

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA - UFU
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS - ICIAG
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA - PGA

TÚLIO VIEIRA MACHADO

ALTERAÇÕES DE COMPONENTES SILVICULTURAIS E DE PRODUÇÃO
DE *Hevea brasiliensis* CAUSADOS POR *Meloidogyne exigua*

UBERLÂNDIA, MG
2018

TÚLIO VIEIRA MACHADO

ALTERAÇÕES DE COMPONENTES SILVICULTURAIS E DE PRODUÇÃO
DE *Hevea brasiliensis* CAUSADOS POR *Meloidogyne exigua*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agronomia –
Mestrado, área de concentração em Fitopatologia,
para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador

Lísias Coelho Ph. D.

Co-orientador

Dr. Ernane Miranda Lemes

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

- M149a
2018 Machado, Túlio Vieira, 1991
 Alterações de componentes silviculturais e de produção de *Hevea brasiliensis* causados por *Meloidogyne exigua* / Túlio Vieira Machado. - 2018.
 43 f. : il.
- Orientador: Lísias Coelho.
 Coorientador: Ernane Miranda Lemes.
 Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
 Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.732>
 Inclui bibliografia.
1. Agronomia - Teses. 2. Seringueira - Doenças e pragas - Teses. 3. Nematóide de galha - Teses. 4. Seringueira - Aspectos econômicos - Teses. I. Coelho, Lísias. II. Lemes, Ernane Miranda, 1982. III. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

TÚLIO VIEIRA MACHADO

ALTERAÇÕES DE COMPONENTES SILVICULTURAIS E DE PRODUÇÃO
DE *Hevea brasiliensis* CAUSADOS POR *Meloidogyne exigua*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de
Uberlândia, como parte das exigências do
Programa de Pós-graduação em Agronomia –
Mestrado, área de concentração em Fitopatologia,
para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 20 de fevereiro de 2018.

Dr. Ernane Miranda Lemes
(Co-orientador)

UFU

Prof. (a). Dra. Maria Amélia dos Santos

UFU

Prof. Dr. Jaime Maia dos Santos

UNESP

Prof. Dr. Lísias Coelho
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2018

SUMÁRIO

Resumo.....	i
Abstract.....	ii
INTRODUÇÃO	1
REVISÃO DE LITERATURA.....	3
A seringueira.....	3
Patologias da seringueira.....	4
Nematoides	5
Nematoides de galha	6
Danos do nematoide de galha à seringueira	8
Mercado da borracha e Custos de produção.....	10
MATERIAL E MÉTODOS.....	13
Caracterização da área.....	13
Clone de seringueira.....	13
Arranjo experimental e avaliações.....	14
Análise nematológica	15
Análises estatísticas.....	16
RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
Características do seringal.....	18
Características da seringueira	20
Correlação de Pearson entre as características	24
Produção de coágulo	27
CONCLUSÕES	30
REFERÊNCIAS.....	31

RESUMO

MACHADO, TÚLIO VIEIRA. **Alterações de componentes silviculturais e de produção de *Hevea brasiliensis* causados por *Meloidogyne exigua***. 2018. 43 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia / Fitopatologia). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, 2018.

A produção de borracha natural proveniente do látex extraído da seringueira (*Hevea brasiliensis*) é uma atividade essencial para a economia nacional. O principal fator limitante dessa produtividade é a ocorrência de doenças. *Meloidogyne exigua*, o nematoide de galha, é o causador da principal doença radicular dessa cultura no Brasil. Sua identificação antecipada permite um melhor manejo do seringal de maneira a permitir que haja uma redução nos danos causados. O objetivo desse estudo foi determinar os danos e as perdas causadas por este fitonematoide à cultura. A área utilizada neste estudo contém cerca de 500 seringueiras por hectare, têm 10 anos de idade, o início da sangria foi quando as árvores estavam com sete anos, e está localizada no Triângulo Mineiro (MG). A área foi separada com base nos diferentes níveis de infestação (baixa ou alta) pelo nematoide de galha nas raízes da seringueira. Características silviculturais, como circunferência de tronco (cm) e área basal ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), assim como a sobrevivência (%), quantidade e tamanho das seringueiras em sangria (circunferência $> 0,45 \text{ m}$), ou fora dela (circunferência $< 0,45 \text{ m}$), foram comparadas e correlacionadas (Pearson) entre si e com os níveis de infestação. A produção de coágulo em cada nível de infestação foi utilizada para estimar as perdas causadas por uma infestação elevada de nematoide de galha. Sob condições de alta infestação, características como sobrevivência, número de árvores em sangria, árvores com CAP maior que 45 cm e área basal foram reduzidas drasticamente, enquanto que o número de árvores retiradas de sangria e com CAP menor que 45 cm aumentaram. Todas as características estudadas apresentaram resultados favoráveis ao cultivo da seringueira quando a infestação do nematoide de galha nas raízes foi baixa. No entanto, por tratar-se de uma cultura perene, logo a atividade deverá ser inviabilizada. A produção de coágulo de uma área com baixa infestação pelo nematoide de galha, entre 10,4 e 11,5 vezes inferior à área com alta infestação, é de 153% a 264% superior a uma área com alta infestação, respectivamente.

Palavras chave: Nematoide de galha, seringueira, sobrevivência, prejuízos.

Orientador: Lísias Coelho - UFU

ABSTRACT

MACHADO, TÚLIO VIEIRA. **Changes in silvicultural and production components of *Hevea brasiliensis* caused by *Meloidogyne exigua***. 2018. 43 p. Dissertation (Master's degree in Agriculture / Plant Pathology). Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, MG, 2018.

