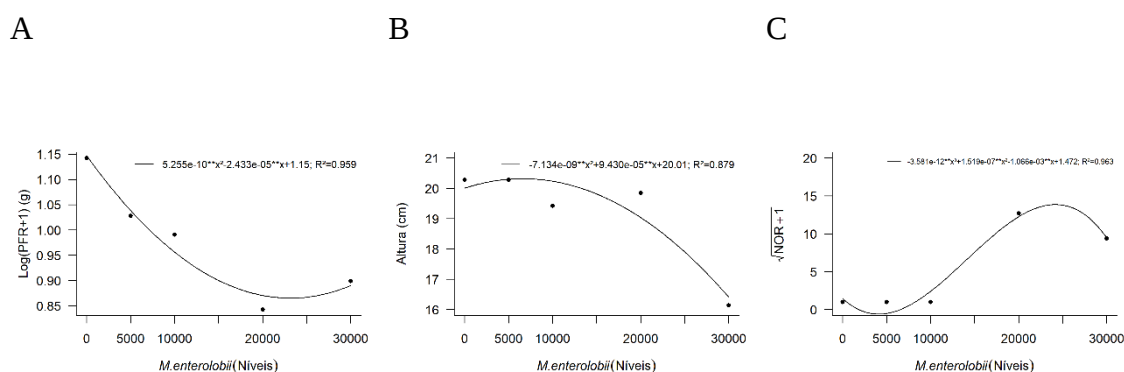


Fig 6. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), Altura da planta (AP) (B) e número de ovos por grama de raiz (NOR) (C), após inoculação de mudas de cajaneira com *M. enterolobii*.

Nas mudas de umbuzeiro inoculadas com *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* O PFR, a AP, o NG, o NMO e o NOR foram afetados pelo aumento das densidades populacionais do inóculo. Nenhuma das espécies de *Meloidogyne* avaliadas afetou o PFPA (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância das variáveis peso fresco da raiz (PFR), peso fresco da parte aérea (PFPA), altura da planta (AP), número de galhas (NG), número de massa de ovos (NMO) e número de ovos por grama de raiz (NOR) para a cultura umbuzeiro.

FV	GL	PFR	PFPA	AP	NG	NMO	NOR
Quadrados Médios							
<i>M. javanica</i>							
Tratamento	4	0.062209**	0.0051069 ^{ns}	90.814**	83.985**	10.5111**	8232.7**
Resíduo	30	0.01456	0.0062615	8.810	1.651	0.5188	159.2
Total	34						
<i>M. incognita</i>							
Tratamento	4	7.4567**	4.3143 ^{ns}	74.614**	9550.1**	22.2810**	17.7393**
Resíduo	30	0.8647	3.5238	17.924	176.7	0.7418	0.0238
Total	34						
<i>M. enterolobii</i>							
Tratamento	4	24.080**	6.6714 ^{ns}	0.0160266**	17036.4**	118.50**	19.8296**
Resíduo	30	1.665	2.7619	0.0041991	11.2	0.29	0.0298
Total	34						

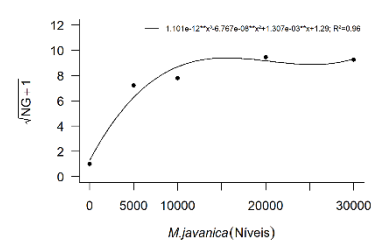
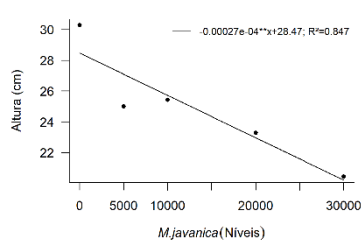
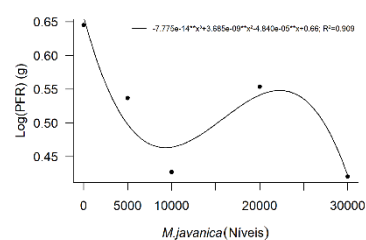
251 FV=fonte de variação; GL=grau de liberdade; NS= Não significativo; *, ** =significativo a 5 e a 1% de
 252 probabilidade ao teste F.

253 Nas mudas inoculadas com *M. javanica*, o PFR e a AP decresceram, 42,0 % e 32,5
 254 % respectivamente, em função da adição da concentração de inóculo, os menores valores
 255 das respectivas variáveis foram observados nas maiores concentrações de inóculo (Figura
 256 7A e 7B). As maiores concentrações de inóculo promoveram maior quantidade no NG (85)
 257 e NOR (9.096), a maior quantidade de NOR encontrada foi na concentração de inóculo de
 258 23.993 ovos+J2 (Figura 7C, 7D e 7E).

A

B

C



D

E

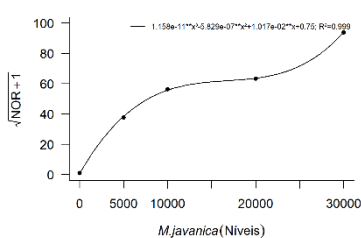
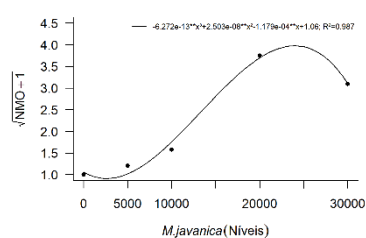


Fig 7. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), altura da planta (AP) (B), número de galhas (NG) (C), número de massa de ovos (NMO) (D) e número de ovos na raiz (NOR) (E), após inoculação de mudas de umbuzeiro com *M. javanica*.

O PFR nas mudas inoculadas com *M. incognita* reduziu 42,5% do menor para o maior nível de inoculação, já a menor AP foi observada na concentração de inóculo de 19.549 ovos+J2, correspondendo a 21,5 cm, redução de 27,3 % em relação a testemunha (Figura 8A e 8B). Houve aumento no NG, NMO e NOR em função do aumento das concentrações de inóculo (Figura 8C, 8D, 8E). Os maiores valores de NG, NMO e NOR foram observados nas maiores concentrações de inóculo, correspondendo a 83, 31 e 7.737, respectivamente.

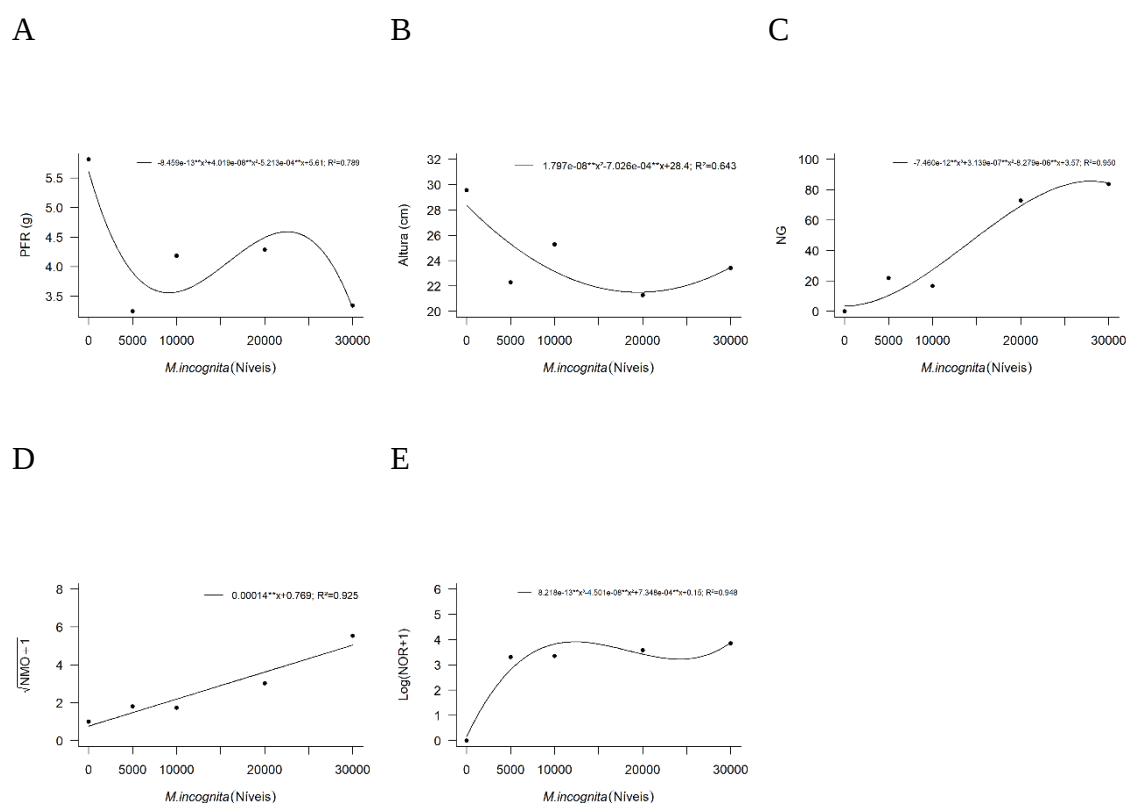


Fig 8. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), altura da planta (AP) (B), número de galhas (NG) (C), número de massa de ovos (NMO) (D) e número de ovos na raiz (NOR) (E), após inoculação de mudas de umbuzeiro com *M. incognita*.

Nas mudas inoculadas com *M. enterolobii*, houve decréscimo de 64% do PFR e 21,8% da AP com o aumento dos níveis de concentração do inóculo (Figura 9A e 9B). Já as maiores quantidades do NG, NMO e NOR foram observadas nas maiores concentrações de inóculo (Figura 9C, 9D e 9E).

