

Espécies de *Meloidogyne* associadas a aceroleira no Submédio do Vale do Rio São Francisco, Brasil

Meloidogyne species in acerola tree in Sub-middle of São Francisco River Valley, Brazil

John Lennon F. dos Santos^{1,*,} Nadiane R. Moura^{2,} Flávio de F. Souza^{3,} José Mauro da C. e Castro³ e Alexandre S. Capucho^{1,*}

*Este trabalho é parte da dissertação de mestrado do primeiro autor.

¹Universidade Federal do Vale do São Francisco, Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

²Universidade Estadual de Pernambuco, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

³Embrapa Semiárido, Petrolina, Pernambuco, Brasil.

(*E-mail: alexandre.capucho@univasf.edu.br)

<https://doi.org/10.19084/rca.20946>

Recebido/received: 2018.06.05

Aceite/accepted: 2020.09.15

RESUMO

O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial de acerola, *Malpighia emarginata*. Devido ao seu alto teor em vitamina C, a acerola possui grande potencial de industrialização e despertou o interesse de produtores e do mercado consumidor. No entanto, em áreas com pomares de acerola tem vindo a verificar-se uma redução da produção e qualidade dos frutos, devido à ocorrência de nematoides-das-galhas radiculares (NGR), *Meloidogyne* spp. O presente estudo teve como objetivo identificar as espécies de NGR associadas à aceroleira no Submédio do Vale do Rio São Francisco, Brasil. Para isso, foram recolhidas 75 amostras, de solo e raízes, em áreas dos perímetros irrigados das cidades de Petrolina-Pernambuco, Juazeiro-Bahia e Sobradinho-Bahia, Brasil. Tendo por base a análise dos fenótipos de esterase, foram identificadas 75 populações de NGR sendo três, misturas de espécies: 72 amostras apresentaram o fenótipo típico de *M. enterolobii* (En4), duas o fenótipo de *M. incognita* (I1), duas de *M. arenaria* (A2), uma amostra de *M. javanica* (J3) e uma com um fenótipo atípico (P1). As principais cultivares de acerola plantadas na região foram consideradas hospedeiras de NGR, com destaque para *M. enterolobii*.

Palavras-chave: acerola; esterase; *Malpighia emarginata*; *Meloidogyne enterolobii*; nematoides-das-galhas-radiculares.

ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer, consumer and exporter of acerola. Due to its high content of vitamin C, acerola has great potential for industrialization and has triggered the interest of producers and the consumer market. However, in areas with acerola tree orchards there has been a reduction in fruit yield and quality, due to the occurrence of root-knot nematodes (RKN) *Meloidogyne* spp. The objective of the present study was to identify RKN species associated with acerola tree orchards in Sub-middle of São Francisco River Valley, Brazil. For this, 75 samples, containing soil and acerola tree roots, were collected in areas of the irrigated perimeters of Petrolina, Pernambuco state, and Juazeiro and Sobradinho, Bahia state, Brazil. Based on the analysis of the esterase phenotypes, a total of 75 populations were identified, of which three were mixtures: 72 presented the typical phenotype of *M. enterolobii* (En4), two of *M. incognita* (I1), two of *M. arenaria* (A2), one of *M. javanica* (J3) and one with an atypical phenotype (P1). The main acerola tree cultivars planted in the region were hosts of RKN species, with emphasis on *M. enterolobii*.

Keywords: acerola; esterase; *Malpighia emarginata*; *Meloidogyne enterolobii*; root-knot nematodes.

INTRODUÇÃO

A aceroleira (*Malpighia emarginata* D.C.), por se tratar de uma planta de clima tropical, adaptou-se bem ao Semiárido brasileiro e, graças ao seu alto teor de vitamina C, tornou-se numa fruta altamente requisitada pelo mercado mundial para a produção de sumos, geleias, polpas, consumo *in natura* e extração de vitamina C para utilização em cosméticos. Além disso, a acerola é fonte de outros nutrientes, como a vitamina A, vitaminas do complexo B (tiamina, riboflavina e niacina), ferro, cálcio e carotenoides (Seeram, 2008; Bortolotti *et al.*, 2013). O Brasil é o maior produtor, consumidor e exportador mundial, com uma área plantada de aproximadamente 7.200 ha e uma produção média de 150.000 toneladas/ano. O Submédio do Vale do Rio São Francisco possui cerca de 1.339 ha de aceroleira (≈18% da área total) (Calgaro e Braga, 2012).

Diversos fatores de ordem fitossanitária, com destaque para os nematoides-das-galhas radiculares (NGR), *Meloidogyne* spp., têm influenciado negativamente a produtividade e a qualidade dos frutos da aceroleira. As doenças causadas por NGR são consideradas as de maior importância econômica, comprometendo a produção da aceroleira em cerca de 10% (Costa e Ritzinger, 2003). Plantas infetadas por NGR exibem folhas amareladas, pequenas e que caem precocemente, além de nanismo e aspecto geral de deficiência nutricional. No entanto, o sintoma mais característico da infecção é a presença de galhas no sistema radicular, que podem conduzir ao declínio das plantas (Castellano *et al.*, 2011; Cavichioli *et al.*, 2014).