Natural rubber production, from latex extracted from rubber trees (*Hevea brasiliensis*), is an essential activity for national economy. The major yield limiting factor is disease occurrence. *Meloidogyne exigua*, the root knot nematode, is the etiological agent of the main root disease of this species in Brazil. Its early identification in a rubber tree orchard allows better management, reducing potential damages and losses. This study determined damages and losses caused by this nematode to rubber tree crop. The area used for this study was planted with 500 trees per hectare, is ten years old, tapping begun when they were seven years old, and it is located in the Triângulo Mineiro (MG). The area was selected based on two distinct infestation levels (low or high) by the root knot nematode in the rubber tree rootlets. Silvicultural characteristics, such as stem circumference (cm) and basal area ($\text{m}^2 \text{ha}^{-1}$), as well as survival (%), amount and size of rubber trees under tapping (circumference $> 0.45 \text{ m}$), or not being tapped (circumference $< 0.45 \text{ m}$), were compared and correlated (Pearson's) among each other and with infestation levels. Latex production in each infestation level was used to estimate losses caused by heavy infestation of the root knot nematode. Characteristics such as survival, number of trees under tapping, trees with CBH greater than 45 cm and basal area were drastically reduced, while the number of trees taken out of tapping and with CBH smaller than 45 cm increased in areas with heavy infestation. In contrast, all characteristics evaluated presented favorable results when nematode infestation level was low. However, since this is a perennial crop, the activity may become unsustainable in the near future. Latex production in the low infestation area, between 10.4 and 11.5 lower than the high infestation one, is, respectively, 153% to 264% greater than that in the high infestation area

Keywords: Root knot nematode, rubber tree orchard, survival, loss of profit.

Supervisor: Lísias Coelho - UFU

INTRODUÇÃO

A *Hevea brasiliensis* (Willd. ex Adr. de Juss.) Muell.-Arg., ou como é chamada popularmente, seringueira, é uma árvore de origem amazônica e dela é extraído o látex utilizado para a produção de borracha natural. Devido às suas características físico-químicas a borracha natural possui diversas aplicações civis, militares e industriais. Portanto, a cultura da seringueira, ou heveicultura, é importante para a economia brasileira e pode garantir a independência nacional na produção de borracha natural.

Assim como qualquer atividade agrícola, a heveicultura também é consideravelmente afetada pela ocorrência de doenças e pragas, como fungos, bactérias, vírus, nematoides e insetos. Entre as doenças que ocorrem na seringueira e que afetam seu sistema radicular estão os nematoides. Os principais gêneros de nematoides que ocorrem na seringueira são: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Helicotylenchus* e *Rotylenchulus*. Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são causadores de galhas nas raízes e estão entre os mais danosos às culturas agrícolas. Três espécies de *Meloidogyne* parasitam a seringueira: *M. exigua*, *M. javanica* e *M. incognita*.

Dentre os nematoides de galha, *M. exigua* é o patógeno mais destrutivo das raízes da seringueira. Ao parasitar as raízes da seringueira, o nematoide debilita toda a planta, retarda o seu desenvolvimento, reduz a produção de látex e pode levar a seringueira à morte. Ainda não há meios eficazes para o controle de nematoides instalados em seringais, sendo necessário combinar várias estratégias para reduzir a pressão de inóculo. A principal estratégia é evitar a entrada do patógeno na área.

Presença e dano do nematoide aliado a períodos de preços reduzidos pagos pela borracha natural evidenciam a necessidade do cultivo racional da seringueira, administrando de maneira eficiente gastos e ganhos. Contudo, pouco é conhecido sobre as perdas causadas por esse nematoide. A extensão dos danos prejudicando características silviculturais e produção de látex da seringueira deve ser analisada para uma gestão apropriada e rentável.

Atualmente, poucas informações estão disponíveis a respeito dos prejuízos causados pelo nematoide de galha na seringueira, existindo apenas relatos que se destacam pela extensão dos danos causados. No entanto, nada é mencionado sobre a importância econômica de uma infestação de *M. exigua* na heveicultura.

Portanto, tendo como hipótese geral que uma elevada infestação de nematoide de galha no seringal causa estresse às plantas, afetando suas características silviculturais

e a produtividade de coágulo nessas áreas, o objetivo geral desse estudo foi determinar qual a extensão de danos e perdas causados por esta infestação no seringal, afetando a produção e os custos associados. Dessa forma, os objetivos específicos foram:

- comparar níveis de infestação pelo nematoide de galha com características da seringueira, como circunferência de tronco e área basal, e com características do seringal, como sobrevivência, quantidade e tamanho das seringueiras em sangria, ou fora dela;

- identificar correlações significativas entre os níveis de infestação do nematoide de galha e as características avaliadas; e,

- determinar a produtividade de coágulo em cada nível de infestação para estimar as perdas causadas por uma infestação elevada de nematoide de galha.

REVISÃO DE LITERATURA

A seringueira

A seringueira, ou árvore da borracha, é uma planta lactescente originária da bacia do Rio Amazonas. Sua ocorrência e dispersão natural estão localizadas em florestas de clima tropical-equatorial no Brasil, Bolívia, Colômbia, Equador, Guiana, Guiana Francesa, Peru, Suriname e Venezuela (WEBSTER; BALKWILL, 1989).

O cultivo comercial da seringueira, ou heveicultura, estende-se entre as latitudes de 25° S, no Brasil, e 22° N, na Ásia (CAMARGO et al., 2003; PRIYADARSHAN, 2011), em regiões com pluviosidades que variam entre 1.500 e 4.000 mm, e temperatura média anual igual ou superior a 20 °C (ALVARENGA; CARMO, 2014; CAMARGO et al., 2003; TRINDADE, 1982). Temperaturas inferiores a 16 °C afetam negativamente o seringal, resultando em paralisia do crescimento foliar e em baixas produtividades de látex (RODRIGO, 2007).