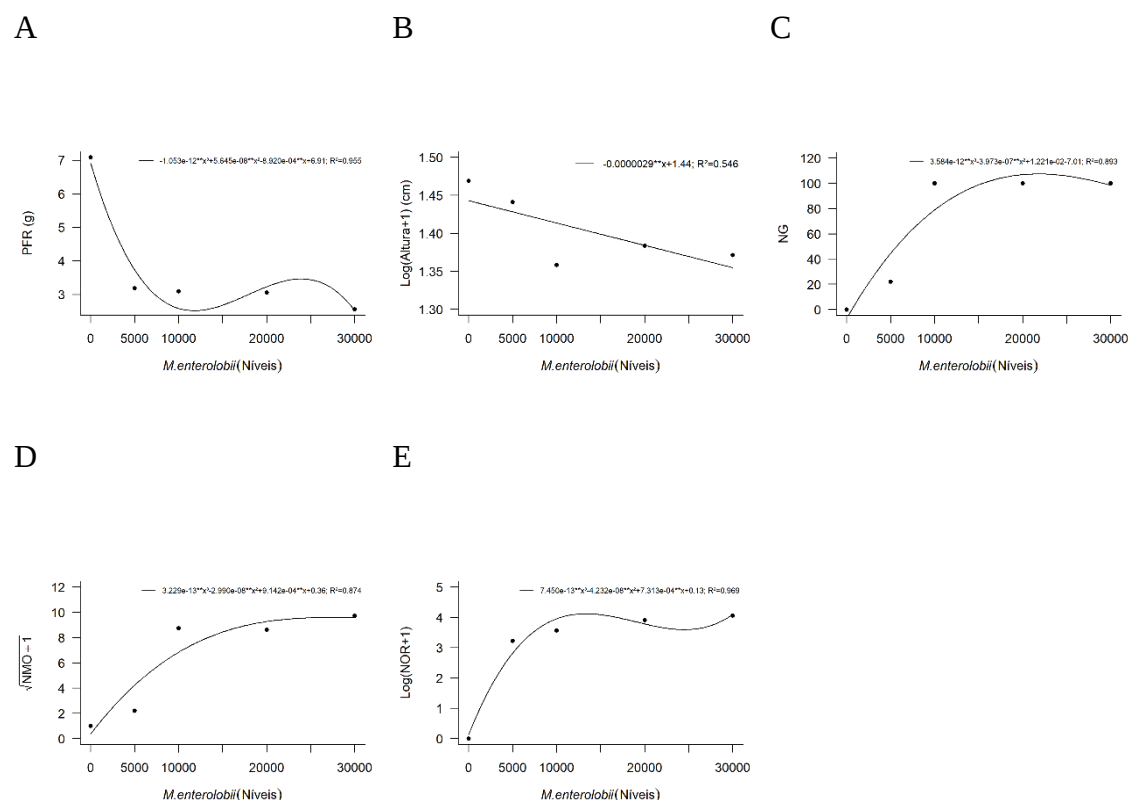


Fig 9. Análise de regressão para as variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), altura da planta (AP) (B), número de galhas (NG) (C), número de massa de ovos (NMO) (D) e número de ovos na raiz (NOR) (E) após inoculação de mudas de umbuzeiro com *M. enterolobii*.

Segundo a escala proposta por Taylor e Sasser (1978), das três espécies de *Spondias* estudadas e nas condições avaliadas, somente o umbuzeiro foi suscetível (S) a *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* (Tabela 4). A cajazeira, com FR=0, foi imune (I) a *M. javanica*. Em relação a *M. incognita*, na concentração de inóculo de 10.000 e 20.000 ovos+J2 apresentou suscetibilidade e, nas concentrações de inóculo de 5.000 e 30.000 ovos+J2, foi resistente. Para todas as concentrações de inóculo testadas, a cajazeira foi suscetível a *M. enterolobii* (Tabela 4). A cajaraneira apresentou resistência a *M. incognita* e *M. enterolobii*, em relação a *M. javanica*, na maior concentração de inóculo 30.000 ovos+J2, exibiu resistência, nas menores concentrações de inóculo denotou suscetibilidade (Tabela 4).

Tabela 04. Caracterização das reações da cajazeira, da cajaraneira e do umbuzeiro a *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* baseada na escala proposta por Taylor e Sasser (1978). Plantas com FR=0, foram consideradas imunes (I), FR<1, resistentes (R), e FR ≥1, suscetíveis (S).

<i>M. javanica</i>	<i>M. incognita</i>	<i>M. enterolobii</i>
--------------------	---------------------	-----------------------

Espécie de planta/Concentração inóculo	FR	Reação	FR	Reação	FR	Reação
Cajazeira 5000	0	I	0,2	R	1	S
Cajazeira 10000	0	I	1,0	S	1,1	S
Cajazeira 20000	0	I	1,0	S	1,3	S
Cajazeira 30000	0	I	0,5	R	1,2	S
Cajaraneira 5000	2,0	S	0,3	R	0,4	R
Cajaraneira 10000	1,0	S	0,2	R	0,1	R
Cajaraneira 20000	1,0	S	0,1	R	0,3	R
Cajaraneira 30000	0,2	R	0,1	R	0,3	R
Umbuzeiro 5000	1,0	S	1,2	S	1,0	S
Umbuzeiro 10000	1,0	S	1,0	S	1,1	S
Umbuzeiro 20000	1,0	S	1,0	S	1,3	S
Umbuzeiro 30000	1,0	S	1,0	S	1,0	S

FR=fator de reprodução

Após a coloração do sistema radicular com fucsina ácida (Byrd et al. 1983), nas raízes de mudas de umbuzeiro observou-se penetração de *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii*, tanto nos xilopódios (Imagem 1A, 1B e 1C) como nas raízes (Imagem 1D, 1E e 1F).

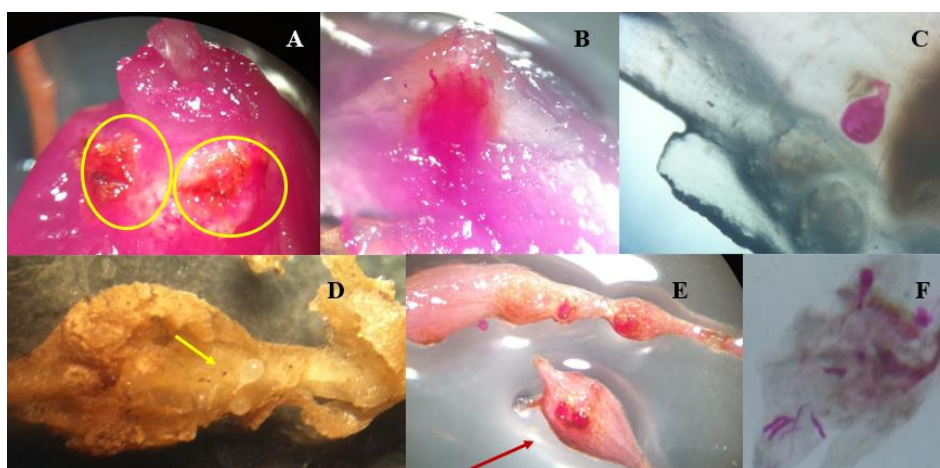


Imagem 1. A e B *M. javanica* e C *M. incognita* nos xilopódios. *M. enterolobii* nas raízes, D, E e F.

Nas raízes de mudas de cajazeira, houve penetração de *M. incognita* (Imagem 2A, 2B e 2C) e *M. enterolobii* (Imagem 2D, 2E).

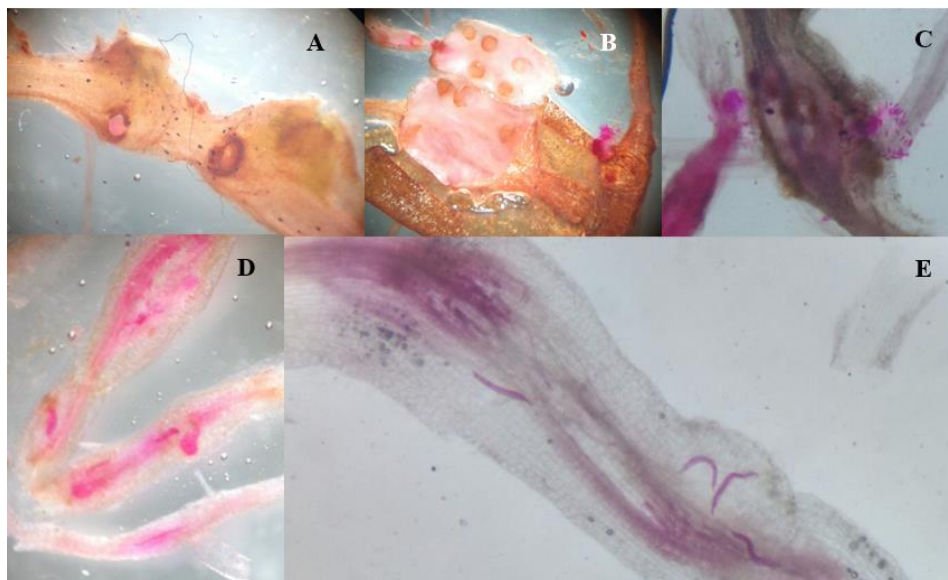


Imagem 2. A, B e C *M. incognita* e D e E *M. enterolobii* nas raízes de mudas de cajazeira.

Em raízes de mudas de cajaraneira, ocorreu penetração dos três nematoides estudados, *M. javanica* (Imagem 3A e 3B), *M. incognita* (Imagem 3C) e *M. enterolobii* (Imagem 3D).

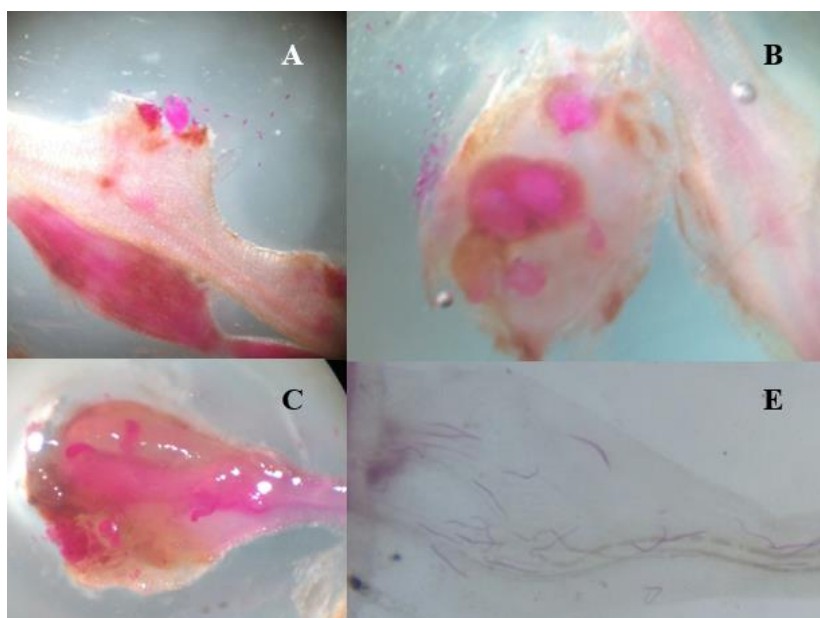


Imagem 3. A e B *M. javanica*; C e *M. incognita* e D *M. enterolobii* em raízes de mudas de cajaraneira.