Ao longo do tempo têm vindo a ser realizados trabalhos de prospecção para o melhor conhecimento das espécies de *Meloidogyne* associadas à aceroleira, assim como os possíveis danos causados na cultura. A ocorrência de *M. enterolobii* em aceroleira, no município de Junqueirópolis-São Paulo, e na região de Garça-São Paulo, Brasil, e na Costa Rica, já foi referida por vários autores como um dos principais fatores limitantes para o desenvolvimento da cultura (Bueno *et al.*, 2007; Garcia *et al.*, 2011; Humphreys *et al.*, 2012). As informações obtidas em trabalhos de prospecção auxiliam na identificação

e determinação da distribuição dos nematoides, além de contribuírem para o estudo da biologia, ecologia, epidemiologia e implementação de medidas de controlo (Neves *et al.*, 2009). Fornecem ainda informações sobre a importância relativa das doenças e flutuações da sua intensidade, e permitem verificar a eficiência das medidas de controlo recomendadas.

O presente trabalho teve como objetivo identificar as espécies de *Meloidogyne* associadas à aceroleira no perímetro irrigado do Submédio do Vale do Rio São Francisco, Brasil.

MATERIAIS E MÉTODOS

Amostragem e manutenção dos NGR

Setenta e cinco amostras de solo e raízes foram recolhidas de áreas irrigadas dos municípios de Petrolina-Pernambuco, Juazeiro-Bahia e Sobradinho-Bahia, principais produtores de acerola do Submédio do Vale do Rio São Francisco.

No momento da amostragem, levaram-se em consideração as principais áreas de aceroleira dos respectivos municípios. As amostras foram recolhidas na projeção da copa das plantas que apresentavam sintomas de infecção por NGR, a cerca de 15-20 cm de profundidade, seguindo o padrão de amostragem em zigue-zague. Em cada área de aceroleira, foram colhidas dez subamostras que foram, de seguida, misturadas para a obtenção de uma amostra composta de 500 g de solo e 200 g de raízes. As amostras foram acondicionadas em sacos de plástico devidamente identificados e mantidas em caixas térmicas. Simultaneamente, foram também recolhidas amostras de solo para análise física, no Laboratório de Solos da Embrapa Semiárido, que consistiu na determinação da densidade do solo (kg/dm^3), porosidade (%) e granulometria. Os solos foram classificados com base no Triângulo Textural proposto pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (Soil Survey Staff, 1951). Em cada propriedade rural, foram registradas as coordenadas geográficas para localização das áreas de aceroleira amostradas (Quadro 1).

Quadro 1 - Localização, cultivar e identificação das populações de *Meloidogyne* provenientes de áreas de aceroleira do Submédio do Vale do Rio São Francisco, Brasil

Amostra	Perímetro irrigado	Coordenada geográfica	Cultivar	Espécie de <i>Meloidogyne</i>
1	Salitre ^a	S 09°31'45"; W 040°15'01"	Comum	<i>M. enterolobii</i>
2	Salitre	S 09°31'47"; W 040°15'12"	Comum	<i>M. enterolobii</i>
3	Salitre	S 09°31'55"; W 040°15'19"	Comum	<i>M. enterolobii</i>
4	Bebedouro ^b	S 09°08'21"; W 040°18'58"	BRS Sertaneja	<i>M. arenaria</i> + <i>M. enterolobii</i>
5	Bebedouro	S 09°08'18"; W 040°19'01"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
6	Bebedouro	S 09°08'35"; W 040°18'24"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
7	Bebedouro	S 09°06'44"; W 040°17'56"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
8	Senador Nilo Coelho ^b	S 09°19'24"; W 040°37'27"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
9	Senador Nilo Coelho	S 09°18'09"; W 040°34'48"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
10	Senador Nilo Coelho	S 09°18'12"; W 040°32'52"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
11	Senador Nilo Coelho	S 09°16'41"; W 040°31'25"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
12	Senador Nilo Coelho	S 09°17'47"; W 040°29'56"	Comum	<i>M. enterolobii</i>
13	Senador Nilo Coelho	S 09°17'56"; W 040°29'42"	Okinawa	<i>M. enterolobii</i>
14	Senador Nilo Coelho	S 09°19'17"; W 040°26'38"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
15	Senador Nilo Coelho	S 09°18'28"; W 040°26'16"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
16	Senador Nilo Coelho	S 09°18'38"; W 040°26'16"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
17	Senador Nilo Coelho	S 09°17'58"; W 040°25'56"	Costa Rica	<i>M. enterolobii</i>
18	Senador Nilo Coelho	S 09°17'59"; W 040°25'53"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
19	Senador Nilo Coelho	S 09°17'26"; W 040°26'09"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
20	Maria Tereza ^b	S 09°06'26"; W 040°31'42"	BRS Sertaneja; Junko	<i>M. enterolobii</i>
21	Maria Tereza	S 09°06'26"; W 040°31'11"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
22	Maria Tereza	S 09°06'18"; W 040°30'33"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
23	Maria Tereza	S 09°06'15"; W 040°30'21"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
24	Maria Tereza	S 09°06'29"; W 040°33'39"	Costa Rica	<i>M. enterolobii</i>
25	Maria Tereza	S 09°06'29"; W 040°33'39"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
26	Maria Tereza	S 09°07'00"; W 040°33'40"	Junko; Costa Rica	<i>M. enterolobii</i>
27	Maria Tereza	S 09°08'04"; W 040°34'00"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
28	Maria Tereza	S 09°09'35"; W 040°34'47"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
29	Maria Tereza	S 09°09'44"; W 040°34'07"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
30	Maria Tereza	S 09°11'22"; W 040°33'07"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
31	Senador Nilo Coelho	S 09°18'10"; W 040°35'07"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
32	Senador Nilo Coelho	S 09°17'46"; W 040°35'30"	Flor Branca	<i>M. arenaria</i> + <i>M. enterolobii</i>
33	Senador Nilo Coelho	S 09°17'16"; W 040°35'29"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
34	Senador Nilo Coelho	S 09°19'10"; W 040°37'01"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
35	Senador Nilo Coelho	S 09°20'05"; W 040°36'23"	Costa Rica	<i>M. enterolobii</i>
36	Senador Nilo Coelho	S 09°20'22"; W 040°36'48"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
37	Senador Nilo Coelho	S 09°19'44"; W 040°37'36"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
38	Senador Nilo Coelho	S 09°20'57"; W 040°37'16"	Junko	<i>M. enterolobii</i>