A seringueira é uma planta dicotiledônea, de hábito arbóreo (até 40 m de altura), monóica, e decídua na estação seca. A madeira da seringueira é branca, macia, leve (0,45 g cm⁻³) e de baixa durabilidade quando exposta ao ambiente natural. As folhas são compostas, trifoliadas e pecioladas, as flores são de coloração branca a bege-claro, unissexuais, diminutas e estão reunidas em panículas do tipo rácemo. O fruto da seringueira é uma cápsula com três sementes recalcitrantes, cuja produção geralmente se inicia a partir do quarto ano (LORENZI, 2002; WEBSTER; BALKWILL, 1989).

Um seringal produtivo é formado utilizando mudas sadias, que iniciam seu processo produtivo a partir de sementes germinadas em sementeiras e são finalizadas em viveiro por diferentes técnicas de enxertia para a produção dos clones (BORELLI, 2016; PEREIRA; PEREIRA, 1986). Um clone é uma população propagada vegetativamente proveniente de uma planta matriz selecionada, sendo idênticas à matriz. Na produção de mudas de seringueira via enxertia, o porta-enxerto (hipobioto ou “cavalo”) é um clone que apresenta bom desenvolvimento radicular, resistência a estresses e compatibilidade com o enxerto (epibioto ou “cavaleiro”) que é um clone de seringueira de elevada produção de látex. Contudo, o uso de hipobiotos provenientes de sementes não selecionadas e com uma grande variabilidade genética pode gerar variações fenotípicas em campos clonais (GONÇALVES et al., 2001).

O substrato para a produção das mudas de seringueira, tanto na sementeira quanto posteriormente no viveiro, deve ter boa aeração e alta capacidade de retenção de água para facilitar a germinação das sementes. O substrato também deve estar, preferencialmente, livre de nematoides *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp.

As mudas são transplantadas para o campo no início do mês de novembro, o que coincide, no Triângulo Mineiro, com a estação das chuvas, geralmente em espaçamento entre linhas de 7 a 8 m e entre árvores de 2,5 a 3 m. Após o plantio, a seringueira inicia a produção comercial de látex entre 6 a 8 anos, e tem uma vida útil entre 30 e 35 anos (INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS - IPEF, 2018). A extração do látex, processo denominado sangria, ocorre através do corte hemiperimetral da casca da seringueira, rompendo os vasos lactíferos localizados junto ao floema (ALVARENGA; CARMO, 2014). A sangria é uma atividade que exige especialização, habilidade e sensibilidade, que dificilmente será mecanizada (VIRGENS FILHO, 2005).

A borracha natural (BN), extraída do látex da seringueira, apresenta propriedades elásticas e tenazes que permitem aplicações industriais, civis e militares, sendo empregada em mais de 40.000 produtos e utensílios (KOHJIYA; IKEDA, 2014; MOOIBROEK; CORNISH, 2000). Devido a todas essas características, a demanda mundial por borracha natural extraída da seringueira é crescente, o que torna sua produção estratégica.

A estimativa de produção mundial de borracha natural de seringueira em 2017 foi de 12,9 milhões toneladas (IRSG, 2017), e, mais de 80% dessa borracha é oriunda do sudeste asiático (Tailândia, Indonésia, Malásia, Índia e Vietnã). A produção brasileira de borracha natural corresponde a menos de 3% da produção mundial (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE, 2014; INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC, 2017a). A média nacional de produção de látex de um seringal em plena produção é de 1.300 kg ha⁻¹ ano⁻¹, contudo, essa produtividade depende do clone, da região e da idade do plantio, bem como dos tratos culturais e do manejo empregado na área (IAC, 2017a).

Patologias da seringueira

As doenças na seringueira são a principal causa de redução na produção de látex. São causadas por condições abióticas devidas à fitotoxidez, distúrbios na nutrição,

insolação e extremos de pH do solo, temperatura, umidade e salinidade (GASPAROTTO et al., 2016; GASPAROTTO; PEREIRA, 2012; OGLE, 1997). As doenças bióticas são todas as doenças da seringueira causadas por microrganismos. Na seringueira, cerca de 20 doenças bióticas ocorrem nas folhas, tronco e raízes e a maioria delas é causada por fungos (GASPAROTTO et al., 2016; GASPAROTTO; PEREIRA, 2012).

A principal doença foliar da seringueira é o mal das folhas, causado pelo fungo *Microcyclus ulei* (P. Henn) v. Arx. O mal das folhas da seringueira é favorecido por períodos quentes, elevada umidade relativa do ar e molhamento da superfície foliar com água estática (orvalho ou chuva); estas condições também ocorrem em terrenos baixos e mal drenados, expostos por longos períodos a condições úmidas, devendo estas áreas ser evitadas (CAMARGO et al., 2003). Outras doenças como a antracnose (*Colletotrichum* spp.), a mancha aureolada (*Thanatephorus cucumeris* (A.B. Frank) Donk.), o cancro estriado (*Phytophthora* spp.) e a crosta negra (*Phyllachora huberi* P. Henn.) também podem causar danos significativos ao seringal dependendo das condições prevalentes e da suscetibilidade do clone plantado.

Entre as doenças que podem ocorrer no sistema radicular da seringueira, aquelas causadas por nematoides, particularmente do gênero *Meloidogyne*, são as mais debilitantes da seringueira (GASPAROTTO et al., 2016; GASPAROTTO; PEREIRA, 2012).

Nematoides

Os nematoides são animais microscópicos, cilíndricos, alongados, de corpo não segmentado, pseudocelomado e revestido de uma cutícula resistente e quitinosa (FERRAZ; BROWN 2016). Os fitonematoides medem entre 0,2 e 3 mm de comprimento, por 50 a 250 µm de largura. Mais de 4.000 espécies de nematoides, aproximadamente 15% de todo o filo Nematoda, já foram descritas como parasitas de plantas, ou fitonematoides (DECRAEMER; HUNT, 2006). Na seringueira existem relatos de parasitismo de 9 gêneros de fitonematoides, sendo os principais gêneros: *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Xiphinema*, *Helicotylenchus* e *Rotylenchulus* (FREIRE, 1976; SANTOS et al., 1992; SILVEIRA, 1992; WILCKEN et al., 2015).