Em geral, mudas de *Spondias*, quando expostas a *Meloidogyne* spp., observam-se galhas nas raízes e apresentaram sintomas como: raquitismo, número diminuto de folhas e deficiência nutricional. (Costa et al. 2019).

Estudo da hospedabilidade de diferentes fruteiras em condições de casa de vegetação, mostrou que, o cajueiro e a mangueira, espécies da família Anacardiaceae, são imunes a *M.*

enterolobii, obtendo tanto índice de galhas, índice de massa de ovos, bem com, o fator de reprodução iguais a zero (Freitas et al. 2015). Confirmando o resultado de outros trabalhos em fruteiras com outras famílias botânicas, que não consideram a meloidoginose uma doença, como no cajueiro (Ponte e Saraiva 1973; Ponte et al. 1976; Netscher, 1981; Freire et al. 2002; Castellano et al. 2004).

Na mangueira Ponte et al. (1976) e Sabori et al. 1992) relatam a não interferência de *Meloidogyne* sp.. No entanto, Yin (1995) relata a ocorrência de *M. incognita* e *M. javanica* em mangueira na China; no Paquistão (Khan et al. 2005; Musarrat et al. 2006) e na Índia (Mani e Al Hinai 1995; Sayed et al. 2010). Freitas et al. (2017), relatam a resistência da mangueira a *M. enterolobii*. Fazendo parte da mesma família Anacardiaceae das três espécies de *Spondias* analisados neste estudo com relação a *M. javanica*, *M. enterolobii* e *M. incognita*, somente a cajazeira apresentou iminidade a *M. javanica* em todas as concentrações de inóculo.

Outra planta da família Anacardiaceae que apresentou imunidade a *M. javanica* é a aroeira (*Astronium urundeuva* Engl.), no mesmo estudo os pesquisadores descreveram ramificações nos xilopódios das espécies imbiruçu (*Pseudobombax simplicifolium* A. Robyns J. – Família Malvaceae.) e imburana de cheiro (*Torresia cearensis* Fr. All – Família Fabaceae), causada por *M. javanica*, plantas que estão presentes na mesma região de ocorrência do umbuzeiro (Santos e Silva 1981). O que condiz com o que foi observado no atual estudo, que nas raízes das mudas de umbuzeiro especificamente no xilopódio foi possível visualizar não só *M. javanica* como também *M. enterolobii* e *M. incognita*.

Muitas fruteiras domesticadas e de importância socioeconômica no Brasil vem apresentando prejuízos causados pelos nematoides das galhas. Na cultura da goiabeira existem estudos que relatam perdas severas ocasionadas por *M. enterolobii*, inclusive a associação *Fusarium* × *M. enterolobii*, conhecida como morte súbita da goiabeira, que agrava ainda mais os danos causados (Gomes et al. 2012; Pereira et al. 2016; Castro, 2019). Os resultados obtidos nas três espécies avaliadas do gênero *Spondias*: cajazeira, cajaraneira e umbuzeiro, mostram a importância desse fitopatógeno, visto que, nenhuma foi imune a *M. enterolobii*. Cajazeira e umbuzeiro obtiveram $FR \geq 1$ (suscetível) e a cajaraneira com $FR < 1$ apresentou resistência.

Dois ensaios avaliando a reação da aceroleira (*Malpighia emarginata* D. C.) à *M. enterolobii*, comprovaram que todas as variedades, clones e genótipos analisados foram à *M. enterolobii* (Cavichioli et al. 2014; Freitas et al. 2015). No presente estudo a cajazeira e o umbuzeiro expressaram suscetibilidade a *M. enterolobii* nas quatro concentrações de inóculo

avaliadas, e a cajaraneira apresentou resistência. Na busca por porta-enxertos resistentes a *M. enterolobii* em aceroleira, Santos et al. (2021), avaliaram quanto ao IG e FR, 22 acessos, e, somente quatro apresentaram resistência. Similar, a presente pesquisa mostrou a resistência da cajaraneira a *M. enterolobii*, podendo em estudos futuros provar sua versatilidade e ser usada como porta- enxerto para outras espécies de *Spondias*.

Ao analisar a reação da figueira a *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii* na concentração de inóculo de 5000 ovos+J2, os pesquisadores constataram que todos os genótipos se comportaram como suscetíveis, com $FR \geq 1$ (Costa et al. 2015). Resultado parecido ao encontrado no umbuzeiro que obteve $FR \geq 1$ para as três espécies de *Meloidogyne* avaliadas.

Cultivares de porta-enxerto para pessegueiro se mostraram imunes a *M. javanica* e *M. incognita* e *M. enterolobii* (Fachinello et al. 2000; Paula et al. 2011; Souza et al. 2013). Diferente deste estudo onde o umbuzeiro se mostrou suscetível a *M. enterolobii*, *M. incognita* e *M. javanica*; a cajaraneira se mostrou resistente a *M. enterolobii* e *M. incognita*, porém suscetível a *M. javanica*; a cajazeira apresentou suscetibilidade a *M. enterolobii*, resistência a *M. incognita* nas concentrações de inóculo de 5000 e 30000 ovos+J2 e nas concentrações de 10000 e 20000 ovos+J2 foi suscetível. Para *M. javanica* apresentou iminidade em todas as concentrações testadas.

Com base nos resultados obtidos, pode concluir que a cajazeira apresentou imunidade a *M. javanica* e suscetibilidade a *M. incognita* e *M. enterolobii*. A cajaraneira foi resistente a *M. incognita* e *M. enterolobii*, porém suscetível a *M. javanica*. O umbuzeiro denotou suscetibilidade às três espécies de *Meloidogyne* avaliadas.

A utilização das *Spondias*, ainda, de forma extrativista, bem como o grande porte que possuem são algumas causas que limitam o interesse em pesquisas para conhecer e controlar os problemas fitossanitários. Mais estudos são necessários para entender a complexa relação *Meloidogyne* $\times$ *Spondias*.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) pela concessão da bolsa de doutorado, à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER/PB) pelo apoio nas pesquisas.

Conformidade com as normas éticas

Conformidade com as normas éticas.

Todos os princípios de conduta ética e profissional foram seguidos durante a pesquisa e elaboração deste manuscrito.

Conflito de interesses - Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Pesquisa envolvendo participantes humanos e / ou animais - Não aplicável

Consentimento informado - Todos os autores revisaram o manuscrito e aprovaram sua submissão ao European Journal of Plant Pathology

Referências

Batista, F. R. C., Silva, S. M., Santana, M. F. S., & Cavalcante, A. R. (2015). *O umbuzeiro – e o semiárido brasileiro* (pp. 45-56), 1 ed. Campina Grande: INSA.

Boneti, J. I. S. & Ferraz, S. (1981). Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. *Fitopatologia Brasileira*, Brasília, 6, 553.

Byrd, D.W., Kirkpatrick J. R. T., & Barker, K.R. (1983). An improved technique for clearing and staining plant tissue for detection of nematodes. *Journal of Nematology*, 14, 142-143.

Carneiro, R. M. D. G. & Almeida, M. R. A. (2001). Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, 25, 1, 35-44.

Castellano, G., Quijada, O., Jimenez-Perez, N., & Briceno, E. (2004). Plant parasitic nematodes associated with cashew, tamarind and acerola crops in Zulia State and response of two cashew cultivars to the nematode *Meloidogyne incognita*. *Fitopatologia Venezolana*, Maracay, 17, 6-8.

Castro, J. M. C. (2019). *Meloidogyne enterolobii* e sua evolução nos cultivos brasileiros. Belo Horizonte: *Informe Agropecuário*, 40, 306, 41-48.

- 411 Cavichioli, J. C., Garcia, M. J. M., Brida, A. L., & Wilcken, S. R. S. (2014). Reação de
412 aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) à *Meloidogyne enterolobii*. *Revista Brasileira*
413 *de Fruticultura*, Jaboticabal, 36, 1, 156-160.
- 414 Costa, A. C. F., Jesus, A. M., & Dias, M. S. C. (2019). Problemas fitossanitários do
415 umbuzeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 40, 91-102.
- 416 Costa, M. G. S., Correia, E. C. S. S., Reis, L. L., & Wilcken, S. R. S. (2015). Reação de
417 figueiras a três espécies de nematoides-das-galhas. *Revista Brasileira de Fruticultura*,
418 Jaboticabal, 37, 3, 617-622.
- 419 Dias-Arieira, C. R., Furlanetto, C., Santana, S. M., Barizão, D. A. O., Ribeiro, R. C. F., &
420 Formentini, H. M. (2010). Fitonematoides associados a frutíferas na região Noroeste do
421 Paraná, Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 32, 4, 1064-1071.
- 422 Dias-Arieira, C. R., Molina, R. O., & Costa, A. T. (2008). Nematoides Causadores de
423 Doenças em Frutíferas. *Agro@mbiente On-line*, Boa Vista, 2, 1.
- 424 Drumond, M. A., Aidar, S. T., Nascimento, C. E. S., & Oliveira, V. R. (2016). *Umbuzeiro –*
425 *avanços e perspectivas* (pp. 228-238), 1 ed. Petrolina: Embrapa Semiárido.
- 426 Fachinello, J. C., Silva, C. A. P., Sperandio, C., Rodrigues, A. C., & Strelow, E. Z. (2000).
427 Resistência de porta-enxertos para pessegueiro e ameixeira aos nematóides causadores
428 de galhas (*Meloidogyne* spp.). *Ciência Rural*, 30, 1, 69-72.
- 429 Ferraz, L. C. C. B., & Brown, D. J. F. (2016). *Nematologia de plantas: fundamentos e*
430 *importância* (p. 251), 1. ed. Manaus: NORMA EDITORA.
- 431 Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P., & Nogueira, D. A. (2021). ExpDes.pt: Pacote Experimental
432 Designs (Portugues). R package version 1.2.1. [https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt)
433 [project.org/package=ExpDes.pt](https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt)
- 434 Fonseca, N., Machado, C. F., Silva Júnior, J. F., Carvalho, R. S., Ritzinger, R., Laves, R. M.,
435 & Maia, M. C. C. (2017). *Spondias spp. umbu, cajá e espécies afins* (pp. 1-30), Instituto
436 Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- 437 Freire, F. C. O., & Cardoso, J. E. (1997). Doenças de *Spondias* – cajarana (*S. cytherea*
438 Sonn.), cajazeira (*S. mombin* L) ciriguela (*S. purpurea* L.), umbu (*S. tuberosa* A. Cam.)
439 e umbuguela (*Spondia* spp.) no Brasil. *Agrotrópica*, Itabuna, 9, 2, 75-82.