[continua]

Amostra	Perímetro irrigado	Coordenada geográfica	Cultivar	Espécie de <i>Meloidogyne</i>
39	Senador Nilo Coelho	S 09°23'07"; W 040°37'34"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
40	Senador Nilo Coelho	S 09°22'46"; W 040°36'54"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
41	Associação Fonte da Vida ^c	S 09°30'51"; W 040°51'25"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
42	Associação Fonte da Vida	S 09°30'12"; W 040°51'28"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
43	Associação Fonte da Vida	S 09°30'51"; W 040°51'34"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
44	Associação Fonte da Vida	S 09°30'74"; W 040°51'35"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
45	Associação Fonte da Vida	S 09°30'56"; W 040°51'35"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
46	Associação Fonte da Vida	S 09°30'42"; W 040°51'33"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
47	Associação Fonte da Vida	S 09°30'32"; W 040°51'32"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
48	Associação Fonte da Vida	S 09°30'73"; W 040°51'31"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
49	Associação Asa Branca ^c	S 09°27'54"; W 040°55'47"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. incognita</i>
50	Associação Asa Branca	S 09°27'51"; W 040°55'46"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. javanica</i>
51	Associação Asa Branca	S 09°27'54"; W 040°55'44"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i> + <i>Meloidogyne</i> sp.
52	Associação Asa Branca	S 09°27'54"; W 040°55'41"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. incognita</i>
53	Associação Asa Branca	S 09°27'56"; W 040°55'39"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
54	Associação Asa Branca	S 09°27'57"; W 040°55'31"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
55	Associação Asa Branca	S 09°28'00"; W 040°55'29"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
56	Associação Asa Branca	S 09°28'3"; W 040°55'22"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
57	Associação Asa Branca	S 09°28'4"; W 040°55'17"	Junko; BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
58	Maria Tereza	S 09°09'06"; W 040°33'02"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
59	Maria Tereza	S 09°09'30"; W 040°32'41"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
60	Maria Tereza	S 09°09'02"; W 040°31'05"	Okinawa	<i>M. enterolobii</i>
61	Senador Nilo Coelho	S 09°20'23"; W 040°40'49"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
62	Senador Nilo Coelho	S 09°21'27"; W 040°41'44"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
63	Senador Nilo Coelho	S 09°21'40"; W 040°41'49"	Okinawa	<i>M. enterolobii</i>
64	Senador Nilo Coelho	S 09°20'50"; W 040°41'43"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
65	Senador Nilo Coelho	S 09°20'50"; W 040°41'43"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
66	Senador Nilo Coelho	S 09°20'48"; W 040°42'06"	Okinawa	<i>M. enterolobii</i>
67	Senador Nilo Coelho	S 09°21'03"; W 040°42'07"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
68	Senador Nilo Coelho	S 09°20'35"; W 040°42'16"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
69	Senador Nilo Coelho	S 09°21'15"; W 040°42'28"	Flor Branca	<i>M. enterolobii</i>
70	Senador Nilo Coelho	S 09°21'18"; W 040°42'25"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
71	Senador Nilo Coelho	S 09°20'43"; W 040°42'23"	Okinawa	<i>M. enterolobii</i>
72	Senador Nilo Coelho	S 09°24'05"; W 040°31'30"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
73	Mandacaru ^a	S 09°23'25"; W 040°25'13"	Junko	<i>M. enterolobii</i>
74	Mandacaru	S 09°23'42"; W 040°23'58"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>
75	Mandacaru	S 09°23'05"; W 040°25'08"	BRS Sertaneja	<i>M. enterolobii</i>

^a Município de Juazeiro-Bahia.

^b Município de Petrolina-Pernambuco.

^c Município de Sobradinho-Bahia.

As amostras de solo e raízes infetadas com *Meloidogyne* spp., com a presença de galhas nas raízes, foram encaminhadas para o Laboratório de Nematologia da Embrapa Semiárido. As raízes foram selecionadas, eliminando as regiões sem galhas e massas de ovos. Vasos de polietileno (3 L) foram cheios com 50% de solo argilo-arenoso esterilizado e 40% com solo e raízes de cada amostra. Um tomateiro cv. Santa Clara (suscetível aos NGR), com cerca de quatro semanas, foi transplantado para cada um dos vasos, para multiplicação dos NGR e posterior caracterização bioquímica. Os vasos foram mantidos em estufa com climatização controlada (temperatura: 23-32°C, umidade relativa a 60%).

Caracterização bioquímica

A caracterização bioquímica das populações de *Meloidogyne* spp. foi realizada através da análise dos padrões enzimáticos de esterases obtidos por electroforese (Carneiro *et al.*, 2000).

Quarenta dias após o transplante dos tomateiros, foram extraídas fêmeas, em início de postura e com coloração branco-leitosa, de raízes infetadas, com o auxílio de uma pinça de bico fino, ao microscópio estereoscópico. As fêmeas foram colocadas em tubos do tipo *ependorf* de 1,5 mL (seis fêmeas/tubo) aos quais tinham sido adicionados 6 µL de tampão de extração (20% peso/vol. de sacarose, 2% vol./vol. de Triton X-100, 0,01% peso/vol. de azul de bromofenol) (Esbenshade e Triantaphyllou, 1985). De cada uma das amostras recolhidas foram preparados oito tubos.