Entre os fitonematoides mais prejudiciais e destrutivos das culturas agrícolas estão os causadores de galha do gênero *Meloidogyne* (TAYLOR; SASSER, 1978; CARNEIRO et al., 2016), que conta com mais de 100 espécies (HUNT; HANDOO, 2009). Este gênero está distribuído em praticamente todas as áreas agrícolas do planeta, e mais de 5.500 espécies de plantas são consideradas hospedeiras, com limites de dano econômico tão baixos quanto 1 ovo de *Meloidogyne* por 100 cm³ de solo (GHULE et al., 2014; GRECO; DI VITO, 2009; MOENS et al., 2009). A infecção de nematoide de galha causa deformações nas raízes, paralisia do crescimento da planta, clorose foliar, desfolha precoce e a morte prematura da planta hospedeira (KARSSSEN, 2002; JONES et al., 2013).

Nematoides de galha

No Brasil, a principal espécie de fitonematoide que ataca a seringueira é *M. exigua* primeiramente relatado na Bahia (SHARMA, 1971; SHARMA; LOOF, 1973). Outras espécies, como *M. javanica* e *M. incognita* parasitam a seringueira, mas são menos destrutivas que *M. exigua* (FONSECA et al., 1999; FONSECA et al., 2003; LORDELLO et al., 1988; LORDELLO; VEIGA, 1983). A população de *M. exigua* que parasita a seringueira parece não ser capaz de parasitar o café (*Coffea* sp.) (SHARMA; JUNQUEIRA, 1996; LORDELLO; LORDELLO, 2004).

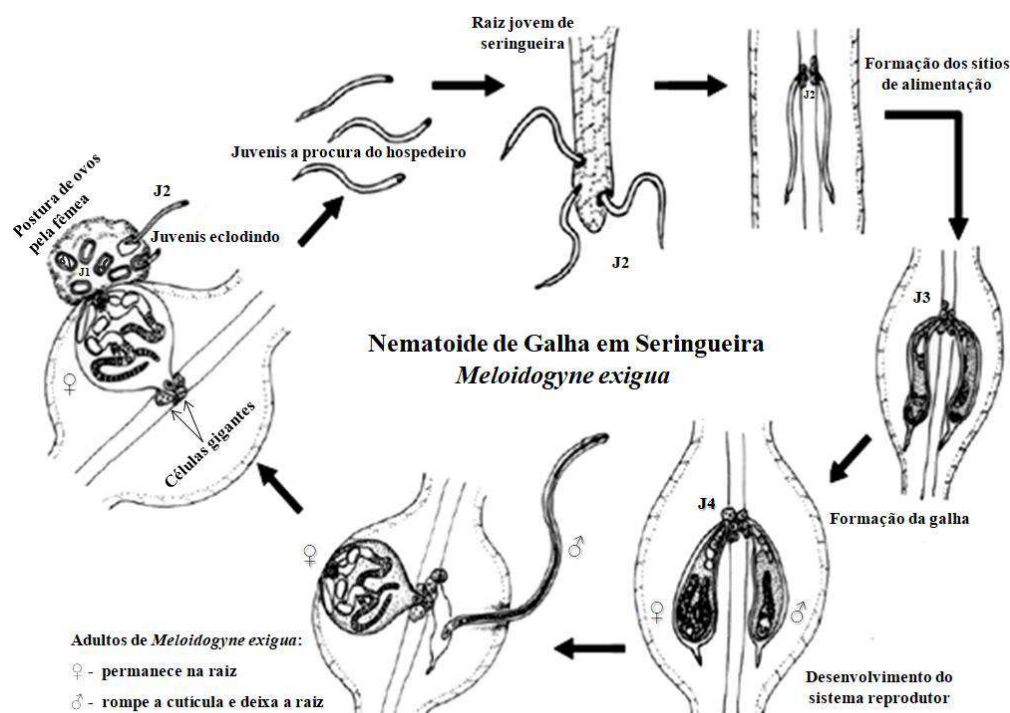
A partir dessa peculiaridade, com relação às plantas hospedeiras de *M. exigua*, foi proposta uma classificação em raças fisiológicas (CARNEIRO; ALMEIDA, 2000; MUNIZ et al., 2008). Os indivíduos de *M. exigua* que infectam plantas de pimentão e cafeeiro, mas não infectam o tomateiro, foram designados como raça 1; os indivíduos que infectam plantas de pimentão, cafeeiro e tomateiro, são da raça 2, e os indivíduos da raça 3 parasitam apenas a seringueira (seu hospedeiro nativo), não infectando o tomateiro, o pimentão ou o cafeeiro.

Em temperaturas de 25 a 30 °C o ciclo biológico de *M. exigua* pode durar de 24 a 35 dias e consiste de seis estádios fenológicos [ovo, quatro estádios juvenis (J1, J2, J3 e J4) e adulto] (KARSSSEN, 2002; MOENS et al., 2009). Os ovos de *M. exigua* são postos no parênquima cortical da raiz, envoltos em uma matriz gelatinosa que protege a massa de ovos da desidratação e do ataque de fungos e bactérias do solo. Essa matriz contém de 400 a 500 ovos produzidos principalmente via partenogênese meiótica

(MUNIZ et al., 2008). Estes ovos são então liberados de maneira gradual. O embrião se desenvolve a juvenil de primeiro estágio (J1) e posteriormente a juvenil de segundo estágio (J2) após a ecdise ainda no interior do espaço delimitado pela casca do ovo.