- 440 Freire, F. C. O., Cardoso, J. E., Santos, A. A., & Viana, F. M. P. (2002). Diseases of cashew
441 nut plants (*Anacardium occidentale* L.) in Brazil. *Crop Protection*. Guildford, 21, 489-
442 494.
- 443 Freitas, V. M., Mattos, J. K. A., Silva, J. G. P., Carneiro, M. D. G., Gomes, C. B., Castro, J.
444 M. C., & Carneiro, R. M. D. G. (2015). *Hospedabilidade de fruteiras a Meloidogyne*
445 *enterolobii*: uma sugestão de manejo para áreas infestadas. Brasília, Embrapa Recursos
446 Genéticos e Biotecnologia, 36. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 310).
- 447 Freitas, V. M., Silva, J. G. P., Gomes, C. B., Castro, J. M. C., Correa, V. R., & Carneiro, R.
448 M. D. G. (2017). Host status of selected cultivated fruit crops to *Meloidogyne*
449 *enterolobii*. *European Journal Plant Pathology*, 148, 307-319.
- 450 Gomes, V. M., Souza, R. M., Midorikawa, G., Miller, R., & Almeida, A. M. (2012). Guava
451 decline: evidence of nationwide incidence in Brazil. *Nematropica*, Bradenton, 42, 1.
- 452 Hussey, R. S., & Barker, K. R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of
453 *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57, 1025-1028.
- 454 Khan, A., Sayed, M., & Shaukat, S. S. (2005). Nematodes associated with mango in Sindh.
455 International **Journal of Biology and Biotechnology**, 2, 917-919.
- 456 Kiill, L. H. P., Araujo, F. P., Oliveira, V. R., & Ribeiro, M. F. (2016). Caracterização
457 botânica e biologia reprodutiva. In: Drumond, M. A., Aidar, S. T., Nascimento, C. E. S.
458 & Oliveira, V. R. (Eds), *Umbuzeiro: avanços e perspectivas* (pp. 55-75). 1. ed.
459 Petrolina: Embrapa Semiárido.
- 460 Mani, A., & Al Hinai, M. S. (1995). Mango, a new host of *Meloidogyne incognita*.
461 *Nematologia Mediterranea*, Bari, 23, 267.
- 462 Mitchell, J. D., & Daly, D. C. (2015). A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the
463 Neotropics. *PhytoKeys*, Sofia, 55, 1-92.
- 464 Moreira, M. A. B., Souza, F. X., Ritzinger, C. H. S. P., Ritzinger, R., & Figueiras, H. A. C.
465 (2002). Cajá (*Spondias mombin* L. Sin. *Spondias lutea* L.). In: Vieira Neto, R. D., (Eds.),
466 *Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas* (pp. 21-44).
467 Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.

- 468 Musarrat, A. R., Firoza, K., & Shahina, F. (2006). Study of root-knot nematodes
469 (*Meloidogyne* spp.) in N. W. F. P. and Sindh, Pakistan. *Journal of Nematology*, Pakistan.
470 24, 1-7.
- 471 Netscher, C. (1981) Arbres resistants au *Meloidogyne* spp.: utilization comme brise-vent au
472 Senegal. *L'agronomie Tropicale Nogent*. Paris, 36, 175-177.
- 473 Oostenbrink, M. (1966). *Major characteristic of the relation between nematodes and plants*
474 (p. 46), Mededelingen Landbouwhogeschool: Wageningen.
- 475 Paula, L. A., Bianchi, V. J., Gomes, C. B., & Fanchinello, J. C. (2011). Reação de port-
476 enxertos de pessegueiro à *Meloidogyne incognita*. *Revista Brasileira de Fruticultura*,
477 Jaboticabal, 33, 2, 680-684.
- 478 Pereira, K. C., Soares, P. L. M., Santos, J. M., Batista, E. S. P., & Maldonado Junior, W.
479 (2016). Desenvolvimento de cultivares de goiabeira inoculadas com *Meloidogyne*
480 *enterolobii*. *Nematropica*, Bradenton, 46, 1.
- 481 Ponte, J. J., Lemos, J. W. V., Castro, F. E., & Maria L. (1976). Comportamento de plantas
482 frutíferas tropicais em relação a nematóide das galhas. *Fitopatologia Brasileira*.
483 Brasília, 1, 29-33.
- 484 Ponte, J. J., & Saraiva, L. M. (1973) .Imunidade do cajueiro, *Anacardium occidentale* L., a
485 nematoides do gênero *Meloidogyne* GOELDI, 1887. *Ciência Agronomica*, Fortaleza, 3,
486 35-36.
- 487 R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R
488 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [https://www.R-](https://www.R-project.org/)
489 [project.org/](https://www.R-project.org/).
- 490 Ritzinger, C. H. S. & Fancelli, M. (2006). Manejo integrado de nematoides na cultura da
491 bananeira. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 28, 2, 331-338.
- 492 Romano, M. R., Soares Filho, W. S., Ritzinger, R., Fonseca, N., & Machado, C. F. (2013).
493 *Aspectos técnicos introdutórios ao emprego de espôndias nativas do Nordeste*
494 *brasileiro em Sistemas Agroflorestais* (p. 37). Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e
495 Fruticultura. (Comunicado Técnico, 153).

- 496 Sabori, I., Cabrera, M., Lopez, C., & MUINA, M. (1992). Identification of the shade plants,
497 green cover plants and weeds susceptible to root-knot nematodes. *Revista Baracoa*, La
498 Habana, 22, 21-28.
- 499 Sacramento, C. K., & Souza, F. X. Cajá. In: Santos-Serejo, J. A., Dantas, J. L. L., Sampaio,
500 C. V., & COELHO, S. (2009). *Fruticultura Tropical*: espécies regionais e exóticas (pp.
501 83-105). Brasília –DF: Embrapa Informação tecnológica.
- 502 Santos, J. L. F., Souza, F. F., Borel, J. C., Castro, J. M. C., & Capucho, A. S. (2021)
503 Identification of sources of resistance to *Meloidogyne enterolobii* in acerola. *Revista*
504 *Caatinga*, Mossoró, 34, 4, 879-886.
- 505 Santos, J. M., & Silva, H. D. (2021). Susceptibilidade de espécies florestais a *Meloidogyne*
506 *javanica* na região semi-árida do Brasil. EMPRAPA, 1981. Disponível em:
507 <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/193953/1/digitalizar0031.pdf>>.
508 Acesso em: 18 dez. 2021.
- 509 Saturnino, H. M., Gonçalves, N. P., Castricini, A., Cardoso, M. M., & Souza, I. (2019).
510 Características botânicas do umbuzeiro e outras *Spondias*. *Informe Agropecuário*, Belo
511 Horizonte, 40, 307, 7-21.
- 512 Sayed, M., Khan, A., Khatoon, N., Bilqees, F. M., Samad, M. A. (2010). Histopathology of
513 mango roots infected by root-knot nematode. *Journal of Nematology*, Pakistan, 28, 335-
514 340.
- 515 Silva, G. A., Brito, N. J. N., Santos, E. C. G., López, J. A., & Almeida, M. G. (2014). Genero
516 *Spondias*: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico.
517 *BioFarm*, 10, 1.
- 518 Silva, M. C. L., Santos, C. D. G., & Silva, G. S. (2016). Espécies de *Meloidogyne* associadas
519 a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*,
520 Fortaleza, 47, 4, 710-719.
- 521 Souza, A. G., Chalfun, N. N. J., Musser, R. S., Fachinello, J. C., & SOUZA, A. A. (2013).
522 Behavior of peach and mume rootstocks to the nematode *Meloidogyne enterolobii*.
523 *Revista Ciências Agrárias*, 57, 2, 108-113.

- 524 Souza, F. X., & Costa, J. T. A. (2010). *Produção de Mudras das Spondias Cajazeira,*
525 *Cajaraneira, Ciriguelreira, Umbu-cajazeira e Umbuzeiro* (p. 16), Fortaleza, Embrapa
526 Agroindústria Tropical. (Documentos, 133).
- 527 Taylor, A.L., & Sasser, J. N. (1978). *Biology, identificativo, and control of root-knot*
528 *nematodes (Meloidogyne species)* (p. 110), North Carolina State University Graphics,
529 Raleigh.
- 530 Yin, Y. Q. (1995). Surveys of parasitic nematodes on mango in Guangdong, China. *Acta*
531 *Phytopathologica Sinica*, 25, 42.

CAPÍTULO IV

Reação de mudas de umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira ao nematoide-das-galhas

A ser enviado: **European Journal of Plant Pathology**
Dordrech, Holanda
JCR = 1,582

Reação de mudas de umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira ao nematoide das galhas

Marilene Fatima Lunardi^a; Christiane Mendes Cassimiro Ramires^b; Mariana Ferreira de Lima David^a; Alessandro Gomes da Silva^a; Thais Fernanda da Silva Vicente^c; Ivis Andrei Campos e Silva^c; Elvira Maria Regis Pedrosa^c; Lilian Margarete Paes Guimarães^a

^aDepartamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52.171-900, Recife-PE, Brazil. E-mail: marilene.lunardi@hotmail.com; marif.agro@gmail.com; alegomes1996@gmail.com; lilian.guimaraes@ufrpe.br

^bEmpresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária, CEP 58.108-502, Cabedelo-PB, Brazil. E-mail: christianecassimiro@hotmail.com

^cDepartamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, CEP 52.171-900, Recife-PE, Brazil. E-mail: vicente.thais@yahoo.com.br; ivisandrei@gmail.com; elvira.pedrosa@ufrpe.br.