De seguida, as fêmeas foram maceradas com o auxílio de um pistão e o extrato proteico aplicado no gel de concentração. Em cada um dos géis foi utilizado um extrato proteico de seis fêmeas da população de referência – *M. javanica*. Os géis de separação (7,5%) e de concentração (4%) foram preparados de acordo com a metodologia descrita por Alfenas *et al.* (1991). A eletroforese decorreu em condições de baixa temperatura ($\approx 4^\circ\text{C}$) a 80 V, até a linha de azul de bromofenol atingir o gel de separação, e de seguida a 130 V. A eletroforese terminou quando a linha formada pelo corante se aproximou da extremidade inferior do gel de separação, aproximadamente 2 h depois.

Terminada a eletroforese, os géis foram cuidadosamente removidos e transferidos para gerbox (11x11x3,5 cm) com solução corante (tampão de fosfato de potássio 0,05 M, pH 6,0, contendo 0,05% vol./vol. de naftil acetato, 0,1% peso/vol. de *Fast Blue RR Salt*). A coloração decorreu a 37°C, no escuro durante 20 minutos (Alfenas *et al.*, 1991). Após a secagem à temperatura ambiente, os fenótipos de esterase foram caracterizados tendo sido calculada a mobilidade relativa (MR= distância percorrida pela banda/distância percorrida pelo corante de referência) das bandas polimórficas de cada população e as espécies de *Meloidogyne* identificadas por comparação com o fenótipo da população de referência, *M. javanica* (Esbenshade e Triantaphyllou, 1985, 1990).

Os fenótipos enzimáticos encontrados foram designados por uma letra e um número que correspondem, respectivamente, à inicial do restritivo específico da espécie de NGR identificada e ao número de bandas presentes no gel (Esbenshade e Triantaphyllou, 1985, 1990).

Uma vez identificadas as misturas de espécies de NGR, o que ocorreu em três amostras (Quadro 1), uma massa de ovos por fêmea foi recolhida, guardada individualmente em tubos do tipo *ependorf* de 1,5 mL contendo NaCl a 0,1% (Esbenshade e Triantaphyllou, 1990; Carneiro e Almeida, 2001) e de seguida depositadas em solo contendo um tomateiro cv. Santa Clara. Quarenta dias após a inoculação repetiu-se o procedimento anteriormente descrito para confirmação das espécies de NGR presentes nas misturas.

RESULTADOS

A prevalência de NGR nas áreas de aceroleira amostradas, no Submédio do Vale do Rio São Francisco, foi de 100%. Em 75 amostras recolhidas, identificaram-se 75 populações de *Meloidogyne* (Figura 1). A cultivar Junko de aceroleira é a mais cultivada na região, pelo que 44% das amostras foram recolhidas em áreas com esta cultivar. Foram encontrados NGR também associados às cultivares BRS Sertaneja, Flor Branca, Costa Rica e Okinawa (Quadro 1).