O estágio J2 eclode do ovo através da força mecânica de seu estilete e por ação enzimática de quitinases produzidas pelo nematoide (ABAD et al., 2009). O J2, estágio infectivo, inicia a procura pelas regiões de crescimento radicular mais jovem da seringueira assim que sai do ovo (Figura 1). Nesta fase, após eclosão, até se instalar em uma raiz hospedeira o nematoide não se alimenta, sobrevivendo apenas de suas reservas.

FIGURA 1. Ciclo biológico do nematoide de galha (*Meloidogyne exigua*) na seringueira. Adaptado de Agrios (2005).



Os J2 de *M. exigua* quando encontram a raiz hospedeira utilizam-se de enzimas celulolíticas e pectolíticas e do estilete para penetrar na raiz. Dentro da raiz, os J2 penetram pelas células do córtex até o cilindro vascular onde estabelecem seu sítio de alimentação através da hipertrofia e hiperplasia das células da raiz iniciando a formação da galha (KARSSSEN; MOENS, 2006). Esta galha pode atingir até 0,8 cm de diâmetro, e

é o primeiro sinal de uma infecção por *M. exigua* (MOENS et al., 2009; SANTOS, 1992; WILLIAMSON; GLEASON, 2003).

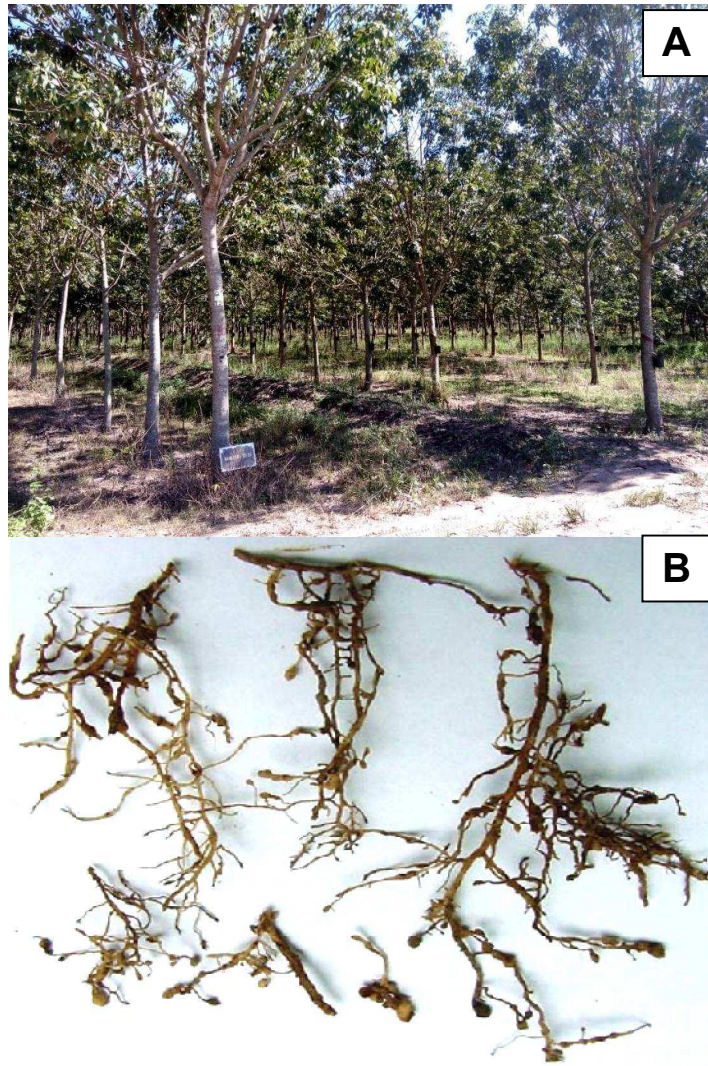
No sítio de alimentação ocorre a formação de células multinucleadas e gigantes que servirão para a alimentação do nematoide, onde ele sofrerá ecdises até o quarto estágio (J4). Na ecdise de J4 para adulto é quando ocorre a distinção entre os sexos. O macho de *M. exigua* é vermiforme e rompe a cutícula do J4, saindo para o solo em seguida, onde não se alimenta mais, podendo apenas cumprir função na reprodução. Essa espécie de *Meloidogyne* pode se reproduzir por partenogênese meiótica. A fêmea permanece sedentária na raiz e se tornará globosa (piriforme), o que acentua o dimorfismo sexual do gênero (GHULE et al., 2014; KARSSSEN; MOENS, 2006).

Danos do nematoide de galha à seringueira

A ocorrência e a extensão de dano de um fitonematoide estão relacionadas com a sua população inicial, a suscetibilidade da planta hospedeira, o manejo cultural predominante, as características do solo e as condições climáticas (NICOL, 2002). Na seringueira, *M. exigua*, ao se alimentar nas células das raízes induz, além da formação de galha, também necroses no tecido afetado – provavelmente causadas por outros microrganismos do solo – e alterações fisiológicas na planta hospedeira (GASPAROTTO; PEREIRA, 2012; PERRY; MOENS, 2005) (Figura 2). Essas alterações morfológicas e fisiológicas nas raízes reduzem a quantidade de raízes absorventes e a quantidade de água e nutrientes absorvidos e, conseqüentemente, a produção de látex da seringueira (SANTOS et al., 1992; SIJMONS et al., 1994).

Os sintomas reflexos mais notáveis de uma infestação de *M. exigua* em um seringal são a clorose foliar e o desfolhamento prematuro, podendo estes sintomas serem confundidos com alguma deficiência nutricional, principalmente deficiência de nitrogênio (GASPAROTTO et al., 2016). Assim, como geralmente ocorre para os fitonematoides, os danos causados são mais severos quando a planta hospedeira passa por condições estressantes, de origem abiótica (falta de água, deficiências nutricionais, geada, etc.), ou bióticas (pragas e doenças) (GASPAROTTO; PEREIRA, 2012; MOENS et al., 2009; MOURA, 1997; PERRY; MOENS, 2005).