*Author for correspondence: lilian.guimaraes@ufrpe.br

Resumo

As fruteiras nativas e exóticas do gênero *Spondias* têm grande potencial socioeconômico nos Estados Norte e Nordeste do Brasil. Algumas espécies desse gênero estão sendo diretamente afetadas pelos nematoides-das-galhas. Este trabalho teve como objetivo avaliar o comportamento de mudas da umbugueleira, da cirigueleira e da umbu-cajazeira, quando inoculadas com 30.000 ovos+J2 de *Meloydogine. enterolobii*, *M. incognita* e *M. javanica* em condições de casa de vegetação. O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com quatro tratamentos e dez repetições. Após 180 dias da inoculação, foi avaliado o número de ramos, a altura das plantas, a massa de matéria fresca da parte aérea, a massa de matéria fresca da raiz, o número de galhas, o número massa de ovos, o número de ovos por grama de raiz e o fator de reprodução. Observou-se que todas as plantas avaliadas se comportaram como suscetíveis a *M. incognita*, *M. enterolobii* e *M. javanica*.

Palavras-chave: Nematoide-das-galhas, *Spondias* sp., *S. purpurea*, Produção de frutas

Abstract

Native and exotic fruit trees of the genus *Spondias* have great socioeconomic potential in the North and Northeast states of Brazil. Some species of this genus are being directly affected by root-knot nematodes. This work aimed to evaluate the reaction of seedlings of umbuguela, red mombin and cajá-umbu, when inoculated with 30.000 eggs+J2 of *Meloidogyne enterolobii*, *M. incognita* and *M. javanica* under greenhouse conditions. It was used a completely randomized design, with four treatments and ten replications. After 180 days of inoculation, the number of branches, plant height, fresh shoot weight, fresh root weight, number of galls, number of egg masses, number of eggs per gram of root and reproduction factor were recorded. It was observed that all evaluated plants were susceptible to *M. incognita*, *M. enterolobii* and *M. javanica*.

Key words: *Meloidogyne* spp., *Spondias* sp., *Spondias purpurea*, Fruit production

O gênero *Spondias* é composto por árvores frutíferas que abrange 18 espécies nativas das Américas, Ásia e África. Aproximadamente 15 gêneros e 68 espécies estão presentes no Brasil (Mitchell e Daly 2015; Rocha et al. 2015). Dentre elas: i) a cirigueleira (*Spondias purpurea* L. forma lutea Fawc; Rendle) (Mitchell e Daly 2015), pode ser encontrada em países da América Tropical e Brasil, principalmente na região Nordeste (Lira Júnior et al. 2014); ii) a umbugueleira (*Spondias* sp.), possível híbrido gerado pela união do umbuzeiro (*S. tuberosa* Arruda) e da cirigueleira, possui origem ainda controversa, possivelmente, ocorreu na cidade de Santa Isabel no Estado da Paraíba e Tururu no Ceará (Dantas et al. 2016); iii) e a umbu-cajazeira (*Spondias* sp.) união dos nomes do umbuzeiro e cajazeira (*S. mombin* L.), provável híbrido entre essas espécies (Santos e Oliveira 2008; Kiill et al. 2016). Originária da região semiárida do Nordeste brasileiro, pode ser encontrada em todos os estados, especialmente nos ecossistemas de transição entre a Mata Atlântica e a Caatinga (Mamede et al. 2013).

Fruteiras desse gênero possuem importância farmacêutica, ambiental, econômica e sociocultural (Romano et al. 2013; Silva et al. 2014). Seus frutos podem ser consumidos tanto *in natura* como industrializados na forma de polpas, sucos, geleias, licores, sorvetes e picolés (Sacramento e Souza 2009; Fonseca et al. 2017). Como estão em processo de

domesticação, a produção ocorre de maneira extrativista. Até o momento, não existem pomares que atendam aos padrões comerciais (Romano et al. 2013; Fonseca et al. 2017).

Ao serem cultivadas de forma extensiva, manifestam-se pragas e doenças antes não detectadas (Sacramento e Souza 2009). Entre os problemas fitossanitários que afetam o gênero *Spondias*, o nematoide das galhas, desponta como o principal problema, acometendo principalmente a produção de mudas (Souza e Costa 2010). Com destaque para *M. incognita* (Kofoed; White, 1949) Chitwood 1949, *M. javanica* Chitwood 1949 (Treub, 1885) e *M. hapla* Chitwood 1949 (Fonseca et al. 2017; Silva et al. 2016).

Atualmente, na literatura especializada não há registros de trabalhos que analisam a presença de *Meloidogyne* spp. em mudas de umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira. Nesse sentido, o objetivo desse estudo foi analisar o comportamento de mudas de umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira na presença de *M. enterolobii*, *M. incognita* e *M. javanica* sob condições controladas em casa de vegetação.

As populações de *M. enterolobii*, *M. javanica* e *M. incognita* utilizadas neste estudo pertencem ao Laboratório de Fitonematologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE/SEDE) e mantidas em mudas de tomateiro (*Solanum lycopersicum*) cv. Santa Cruz Kada. A identificação de *M. enterolobii*, *M. javanica* e *M. incognita* foi baseada no fenótipo de esterase por meio de eletroforese de isoenzimas (Carneiro e Almeida 2001). A técnica de extração utilizada foi a de Hussey e Barker (1973) e as suspensões obtidas foram calibradas quanto ao número de ovos+J2, para cada uma das espécies, em lâmina de Peters sob microscópio ótico.

Os ensaios foram realizados em casa de vegetação na Estação Experimental Cientista José Irineu Cabral (EECJIC) da Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária – EMPAER, localizada no município de João Pessoa, Paraíba, Brasil (7°13'20" S, 34°48'22" W - 28 m altitude).

As estacas de umbugueleira e cirigueleira foram coletadas em Princesa Isabel/PB (07°44'.12" S, 37° 59' 16" W) e as estacas de umbu-cajazeira foram retiradas do Acesso 001 na EECJIC/EMPAER/PB. Estacas com 25 cm de comprimento, e 2 cm de diâmetro, foram retiradas de ramos de árvores adultas, produtivas e sadias, quando estas estavam no final do repouso vegetativo. Em seguida, foram imersas em uma solução de hipoclorito de sódio (0,5%) por cerca de quatro minutos e tratadas com ácido indolbutírico (1.000 mg.L⁻¹), para acelerar o processo de enraizamento.

O processo de estaquia foi realizado em sacos de polietileno de 15x10x25 cm (volume = 3.750 cm³/substrato), preenchidos com substrato esterilizado por meio de

autoclavagem sob temperatura de 120 °C a pressão de 1 atm durante 1h, a autoclavagem foi repetida após 24h. As estacas, dispostas em sacos, foram colocadas nas bancadas para enraizar, em ambiente coberto com filme transparente e sombrite de 50 %, com temperatura média de 28 °C, por um período de 180 dias. Realizou-se em seguida, a inoculação com 30.000 ovos+J2 (8 ovos+J2/m³ substrato) das três espécies de *Meloidogyne* avaliadas.

Após 180 dias da inoculação (DAI), as plantas foram retiradas dos vasos. Foi medida em centímetros a altura da planta (AP), da base da estaca até a última folha. O número de ramos (NR) foi contabilizado antes da retirada do experimento. Separou-se a parte aérea do sistema radicular com tesoura. Os ramos e as folhas foram cortados e depositados em sacos transparentes e pesados em balança de precisão, obtendo-se o peso fresco da parte aérea (FPA) em gramas. As raízes foram retiradas das estacas com tesoura e deixadas em uma peneira, sendo, cuidadosamente, lavadas em água corrente. Em seguida, elas foram colocadas em repouso sob papel toalha para retirar o excesso de umidade, e posteriormente, pesadas em balança de precisão para obtenção do peso fresco da raiz (PFR) em gramas.

Contou-se o número de galhas (NG), número de massa de ovos (NMO), número de ovos por grama de raiz (NOR). Foi calculado o fator de reprodução (FR= população final/população inicial) segundo metodologia proposta por Oostenbrink (1966). A caracterização da reação da planta foi baseada na escala proposta por Taylor e Sasser (1978), plantas com FR=0 foram consideradas imunes (I), com FR<1, resistentes (R) e com FR ≥1, suscetíveis (S).

Os ovos+J2, foram extraídos das raízes infectadas com NaOCl a 0,5% de acordo com metodologia proposta por Boneti e Ferraz (1981). O número de ovos por sistema radicular foi obtido pela contagem sob microscópio óptico com o auxílio da lâmina de Peters. Parte do sistema radicular foi submetido à coloração com fucsina ácida (Byrd et al. 1983), para observar a penetração e movimentação de *Meloidogyne* spp. no interior das raízes.

O delineamento utilizado foi o inteiramente casualizado, com 4 tratamentos (testemunha, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*) e 10 repetições, totalizando 40 unidades experimentais para cada espécie de *Spondias* avaliada. Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando necessário, transformados em log (x + 1) para atender os pressupostos da normalidade. Caso observada significância para os nematoides, foi feito o Teste de Tukey a 5% de probabilidade para comparação das médias. Utilizou-se o software R versão 4.0.3 (R Core Team, 2020) e os pacotes agricolae (Mendiburu, 2020) e ExpDes.pt (Ferreira et al. 2021).

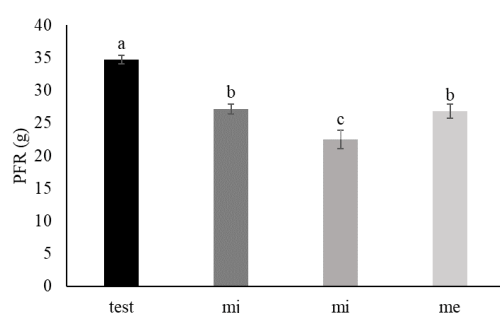
Para a umbugueira, todas as variáveis, com exceção do NR, sofreram influência significativa das espécies de *Meloidogyne* inoculadas. Na cirigueira, apenas o PFR não foi influenciado pelas espécies de *Meloidogyne* inoculadas. Em umbu-cajazeira, apenas o NR não sofreu influência do inóculo (Tabela 1).