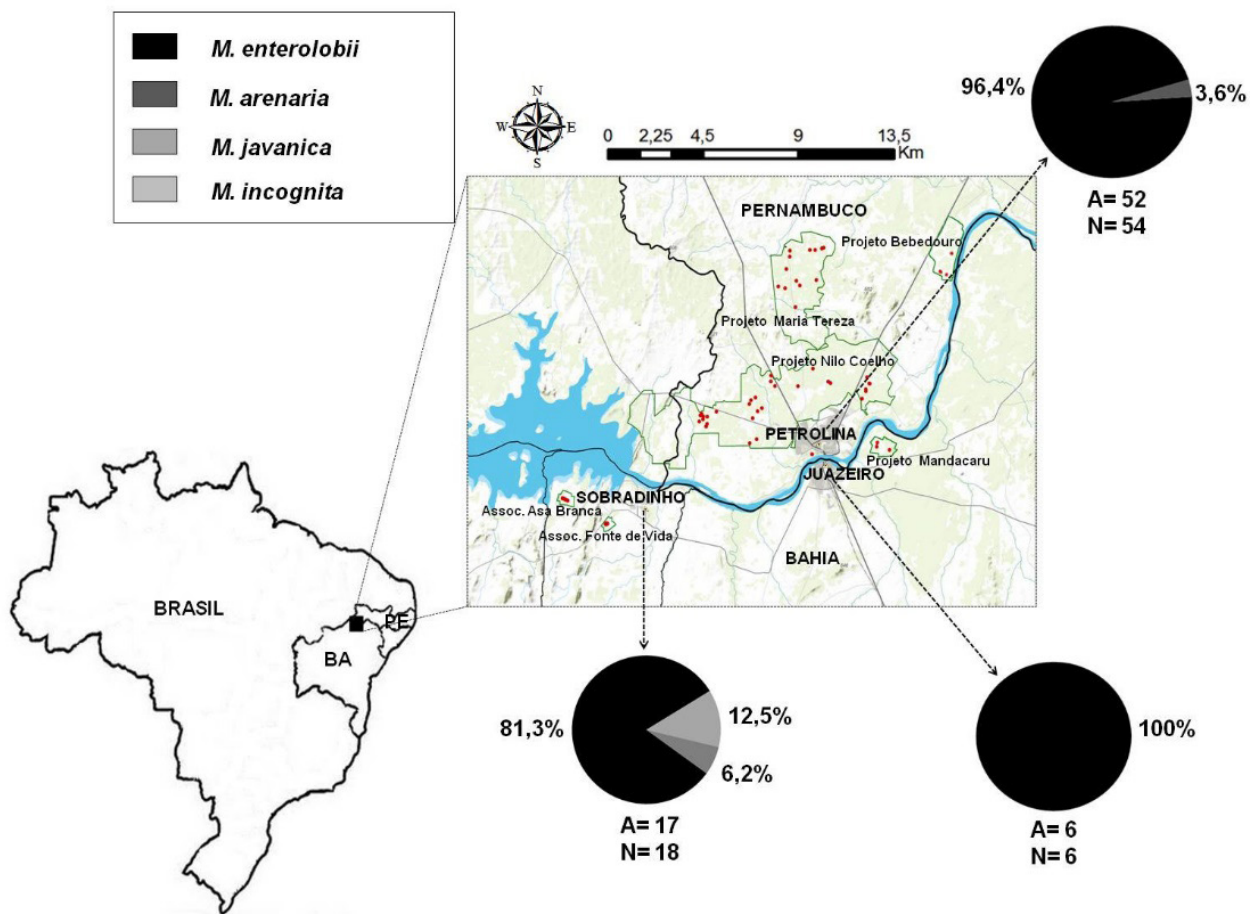


Figura 1 - Locais de amostragem de *Meloidogyne* spp. em áreas de aceroleira, em três municípios do Submédio do Vale do Rio São Francisco (Petrolina-Pernambuco; Juazeiro-Bahia e Sobradinho-Bahia). Os círculos representam a frequência de cada espécie de *Meloidogyne* identificada em cada um dos municípios. A - áreas amostradas; N - populações identificadas em cada município.

A análise dos géis de poliacrilamida revelou a presença de cinco fenótipos de esterases distintos (Figura 2). O fenótipo En4 (Rm: 0,71; 0,77; 0,93; 0,97), típico de *M. enterolobii*, foi detectado em 72 amostras (96%). Esta espécie foi a mais frequente, estando presente em todas as áreas e associada a todas as cultivares de aceroleira (Quadro 1).

O fenótipo I1 (Rm: 1,02), característico de *M. incognita*, foi observado em duas amostras (2,6%), ambas no município de Sobradinho-Bahia e em áreas com as cultivares Junko e BRS Sertaneja (Quadro 1). O fenótipo J3 (Rm: 1,0; 1,12; 1,2), típico de *M. javanica*, foi observado em apenas uma amostra proveniente de uma área cultivada com as cultivares Junko e BRS Sertaneja, em Sobradinho-Bahia (Quadro 1).

Meloidogyne arenaria, fenótipo A2 (Rm: 1,2; 1,3), foi detectada também somente em duas amostras, em mistura com *M. enterolobii*, em áreas com as cultivares Flor Branca e BRS Sertaneja, no município de Petrolina-Pernambuco (Quadro 1).

Foi detetada também uma população com um fenótipo de esterases atípico denominado P1 (Rm: 1,2), não sendo possível a sua identificação (Quadro 1). Esta espécie foi obtida numa área de aceroleira do município de Sobradinho-Bahia, juntamente com *M. enterolobii*. O fenótipo é semelhante ao de *M. paranaensis*. No entanto, ao utilizar o marcador SCAR (Região amplificada de sequência caracterizada) não houve amplificação de fragmentos da amostra, não sendo possível ainda identificar a espécie.