FIGURA 2. Sintomas da infecção de *Meloidogyne exigua* em seringueira. A intensa desfolha e morte de ramos. B galhas nas raízes. Fonte: MACHADO (2017).



Após o estabelecimento de uma infecção de nematoides de galha na seringueira, geralmente ocorre um definhamento geral da árvore aumentando a ocorrência de pragas (SHARMA et al., 1992) e doenças (GASPAROTTO; PEREIRA, 2012). O fungo *Lasiodiplodia theobromae* (Pat.) Griffon e Maublanc (sinônimo: *Botryodiplodia theobromae* Pat.) é polífago e oportunista que pode ocorrer em seringais debilitados, causando uma doença conhecida como morte descendente da seringueira (GASPAROTTO et al., 2016; PAES et al., 2012; PEREIRA et al., 2006). Essa combinação *M. exigua* e *L. theobromae* foi responsável pelo extermínio de 3% dos

seringais do estado do Mato Grosso entre 1979 e 1986, sem distinção de resistência entre os genótipos afetados (SANTOS, 1995; SANTOS et al., 1992).

Apesar do nematoide de galha representar um perigo ao seringal, nenhum programa de melhoramento foi implantado para a seleção de materiais resistentes, enquanto que o porta-enxerto sempre foi indicado para o cultivo comercial baseado na sua compatibilidade com o enxerto (MARTINS et al., 2000).

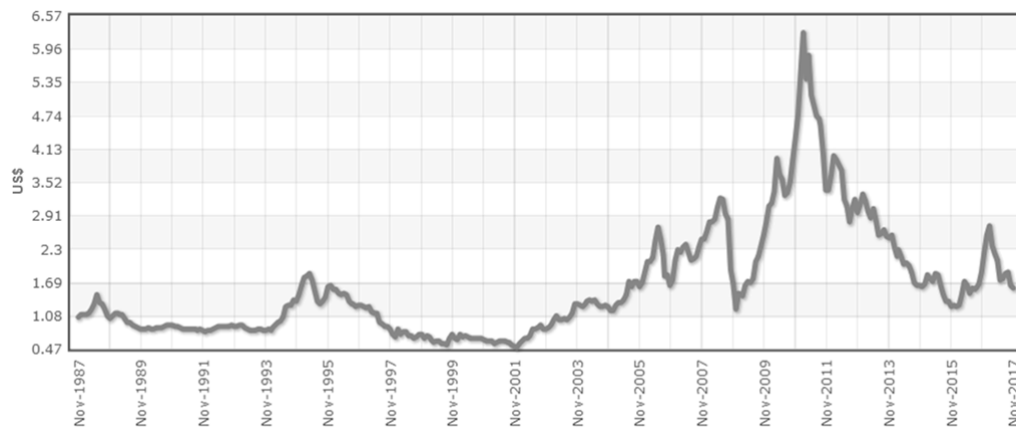
Os principais clones de seringueira cultivados no Brasil, como porta-enxerto ou enxerto, são: 'RRIM 600' (Rubber Research Institute of Malaysia) que ocupa 44% da área total (IAC, 2016b), 'PR 255' (Proefstation voor Rubber, Indonésia), 'PB 235' (Prang Besar, Malásia), 'IAN 873' (Instituto Agrônômico do Norte, Brasil), 'GT 1' (Gondang Tapen, Indonésia), e as séries 'IAC (Instituto Agrônômico de Campinas, Brasil). Apesar destes clones terem características distintas de porte e produção, todos são suscetíveis ao *M. exigua* (FONSECA et al., 1999; PAES-TAKAHASHI et al., 2015).

Mercado da borracha e custos de produção

Os preços pagos pela borracha no mundo passaram os últimos 7 anos em decréscimo acentuado e, apesar de uma reação no início de 2017, os preços pagos são uma fração do que atingiram na safra de 2010/11 (Figura 3). Esse declínio no preço pode ser relacionado a um conjunto de fatores concomitantes (ROSMANN, 2014; OLIVEIRA et al., 2015; IHS MARKIT, 2017), como:

- a. Desaquecimento da economia chinesa - a maior consumidora de borracha natural, sendo responsável por absorver aproximadamente 37% da produção mundial;
- b. Superprodução nos países do sudeste asiático, especialmente na Indonésia (segundo maior produtor), que acumulou um aumento de cerca de 20% em sua produção desde 2010, e,
- c. Queda no preço do petróleo, que barateou a borracha sintética e forçou a redução dos preços pagos pela borracha natural.

FIGURA 3. Flutuação do preço (dólar americano) da borracha (borracha de folha fumada) no mercado internacional nos últimos 30 anos. Fonte: Index Mundi (2017).



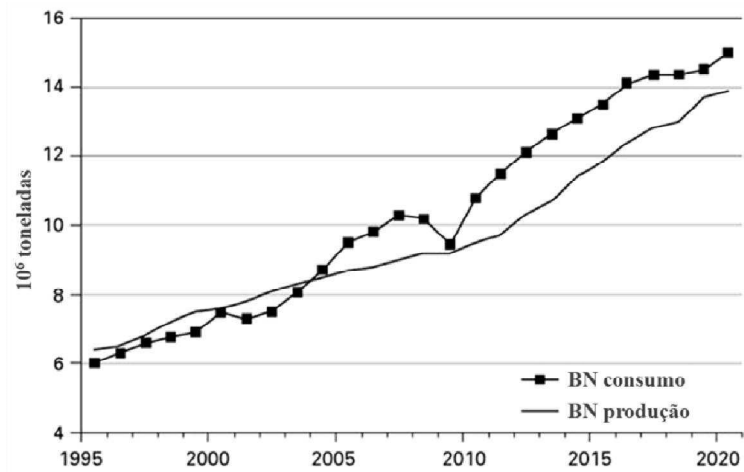
Associado a esses fatores internacionais, a economia nacional, também, passou por um período de desaceleração, com baixa expansão do PIB (MARTELLO, 2015), contribuindo ainda mais para reduzir os preços pagos pela borracha natural, afetando consideravelmente a viabilidade da heveicultura.