Tabela 1. Análise de variância do peso fresco da raiz (PFR), altura da planta (AP), peso fresco da parte aérea (PFPA), número de ramos (NR), número de galhas (NG), número de massa de ovos (NMO) e número de ovos por grama de raiz (NOR) da umbugueira, da cirigueira e da umbu-cajazeira.

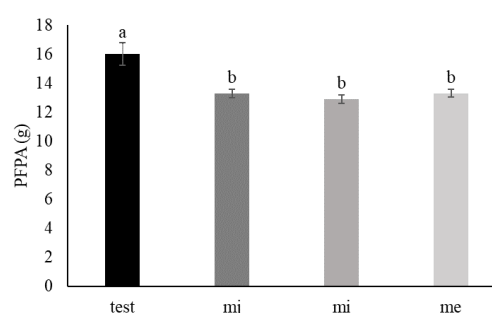
		CIRIGUEIRA e da umbu-cajazeira.						
FV	GL	PFR	PFPA	AP	NR	NG	NMO	NOR
		Quadrados Médios						
		UMBUGUELEIRA						
Nema	3	256.87**	20.425**	164.09**	1.3333 ^{ns}	9.5832**	9.3092**	23.66**
Resíduo	36	10.77	2.0861	6.825	1.4333	0.0131	0.01	0.0136
Total	39							
		CIRIGUELEIRA						
Nema	3	31.2 ^{ns}	0.0238**	221.95**	0.0646**	8.5992**	7.4147**	17.57**
Resíduo	36	13.56	0.0018	16.94	0.0139	0.0443	0.1212	0.0147
Total	39							
		UMBU-CAJAZEIRA						
Nema	3	101.17**	231.9**	152.27**	0.0067 ^{ns}	244.769**	23834.5**	29.74**
Resíduo	36	21.27	20.17	12.37	0.0106	0.002	1.3	0.0167
Total	39							

Analisando o teste de médias para as mudas da umbugueira, pode-se observar que, o PFR (Figura 1A) e a AP (Figura 1C) foram mais afetadas quando inoculadas com *M. incognita*, seguido de *M. enterolobii* e de *M. javanica*. Em relação ao PFPA, as mudas sofreram redução parecida quando inoculadas com as três espécies de *Meloidogyne* (Figura 1B). O maior NG (Figura 1D) e NMO (Figura 1E) foram observados nas raízes quando inoculadas com *M. incognita* e *M. enterolobii* diferindo de *M. javanica*. O maior NOR (Figura 1F) foi observado nas raízes inoculadas com *M. enterolobii*, seguido de *M. incognita* e *M. javanica*.

A



B



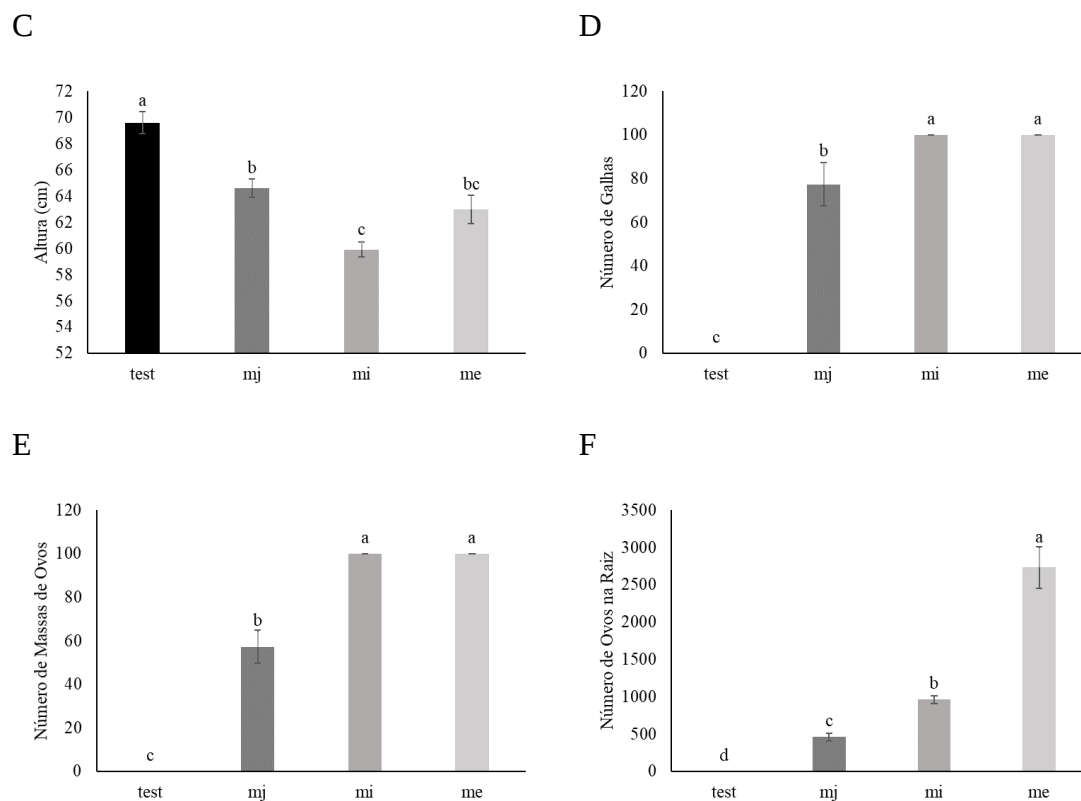
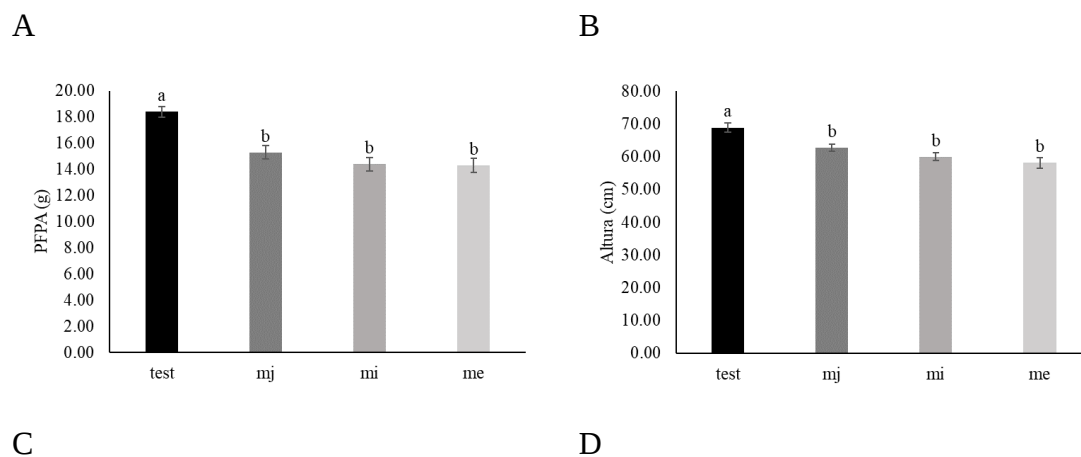
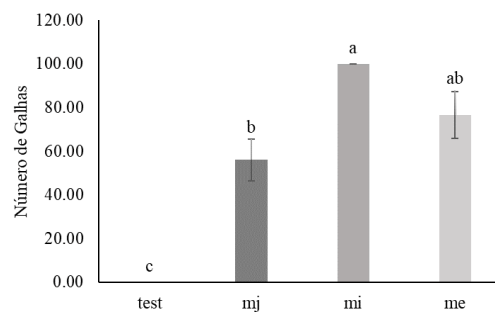
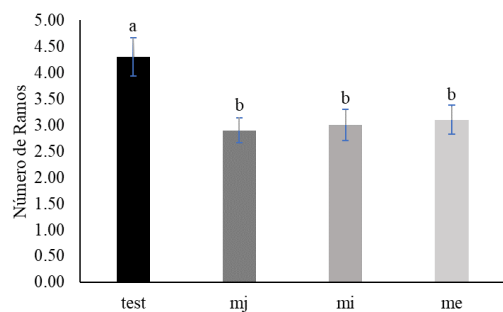


Fig 1. Teste de Tukey a 5 % para a comparação das médias das variáveis do peso fresco da raiz (PFR) (A), peso fresco da parte aérea (PFPA) (B), altura da planta (AP) (C), número de galhas (NG) (D), número de massa de ovos (NMO) (E) e número de ovos por grama de raiz (NOR) (F) em umbugeleira.

O teste de médias em mudas de cirigueleira mostrou que: a PFPA (Figura 2A), a AP (Figura 2B) e o NR (Figura 2C) sofreram influência negativa das três espécies de *Meloidogyne* inoculadas. O NG (Figura 2D), o NMO (Figura 2E) e o NOR (Figura 2F) obtiveram as maiores médias quando, inoculadas com *M. incognita*, diferindo de *M. enterolobii* e *M. javanica*.





E

F

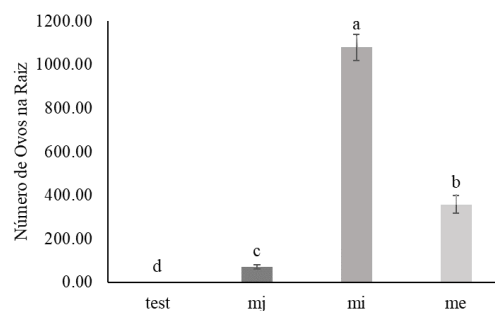
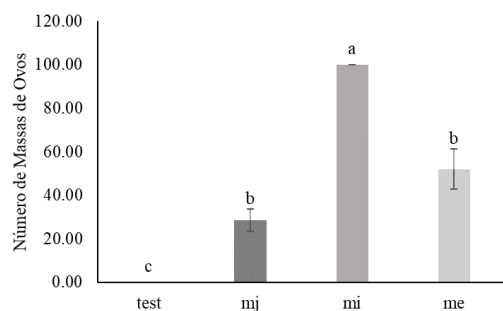
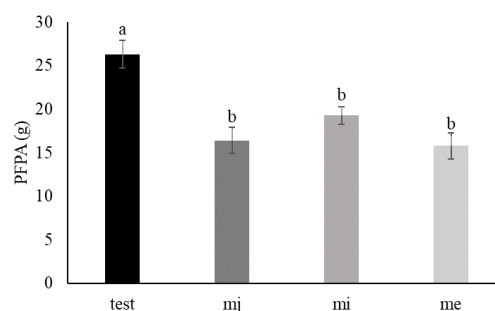
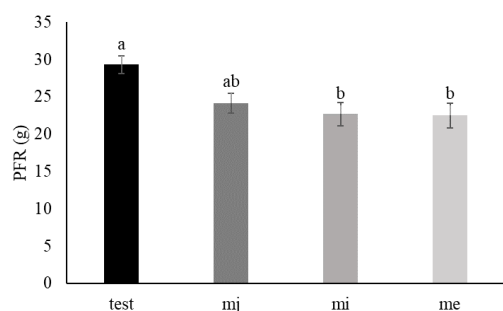


Fig 2. Teste de Tukey a 5 % para a comparação das médias das variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), peso fresco da parte aérea (PFPA) (B), altura da planta (AP) (C), número de galhas (NG) (D), número de massa de ovos (NMO) (E) e número de ovos por grama de raiz (NOR) (F) em cirigueleira.