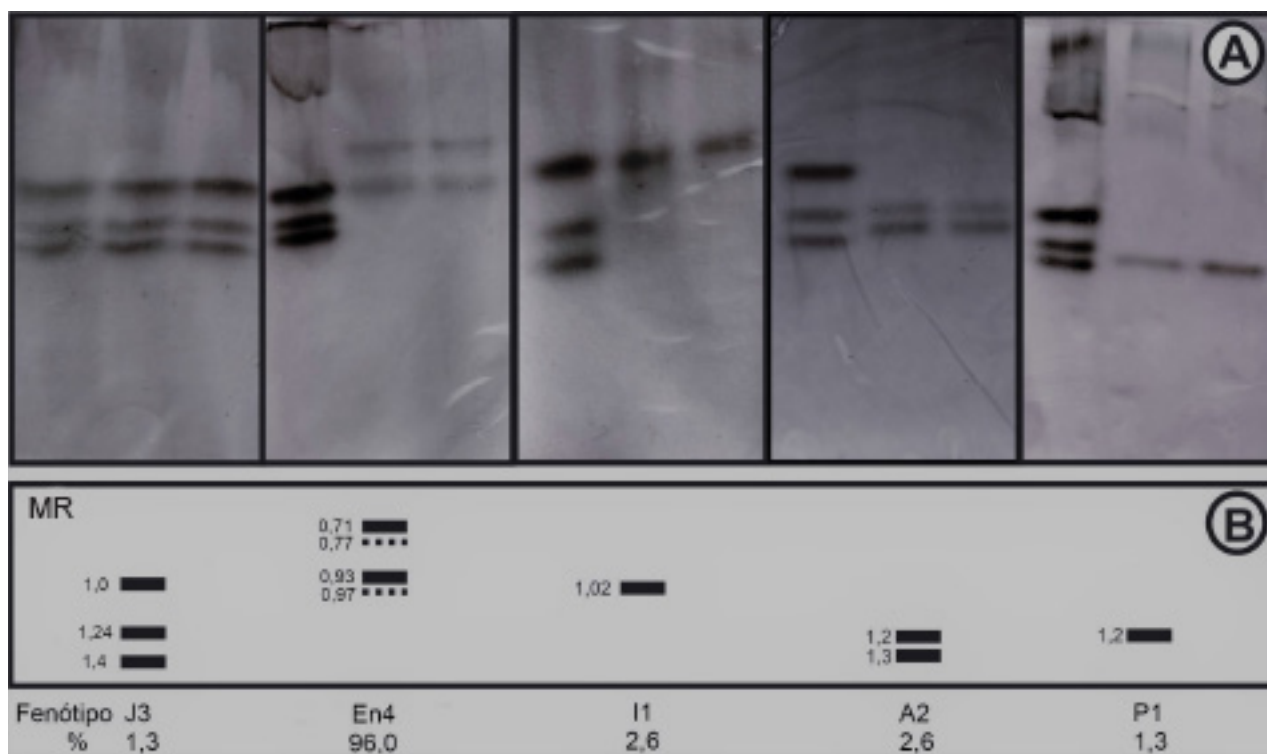


Figura 2 - Fenótipos de esterase das populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de áreas de aceroleira do Submédio do Vale do Rio São Francisco (A) e respectiva representação esquemática (B), com indicação da frequência de cada espécie (%). J3 - *M. javanica*; En4 - *M. enterolobii*; I1 - *M. incognita*; A2 - *M. arenaria*; P1 - *Meloidogyne* sp.; MR - Mobilidade relativa.

DISCUSSÃO

A presença de NGR em todas as áreas amostradas da região do Submédio do Vale do Rio São Francisco pode ser explicada pelas ótimas condições de sobrevivência e disseminação. As principais cultivares de aceroleira plantadas na região foram identificadas como hospedeiras do NGR e isso pode explicar a sua crescente disseminação entre os pomares (*pers. com.*). As condições ótimas de temperatura e humidade da região facilitam a ocorrência de várias gerações de NGR durante o ano e muitas infestantes existentes nos pomares são autênticos reservatórios de nematoides. Outro fato que tem vindo a favorecer a disseminação e instalação dos NGR é a comercialização irregular de plântulas de aceroleira infetadas (Sharma e Junqueira, 1993; Carneiro, 2003; Torres *et al.*, 2007). No Submédio do Vale do Rio São Francisco, o uso de máquinas e alaias agrícolas em solos infestados também tem promovido a disseminação destes nematoides para áreas onde ainda não existiam (Carneiro *et al.*, 2006; EPPO, 2016).

Meloidogyne enterolobii foi a espécie mais frequente nas áreas de aceroleira amostradas. A maior parte destas áreas de aceroleira tinha sido, no passado, cultivada com goiabeira que, em consequência da presença desta espécie de NGR, sofreram uma redução de área de mais de 70%, de 6000 ha em 2000 para 1668 ha em 2006 (Carneiro *et al.*, 2007).

Ao realizar um levantamento das espécies de *Meloidogyne*, provenientes de diferentes estados produtores de acerola no Brasil, Costa *et al.* (1999) detetaram a presença de *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*, sendo *M. incognita* a espécie predominante. De acordo com Ferraz e Brown (2016), fatores edafoclimáticos como temperatura, humidade, porosidade, textura e estrutura do solo, afetam o movimento dos nematoides no solo. A disseminação de *M. enterolobii* pelas áreas amostradas pode ter sido também favorecida por alguns destes fatores. A textura do solo das 75 amostras recolhidas foi determinada e 97% apresentaram textura média a arenosa. Solos desta natureza apresentam maior

porosidade, o que favorece a movimentação dos nematoides e, conseqüentemente, o processo de infecção das plantas (Wallace, 1969). Nestas áreas, a irrigação também é feita de forma incorreta, sendo observados solos altamente encharcados e, em alguns casos, com escoamento superficial. De acordo com EPPO (2016), *M. enterolobii* apresenta movimento limitado a poucos centímetros no solo. No entanto, a disseminação pode ser favorecida pelas águas de irrigação ou de chuva.

Meloidogyne enterolobii é uma espécie com ampla distribuição geográfica, polífaga, com elevada taxa de reprodução, referida como muito agressiva e com capacidade para se reproduzir em plantas com genes de resistência para as principais espécies de *Meloidogyne* (Carneiro *et al.*, 2001; Castagnone-Sereno, 2012). Esta capacidade para superar genes de resistência é uma característica intrínseca da espécie, a qual não é dependente da temperatura do solo, como ocorre para outras espécies, como *M. javanica*, *M. arenaria* e *M. incognita* (Ferris *et al.*, 2013; Carvalho *et al.*, 2015; Rashid *et al.*, 2017). A temperatura de 22°C, as plantas com genes de resistência utilizadas (tomateiro (*Mi-1*) e pimentão (*N*)) foram eficientes contra a infecção e reprodução de *M. incognita*, porém isso não aconteceu para *M. enterolobii* (Brito *et al.*, 2007; Kiewnick *et al.*, 2009).

Meloidogyne incognita foi encontrada em apenas duas amostras, contrariando os resultados de Costa *et al.* (1999), Castellano *et al.* (2004) e Silva *et al.* (2016). As duas populações apresentaram o fenótipo I1 de esterases. De acordo com Carneiro *et al.* (2000), a presença do fenótipo I2 depende do estágio de desenvolvimento do nematoide e do número de fêmeas usadas. As populações de *M. incognita* tiveram origem em pomares de aceroleira situados em Sobradinho-Bahia, onde a primeira cultura implantada foi a aceroleira. Nessa área, portanto, não houve influência da plantação anterior de goiabeiras que, frequentemente, deixa os solos infestados por *M. enterolobii*, mas, mesmo assim, esta espécie predominou.

Costa *et al.* (1999) citam as espécies *M. incognita* e *M. javanica* como as espécies de NGR com maior impacto na produção da aceroleira. No entanto, apenas foi detectada uma população de *M. javanica* nas áreas amostradas. Este facto é sustentado pela ampla gama de hospedeiros e elevada taxa de reprodução e virulência de *M. enterolobii* o que pode, ao longo dos anos, ter permitido o aumento da frequência desta espécie no campo, suprimindo a reprodução das outras espécies lá existentes (Carneiro *et al.*, 2001).