Apesar de todos esses fatores afetarem negativamente os preços pagos pela borracha natural, essa commodity tem apresentado uma considerável defasagem entre a quantidade produzida e seu consumo nos últimos 15 anos (Figura 4). Essa é uma tendência que deve permanecer pelos próximos anos e sustentará preços mais compensadores para a heveicultura, e logo uma reação dos preços deverá ser observada.

Em períodos de preços baixos pagos pela borracha natural é que se ressalta o cultivo racional da seringueira e a aplicação de modelos administrativos que preconizam o controle dos gastos e ganhos contínuos na produtividade do seringal. Todas as atividades do seringal nesses períodos devem ser acompanhadas com critério e bom senso para aprimorar a gestão da atividade e aumentar as chances de se obter maior receita, o que de outra forma poderá não ser uma atividade lucrativa (OLIVEIRA et al., 2017).

Contudo, o manejo das doenças que ocorrem no seringal deve ser criterioso, pois são uma das principais causas de redução na produtividade. Portanto, conhecer a extensão dos danos causados é primordial para uma gestão apropriada e rentável na atividade.

FIGURA 4. Produção e consumo mundial de borracha natural (BN). Fonte: Cornish (2014).



Atualmente, poucas informações estão disponíveis a respeito dos prejuízos causados pelo nematoide de galha na seringueira. O caso das “Plantações E. Michelin”, em Rondonópolis, MT, se destaca pela extensão dos danos causados, o que levou ao eventual abandono das plantações (SANTOS et al., 1992; SHARMA et al., 1992). No entanto, nada é mencionado na literatura sobre qual a importância econômica de uma infestação de *M. exigua* na seringueira.

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterização da área

O trabalho foi conduzido em seringal comercial com 10 anos de idade (plantio em fevereiro de 2008), com espaçamento de 8 x 2,5 m, localizado no Triângulo Mineiro, Minas Gerais. A área de seringal em sangria na propriedade onde o experimento foi conduzido é de 120 hectares e fica a 650 metros de altitude.

O clima predominante na região é classificado como Aw (tropical com inverno seco e verão chuvoso) (KÖPPEN; GEIGER, 1928). As médias históricas de pluviosidade e de temperatura para o município são 1.367 mm e 23,1 °C, respectivamente (CLIMATE-DATA.ORG, 2017).

O solo da área é classificado como Latossolo Vermelho (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA, 2013), e o relevo predominante é levemente inclinado (< 5%). A textura do solo da área é arenosa contendo cerca de 75% de areia.

O seringal, irrigado, foi implantado em área de pastagem, cultivada com braquiária. A população média de árvores nessa área é de aproximadamente 500 árvores ha⁻¹ e a sangria foi iniciada quando as árvores estavam com sete anos de idade e 50% das árvores apresentavam 45 centímetros de CAP.

Clone de seringueira

O clone utilizado para a produção de látex (epibioto) na fazenda é o RRIM600. Não há informação sobre o clone utilizado como hipobioto. O manejo de pragas, doenças e plantas daninhas, assim como adubação nas áreas, foi realizado conforme necessidade e critérios do proprietário. Não foi utilizado nenhum produto para controle de nematoides ou doenças de solo.

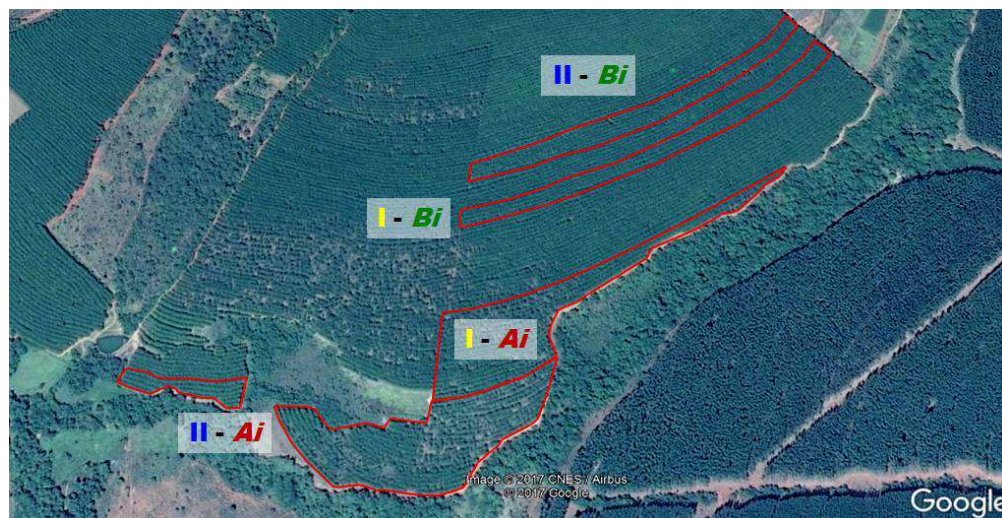
O clone RRIM600 é um clone secundário, proveniente dos parentais: Tjir 1 e PB 86, sendo atualmente o clone mais plantado no Brasil (IAC, 2017b). Este clone, apesar de antigo e com algumas características indesejáveis (sensível à quebra por ventos, pouco tolerante ao frio, suscetível à *M. ulei*, *Phytophthora* spp. e *M. exigua*), é uma das principais opções para plantios em larga escala devido à elevada produção de látex

(PBRRIM, 1970; HO et al., 1974; IRSC, 1976; FONSECA et al., 1999; PAES-TAKAHASHI et al., 2015).