O teste de médias em mudas de umbu-cajazeira mostrou que o PFR (Figura 3A), o PFPA (Figura 3B) e a AP (Figura 3C) foram afetadas negativamente com a inoculação de *M. incognita*, *M. enterolobii* e *M. javanica*. Com relação ao NG (Figura 3D), ao NMO (Figura 3E) e ao NOR (Figura 3F), as três espécies de *Meloidogyne* causaram danos parecidos. O NOR foi maior quando na presença de *M. incognita*, depois *M. enterolobii* e *M. javanica*.

A

B



C

D

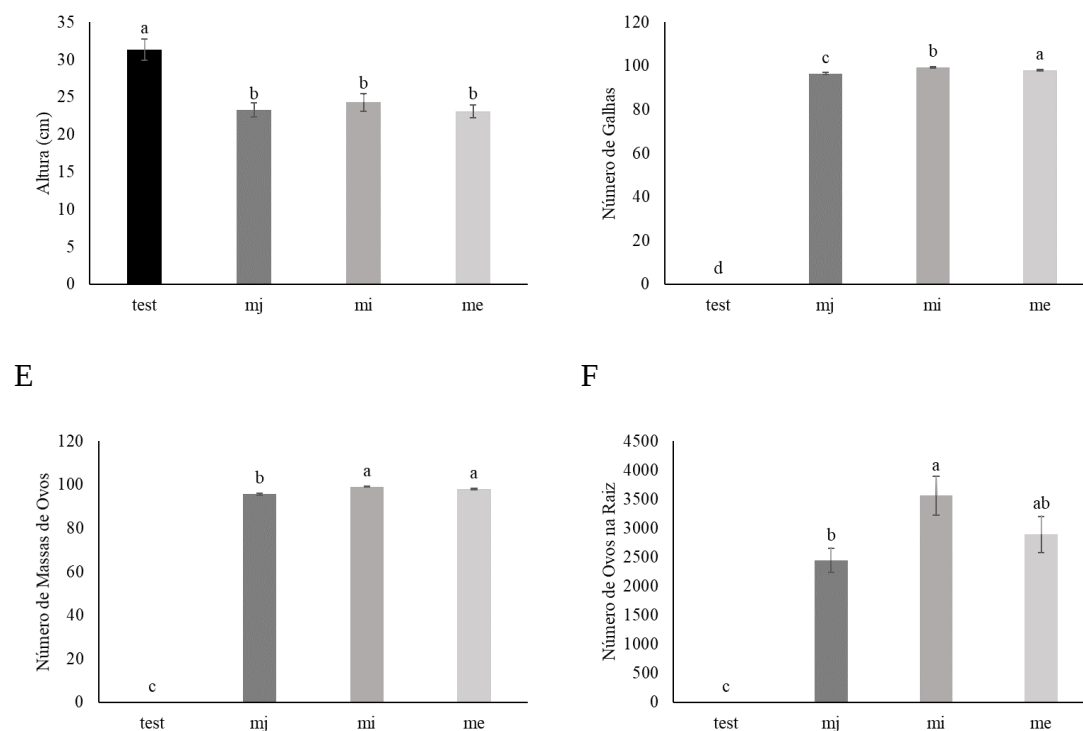


Fig 3. Teste de Tukey a 5 % para a comparação das médias das variáveis peso fresco da raiz (PFR) (A), peso fresco da parte aérea (PFPA) (B), altura da planta (AP) (C), número de galhas (NG) (D), número de massa de ovos (NMO) (E) e número de ovos por grama de raiz (NOR) (F) em umbu-cajazeira.

Para as três espécies de *Spondias* estudadas e nas condições avaliadas o parasitismo pelo nematoide das galhas ocorreu. De acordo com os valores do FR, a umbugueleira, a cirigueleira e a umbu-cajazeira são suscetíveis a *M. incognita*, *M. enterolobii* e *M. javanica* (Tabela 4).

Tabela 4. Caracterização das reações da umbugueleira, cirigueleira e umbu-cajazeira a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* baseada na escala proposta por Taylor e Sasser (1978), onde plantas com FR=0 foram consideradas imunes (I), FR<1 resistentes (R) e FR ≥1 suscetíveis (S).

Espécie planta/Tempo	<i>M. javanica</i>		<i>M. incognita</i>		<i>M. enterolobii</i>	
	FR	Reação	FR	Reação	FR	Reação
Umbugueleira	1,6	S	1,8	S	1,7	S
Cirigueleira	1,5	S	1,3	S	1,4	S
Umbu-cajazeira	2,1	S	3,0	S	2,1	S

FR=fator de reprodução

Após o sistema radicular das mudas da umbugueleira, da cirigueleira e da umbu-cajazeira terem sido submetidos à coloração com fucsina ácida (Byrd et al. 1983), foi possível observar a penetração e movimentação de *M. javanica*, *M. incognita* e *M. enterolobii*, no interior das raízes das três espécies de *Spondias* avaliadas (Imagem 1).

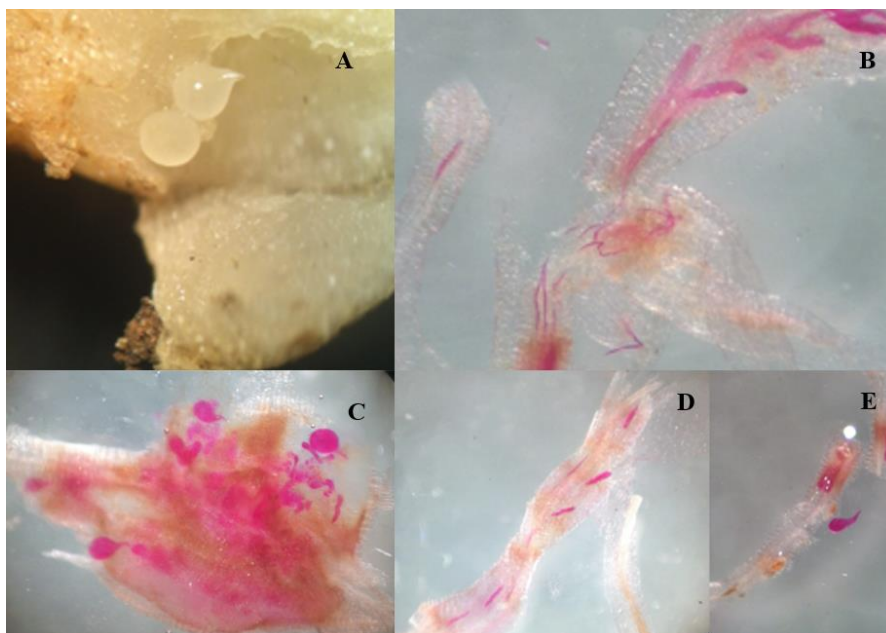


Imagem 1. Letras A e B mostram o parasitismo *M. enterolobii* em raízes de umbucajazeira; Letra C o parasitismo de *M. incognita* em raízes de cirigueleira; Letra D e E mostra o parasitismo de *M. javanica* em raízes de umbu-cajazeira.

Na literatura poucos são os relatos sobre sintomas em mudas e plantas adultas de *Spondias* parasitadas por *Meloidogyne* spp. (Freire e Cardoso, 1997; Ferraz e Brown, 2016). Em experimento em casa de vegetação Ponte e Castro (1976), ao analisar várias plantas frutíferas observaram a suscetibilidade da cirigueleira a *M. incognita*. Em levantamento no Estado do Ceará, Silva et al. (2016), observaram a presença de *M. incognita* em raízes da cajaraneira e da umbu-cajazeira. Em viveiros com mudas de *Spondias*, foi observado plantas raquíticas, com poucas folhas, apresentando sintomas de deficiência nutricional (Costa et al. 2019). Confirmando o observado nesse estudo, onde as três espécies de *Meloidogyne* estudadas influenciaram negativamente no desenvolvimento das três espécies de *Spondias* avaliadas.

Outras fruteiras domesticadas e de importância socioeconômica são suscetíveis e sofrem com a agressividade do nematoide-das-galhas. De acordo com Cavichioli et al. (2014), os oito clones de aceroleira, inoculados com *M. enterolobii*, e analisados segundo a escala proposta por Taylor e Sasser (1978), obtiveram $FR > 1$, indicando a suscetibilidade. Também observaram alto índice de galhas e sistema radicular comprometido. Similar aos resultados encontrados no atual estudo em *Spondias*. Onde a testemunha obteve maior PFR, ALT, PFPA, NR, comprovando o dano causado nas raízes pela elevada presença de NMO e NG.

Ao estudar a reação de três espécies de figueira ao nematoide das galhas, Costa et al. (2015), observaram resultados parecidos ao deste estudo em *Spondias*, no que se refere ao

IG/NG, ao IMO/NMO e ao FR. Ao avaliarem o desenvolvimento das goiabeiras: ‘Paluma’, ‘Pedro Sato’, ‘Século XXI’, e ‘Tailandesa’, inoculadas com *M. enterolobii* Pereira et al. (2016), observaram que todas são boas hospedeiras, e que em maior ou menor grau foram afetadas por esse patógeno, comprovando sua agressividade. Resultado parecido ao encontrado nas espécies de *Spondias* avaliadas. Ao observar a reação a reação de porta-enxertos de pessegueiro a *M. incognita* De Paula et al. (2011) utilizaram a escala proposta por Taylor e Sasser (1978) e concluíram que todas as espécies estudadas obtiveram FR=0, apresentando imunidade. Contrário aos resultados encontrados nesta pesquisa com *Spondias*.