Finalmente, apenas foram identificadas duas populações de *M. arenaria* associadas a raízes de aceroleira. As espécies apresentaram o fenótipo A2 e encontravam-se em mistura com populações de *M. enterolobii*. De acordo com Esbenshade e Triantaphyllou (1990), os fenótipos A1 e A3 de esterases também são descritos para esta espécie, mas não foram detetados nas populações identificadas neste trabalho. Este mesmo fenótipo foi encontrado por Somavilla *et al.* (2011) e Silva *et al.* (2016) nas populações de *M. arenaria* associadas a quivi, no Rio Grande do Sul, e a diversos vegetais no Estado do Ceará, respetivamente.

Pelo exposto, podemos então concluir que no Submédio do Vale do São Francisco, as aceroleiras se encontravam infetadas por *M. enterolobii*, *M. incognita*, *M. javanica* e *M. arenaria*, sendo *M. enterolobii* a espécie mais frequente.

As informações obtidas poderão vir a ser utilizadas para o desenvolvimento de variedades de aceroleira resistentes aos NGR.

AGRADECIMENTOS

À FACEPE (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco, Brasil) pela bolsa de estudos do primeiro autor (IBPG-1346-5.01/14).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alfenas, A.C.; Peters I.; Brune, W. & Passador, G.C. (1991) - *Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais*. 1ª ed. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, 242p.
- Brito, J.A.; Stanley, J.D.; Kaur, R.; Cetintas, R.; Di Vito, M.; Thies, J.A. & Dickson, D.W. (2007) - Effects of the *Mi-1*, *N* and *Tabasco* genes on infection and reproduction of *Meloidogyne mayaguensis* on tomato and pepper genotypes. *Journal of Nematology*, vol. 39, n. 4, p. 327-332.
- Bortolotti, C.T.; Santos, K.G.; Francisquetti, M.C.C.; Duarte, C.R. & Barrozo, M.A.S. (2013) - Hydrodynamic study of a mixture of West Indian cherry residue and soybean grains in a spouted bed. *The Canadian Journal of Chemical Engineering*, vol. 91, n. 11, p. 1871-1880. <http://dx.doi.org/10.1002/cjce.21870>
- Bueno, P.R.R.; Guerreiro, J.C.; Brass, F.E.B. & Cervingni, G. (2007) - Primeiro relato de ocorrência do nematoide *Meloidogyne mayaguensis* em acerola, na região de Garça-SP. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, vol. 7, n. 12, p. 1-2.
- Calgaro, M. & Braga, M.B.A. (2012) - *Cultura da Acerola*. 3ª ed. Brasília, Embrapa. 144p.
- Carneiro, R.M.D.G.; Almeida, M.R.A. & Quénéhervé, P. (2000) - Enzyme phenotypes of *Meloidogyne* spp. populations. *Nematology*, vol. 2, n. 6, p. 645-654.
- Carneiro, R.M.D.G.; Moreira, W.A.; Almeida, M.R.A. & Gomes, A.C.M.M. (2001) - Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira no Brasil. *Nematologia Brasileira*, vol. 25, n. 2, p. 223-228.
- 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*, vol. 25, n. 1, p. 35-44.
- Carneiro, R.M.D.G. (2003) - Uma visão mundial sobre a ocorrência e patogenicidade de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeira e outras culturas. *Nematologia Brasileira*, vol. 27, n. 2, p. 229-230.
- Carneiro, R.M.D.G.; Almeida, M.R.A.; Braga, R.S.; Almeida, C.A. & Glória, R. (2006) - Primeiro registro de *Meloidogyne mayaguensis* parasitando plantas de tomate e pimentão resistentes à meloidoginose no Estado de São Paulo. *Nematologia Brasileira*, vol. 30, n. 1, p. 81-86.
- Carneiro, R.M.D.G.; Cioto, P.A.; Quintanilha, A.; Silva, D.B. & Carneiro, R.G. (2007) - Resistance to *Meloidogyne mayaguensis* in *Psidium* spp. accessions and their grafting compatibility with *Psidium guajava* cv. Paluma. *Fitopatologia Brasileira*, vol. 32, n. 4, p. 281-284. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-41582007000400001>
- Carvalho, M.L.; Benda, D.N.; Vaughan, M.M.; Cabrera, R.A.; Hung, K.; Cox, T.; Abdo, Z.; Allen, H.L. & Teal, A.E.P. (2015) - A resistência ao nematóide mediada por *Mi-1* em tomates é interrompida pelo estresse térmico de curto prazo, mas se recupera com o tempo. *Jornal de Nematologia*, vol. 47, n. 2, p. 133-140.
- Castagnone-Sereno, P. (2012) - *Meloidognye enterolobii* (= *M. mayaguensis*): profile of an emerging, highly pathogenic, root-knot nematode species. *Nematology*, vol. 14, n. 4, p. 133-138.
- Castellano, G.; Quijada, O.; Jiménez-Pérez, N.Y. & Briceño, E. (2004) - Nematodos fitoparasíticos asociados con merey, tamarindo y semeruco en el estado Zulia y respuesta de dos cultivares de merey ante el nematodo agallador *Meloidogyne incognita*. *Fitopatología Venezolana*, vol. 17, n. 1, p. 6-8.
- Castellano, G.; Quijada, O.; Jiménez, N.; Crozzoli, R.; Hernández, V. & Marin, C. (2011) - Reacción de cultivares de cerecita (*Malpighia glabra*) a *Meloidogyne enterolobii* (Nematoda: Meloidogynidae). *Fitopatologia Venezolana*, vol. 24, n. 1, p. 25-27.
- 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*, vol. 36, n. 1, p. 156-160. <http://www.dx.doi.org/10.1590/0100-2945-429/13>
- Costa, D.C.; Carneiro, R.M.D.G.; Oliveira, J.R.P.; Soares Filho, W.S. & Almeida, F.P. (1999) - Identificação de populações de *Meloidogyne* spp. em raízes de aceroleira (*Malpighia puniceifolia*). *Nematologia Brasileira*, vol. 23, n. 1, p. 77-80.
- Costa, D.C. & Ritzinger, C.H.S.P. (2003) - Nematoides e seu controle. In: Ritzinger, R.; Kobayashi, A.K. & Oliveira, J.R.P. (Eds.) - *A cultura da aceroleira*. Brasil, Cruz das Almas. p. 133-140.
- EPPO (2016) - *Meloidogyne enterolobii*, Diagnostic protocol PM7/103(2). *EPPO Bulletin* vol. 46, n. 2, p. 190-201.
- Esbenshade, P.R. & Triantaphyllou, A.C. (1985) - Use of enzyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species (Nematoda: Tylenchida). *Journal of Nematology*, vol. 17, n. 1, p. 6-20.

- Esbenshade, P.R. & Triantaphyllou, A.C. (1990) - Isozyme phenotypes for the identification of *Meloidogyne* species. *Journal of Nematology*, vol. 22, n. 1, p. 10-15.
- Ferraz, L.C.C.B. & Brown, D.J.F. (2016) - Principais nematoides endoparasitas sedentários: nematoides de galhas e nematoides de cistos. In: Ferraz, L.C.C.B. & Brown, D.J.F. (Eds.) – *Nematologia de plantas: fundamentos e importância*. Manaus, Norma Editora, p. 135-150.
- Ferris, H.; Zheng, L. & Walker, M.A. (2013) - Soil temperature effects on the interaction of grape rootstocks and plant-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, vol. 45, n. 1, p. 49-57.
- Garcia, M.J.M.; Soares, P.L.M.; Santos, J.M.; Gonçalves, L.A.; Silva, M.F.A.; Wilcken, S.R.S.; Cavichioli, J.C.; Nasser, M.D.; Basso, K. & Oliveira, R.D. (2011) - Primeiro registro de *Meloidogyne enterolobii* em aceroleira (*Malpighia glabra*) no município de Junqueirópolis no Estado de São Paulo. *O Biológico*, vol. 73, n. 2, p. 303-306.
- Humphreys, D.A.; Williamson, V.M.; Salazar, L.; Flores-Chaves, L. & Gómez-Alpizar, L. (2012) - Presence of *Meloidogyne enterolobii* Yang & Eisenback (= *M. mayaguensis*) in guava and acerola from Costa Rica. *Nematology*, vol. 14, n. 2, p. 199-207. <https://doi.org/10.1163/138855411X584151>
- Kiewnick, S.; Dessimoz, M. & Franck, L. (2009) - Effects of the *Mi-1* and the *N* root-knot nematode-resistance gene on infection and reproduction of *Meloidogyne enterolobii* on tomato and pepper cultivars. *Journal of Nematology*, vol. 41, n. 2, p. 134-139.
- Neves, W.S.; Dias, M.S.C. & Barbosa, J.G. (2009) - Flutuação populacional de nematoides em bananais de Minas Gerais e Bahia (anos 2003 a 2008). *Nematologia Brasileira*, vol. 34, n. 4, p. 281-285.
- Rashid, M.H.; Al-Mamun, M.H. & Uddin, M.N. (2017) - How durable is root knot nematode resistance in tomato. *Plant Breeding and Biotechnology*, vol. 5, n. 3, p. 143-162. <https://doi.org/10.9787/PBB.2017.5.3.143>
- Seeram, N.P. (2008) - Berry fruits: compositional elements, biochemical activities, and the impact of their intake on human health, performance, and disease. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, vol. 56, n. 3, p. 627-629. <http://dx.doi.org/10.1021/jf071988k>
- Sharma, R.D. & Junqueira, N.T.V. (1993) - Nematóide das galhas atacando acerola na Região Central do Brasil. *Nematologia Brasileira*, vol. 17, n. 2, p. 212-215.
- Silva, M.C.L.; Santos, C.D.G. & Silva, G.S. (2016) - Espécies de *Meloidogyne* associadas a vegetais em microrregiões do estado do Ceará. *Revista Ciência Agronômica*, vol. 47, n. 4, p. 710-719. <https://doi.org/10.5935/1806-6690.20160085>
- Soil Survey Staff (1951) - *Soil survey manual*. Washington: Department of Agriculture Handbook 18.
- Somavilla, L.; Gomes, C.B.; Carbonari, J.J. & Carneiro, R.M.D.G. (2011) - Levantamento e caracterização de espécies de nematoides das galhas em quivi no Rio Grande do Sul, Brasil. *Tropical Plant Pathology*, vol. 36, n. 2, p. 89-94.
- Torres, G.R.C.; Medeiros, H.A.; Sales Junior, R. & Moura, R.M. (2007) - *Meloidogyne mayaguensis*: novos assinalamentos no Rio Grande do Norte associados à goiabeira. *Caatinga*, vol. 20, n. 2, p. 106-112.
- Wallace, H.R. (1969) - The influence of nematode numbers and of soil particle size, nutrients and temperature on the reproduction of *Meloidogyne javanica*. *Nematologica*, vol. 15, n. 1, p. 55-64.