Com base nos resultados obtidos, pode-se concluir que na umbugueira o nematoide mais prejudicial para ao desenvolvimento da parte aérea foi *M. Javanica*, referente ao sistema radicular foi *M. enterolobii*. Na cirigueira o nematoide mais danoso para o PFPA e AP foi *M. javanica*, para o NR foi *M. incognita*, e o sistema radicular foi mais prejudicado por *M. incognita*. A umbu-cajazeira quando inoculada com *M. enterolobii*, *M. javanica* e *M. incognita* teve danos parecido na parte aérea, no sistema radicular quem mais causou danos foi *M. incognita*.

A cirigueira, a umbugueira e a umbu-cajazeira obtiveram $FR \geq 1$ quando inoculadas com *M. incognita*, *M. enterolobii* e *M. javanica*, comportando-se como suscetíveis. Esse conhecimento é importante, pois, futuros pomares poderão ser formados com mudas produzidas com cuidados sanitários e isentas desse fitopatógeno. Mais estudos são necessários para entender a amplitude da relação *Meloidogyne* $\times$ *Spondias* e encontrar acessos resistentes que possam ser utilizados também como porta enxertos.

Agradecimentos

O primeiro autor agradece à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES, Brasil) pela concessão da bolsa de doutorado, à Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), à Empresa Paraibana de Pesquisa, Extensão Rural e Regularização Fundiária (EMPAER/PB) pelo apoio nas pesquisas.

Conformidade com as normas éticas

Conformidade com as normas éticas.

Todos os princípios de conduta ética e profissional foram seguidos durante a pesquisa e elaboração deste manuscrito.

Conflito de interesses - Os autores declaram não haver conflito de interesses.

Pesquisa envolvendo participantes humanos e / ou animais - Não aplicável

Consentimento informado - Todos os autores revisaram o manuscrito e aprovaram sua submissão ao European Journal of Plant Pathology.

Referências

Carneiro, R. M. D. G. & Almeida, M. R. A. (2001). Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. *Nematologia Brasileira*, 25, 1, 35-44.

Cavichioli, J. C., Garcia, M. J. M., Brida, A. L., & Wilcken, S. R. S. (2014). Reação de aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.) à *Meloidogyne enterolobii*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 36, 1, 156-160.

Costa, A. C. F., Jesus, A. M., & Dias, M. S. C. (2019). Problemas fitossanitários do umbuzeiro. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 40, 91-102.

Costa, M. G. S., Correia, E. C. S. S., Reis, L. L., & Wilcken, S. R. S. (2015). Reação de figueiras a três espécies de nematoides-das-galhas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 37, 3, 617-622.

Dantas, A. L., Silva, S. M., Dantas, R. L., Souza, A. S. B. & Schunemann, A. P. P. (2016). Desenvolvimento, fisiologia da maturação e indicadores do ponto de colheita de frutos da umbugueira (*Spondias* sp.). *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 38, 1, 033-042.

De Palua, L. A., Bianchi, V. J., Gomes, C. B. & Fanchinello, J. C. (2011). Reação de porta-enxertos de pessegueiro à *Meloidogyne incognita*. *Revista Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 33, 2, 680-684.

Ferraz, L. C. C. B., & Brown, D. J. F. (2016). *Nematologia de plantas: fundamentos e importância* (p. 251), 1. ed. Manaus: NORMA EDITORA.

- 270 Ferreira, E. B., Cavalcanti, P. P. & Nogueira, D. A. (2021). ExpDes.pt: Pacote Experimental
271 Designs (Portugues). R package version 1.2.1. [https://CRAN.R-](https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt)
272 [project.org/package=ExpDes.pt](https://CRAN.R-project.org/package=ExpDes.pt)
- 273 Fonseca, N., Machado, C. F., Silva Júnior, J. F., Carvalho, R. S., Ritzinger, R., Laves, R. M.,
274 & Maia, M. C. C. (2017). *Spondias spp. umbu, cajá e espécies afins* (pp. 1-30), Instituto
275 Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA).
- 276 Freire, F. C. O., & Cardoso, J. E. (1997). Doenças de *Spondias* – cajarana (*S. cytherea*
277 Sonn.), cajazeira (*S. mombin* L) ciriguela (*S. purpurea* L.), umbu (*S. tuberosa* A. Cam.)
278 e umbuguela (*Spondia* spp.) no Brasil. *Agrotrópica*, Itabuna, 9, 2, 75-82.
- 279 Hussey, R. S., & Barker, K. R. (1973). A comparison of methods of collecting inocula of
280 *Meloidogyne* spp., including a new technique. *Plant Disease Reporter*, 57, 1025-1028.
- 281 Kiill, L. H. P., Araujo, F. P., Oliveira, V. R., & RIBEIRO, M. F. (2016). Caracterização
282 botânica e biologia reprodutiva. In: Drumond, M. A., Aidar, S. T., Nascimento, C. E. S.
283 & OLIVEIRA, V. R. (Eds), *Umbuzeiro: avanços e perspectivas* (pp. 55-75), 1. ed.
284 Petrolina: Embrapa Semiárido.
- 285 Lira Junior, J. S., Bezerra, J. E. F., Moura, R. J. M. & Santos, V. F. (2014). Repetibilidade
286 da produção, número e peso de fruto em cirigueleira (*Spondias purpurea* L.). *Revista*
287 *Brasileira de Fruticultura*, Jaboticabal, 36, 1, 214-220.
- 288 Mamede, M. E. O., Carvalho, L. D. C., Viana, E. S., Oliveira, L. A., Soares Filho, W. S., &
289 Ritzinger, R. (2013). Production of dietetic jam of umbu-caja (*Spondias* sp.): physical,
290 physicochemical and sensorial evaluations. *Food and Nutrition Sciences*, Olsztyn, 4,
291 461-468.
- 292 Mendiburu, F. (2020). agricolae: Statistical Procedures for Agricultural Research. R package
293 version 1.3-3 <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>
- 294 Mitchell, J. D., & Daly, D. C. (2015). A revision of *Spondias* L. (Anacardiaceae) in the
295 Neotropics. *PhytoKeys*, Sofia, 55, 1-92.
- 296 Moreira, M. A. B., Souza, F. X., Ritzinger, C. H. S. P., Ritzinger, R., & Figueiras, H. A. C.
297 (2002). Cajá (*Spondias mombin* L. Sin. *Spondias lutea* L.). In: Vieira Neto, R. D. (Eds.).

- 298 *Frutíferas potenciais para os tabuleiros costeiros e baixadas litorâneas* (pp. 21-44).
 299 Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros.
- 300 Pereira, K. C., Soares, P. L. M., Santos, J. M., Batista, E. S. P., & Maldonado Junior, W.
 301 (2016). Desenvolvimento de cultivares de goiabeira inoculadas com *Meloidogyne*
 302 *enterolobii*. *Nematropica*, Bradenton, 46, 1.
- 303 Ponte, J. J., Lemos, J. W. V., Castro, F. E., & Maria L. (1976). Comportamento de plantas
 304 frutíferas tropicais em relação a nematóide das galhas. *Fitopatologia Brasileira*.
 305 Brasília, 1, 29-33.
- 306 R Core Team (2020). R: A language and environment for statistical computing. R
 307 Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL [https://www.R-](https://www.R-project.org/)
 308 [project.org/](https://www.R-project.org/).
- 309 Romano, M. R., Soares Filho, W. S., Ritzinger, R., Fonseca, N., & Machado, C. F. (2013).
 310 *Aspectos técnicos introdutórios ao emprego de espôndias nativas do Nordeste*
 311 *brasileiro em Sistemas Agroflorestais*. (p. 37), Cruz das Almas: ISSN 1809-502x.
 312 (Comunicado Técnico, 153).
- 313 Sacramento, C. K., & Souza, F. X. Cajá. In: Santos-Serejo, J. A., Dantas, J. L. L., Sampaio,
 314 C. V., & COELHO, S. (2009). *Fruticultura Tropical: espécies regionais e exóticas* (pp.
 315 83-105). Brasília –DF: Embrapa Informação tecnológica.
- 316 Santos. C. A. F., Oliveira, V. R. (2008). Inter-relações genéticas entre espécies do gênero
 317 *Spondias* com base em marcadores AFLP. *Revista Brasileira de Fruticultura*,
 318 Jaboticabal, 30, 3. 731-735.
- 319 Silva, G. A., Brito, N. J. N., Santos, E. C. G., López, J. A., & Almeida, M. G. (2014). Genero
 320 *Spondias*: aspectos botânicos, composição química e potencial farmacológico.
 321 *BioFarm*, 10, 1.
- 322 Silva, M. C. L., Santos, C. D. G., & Silva, G. S. (2016). Espécies de *Meloidogyne* associadas
 323 a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*,
 324 Fortaleza, 47, 4, 710-719.

325 Souza, F. X., & Costa, J. T. A. (2010). *Produção de Mudas das Spondias Cajazeira,*
326 *Cajaraneira, Cirigueleira, Umbu-cajazeira e Umbuzeiro* (p. 16), Fortaleza, Embrapa
327 Agroindústria Tropical. (Documentos, 133).

Capítulo IV

Conclusões Gerais

CONCLUSÕES GERAIS

- ✓ As espécies *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii* ocorreram nas áreas estudadas com *Spondias mombin*, com predominância de *M. incognita*.
- ✓ A espécie *M. enterolobii* foi relatada pela primeira vez parasitando *S. mombin* no mundo.
- ✓ A cajazeira se comportou como imune a *M. javanica*.
- ✓ A cajaraneira se comportou como resistente a *M. incognita* e *M. enterolobii*.
- ✓ O umbuzeiro, a umbugueleira, a cirigueleira e a umbu-cajazeira se comportaram como suscetíveis a *M. incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii*.