Arranjo experimental e avaliações

A área selecionada para este estudo foi dividida em subáreas (Figura 5), que foram classificadas conforme o nível de infestação do nematoide de galha nas raízes da seringueira (alta ou baixa infestação). Esta divisão teve o intuito de estudar as características da seringueira e suas correlações com as quantidades de nematoide no solo e nas raízes da seringueira e com a produção de látex. Cada área foi inteiramente sangrada pelo mesmo sangrador durante toda a safra, no período de 29 de agosto de 2016 a 23 de julho de 2017.

FIGURA 5. Identificação dos sangradores (I e II) e níveis de infestação [alta (*Ai*), baixa (*Bi*)] nas áreas avaliadas dentro da fazenda estudada. Triângulo Mineiro, MG. Fonte: Google Earth, 2017.



Em cada área, foram feitas quatro amostragens de 100 árvores contínuas, sendo que, onde havia uma árvore morta, ou espaço vazio, esta era contada mas não medida. A circunferência de todas as seringueiras vivas e avaliada à altura do peito (CAP), a aproximadamente 1,3 metros do solo, e estimou-se a área basal ($AB - m^2 ha^{-1}$) e a sobrevivência de árvores (%).

Foram, também, contadas as árvores que ainda não haviam entrado em sangria (%), as árvores que haviam sido removidas da sangria (%), as árvores com circunferência maior que 45 cm (%) e as árvores com circunferência menor que 45 cm (%), pois, de acordo com Pereira e Pereira (2001), árvores com circunferência de tronco (a 1,3 m de altura) acima de 45 cm estão aptas para iniciar a produção. Todas as avaliações ocorreram entre o final de maio e o início de junho de 2017.

A produção de látex coagulado por área (kg) foi obtida a partir dos registros da propriedade (safra 2016/17), de onde se estimou a produção por árvore (kg) e a produtividade (kg ha^{-1}), que foram aplicados no estudo sobre os prejuízos econômicos causados pelo nematoide de galha na seringueira. A população padrão de cálculo e estimativa dos danos causados tomou como base uma população de 500 árvores ha^{-1} .

Análise nematológica

A análise e quantificação de nematoides nas amostras de solo e raízes de seringueira seguiu a metodologia proposta por Bonetti e Ferraz (1981) e Jenkins (1964), respectivamente. Em cada área foram coletadas 10 amostras de solo (cerca de 1 kg) e raízes (cerca de 200 g) para análise. As amostragens e as avaliações nematológicas foram realizadas entre abril e maio de 2017. As galhas denotavam a presença do *M. exigua* na área. A identificação da espécie foi feita por meio de análise perineal de fêmeas encontradas nas raízes amostradas na área deste estudo.

Uma alíquota de 150 cm^3 foi retirada de cada amostra de solo homogeneizada. Essa alíquota foi misturada em 2 L de água e a suspensão resultante foi vertida em peneiras sobrepostas de 20 e 400 mesh ((850 μm) e (38 μm), respectivamente) após repousar por cerca de 15 segundos. O material retido na peneira de 400 mesh foi recolhido com auxílio de uma piseta com água e a suspensão distribuída em tubos, e centrifugada a 650 gravidades por 5 minutos. A suspensão sobrenadante foi cuidadosamente descartada para preservar o material sedimentado no fundo do tubo de centrifugação. Sobre esse sedimento foi vertida e misturada uma solução de sacarose (454 g L^{-1} açúcar cristal). A suspensão resultante foi novamente centrifugada a 650 gravidades por 1 min. O sobrenadante desta centrifugação foi cuidadosamente vertido sobre peneira de 500 mesh (25 μm), e o resíduo dessa peneira foi recolhido em

aproximadamente 40 mL para compor a suspensão aquosa final para estimativa de nematoides no solo da área experimental.

As raízes coletadas foram lavadas em água corrente, secas à sombra por aproximadamente 2 h e cortadas em pedaços de cerca de 1 cm. Esses segmentos de raízes foram triturados em solução de hipoclorito de sódio (NaClO 0,5% de cloro ativo) em baixa rotação em um liquidificador doméstico por cerca de 20 s. Para clarear a suspensão resultante, esta foi vertida sobre peneira de 60 mesh (260 μ m) sobreposta à de 500 mesh, e então centrifugada, por 1 min, com solução de sacarose, e vertida sobre uma peneira de 500 mesh. A suspensão aquosa retida nesta peneira foi recolhida em aproximadamente 40 mL para compor a suspensão final para estimativa de nematoides nas raízes de seringueira.

As suspensões finais provenientes do processamento de solo ou raízes foram avaliadas ao microscópio fotônico em câmara de contagem de Peters, para a contagem de ovos e juvenis de segundo estágio de *M. exigua*.

Análises estatísticas

Os dados de quantidade do nematoide no solo e nas raízes da seringueira, e os dados das observações das árvores de seringueira foram testados para a ocorrência de valores extremos (*outliers*) através de gráficos *boxplot* dos erros residuais (CHAMBERS et al., 1983). Posteriormente, esses erros residuais foram testados para a normalidade de sua distribuição por Shapiro-Wilk (1965) ($p > 0,01$) e para a homogeneidade das variâncias por Levene (1960) ($p > 0,01$). Ambas as avaliações (normalidade dos resíduos e homogeneidade das variâncias) são para atender às pressuposições do modelo de análise de variância (ANAVA), e foram realizadas com o auxílio do programa estatístico SPSS Statistics®.

As quantidades de nematoide de galha no solo e nas raízes da seringueira, assim como o CAP (cm), a AB ($m^2 ha^{-1}$), as porcentagens de árvores que sobreviveram, que ainda não haviam entrado em sangria, que deixaram de serem sangradas, e as com circunferência maior ou menor que 45 cm foram avaliadas na ANAVA como um fatorial 2×2, sendo dois sangradores e duas infestações do nematoide de galha (alta e baixa) nas raízes da seringueira. A ANAVA foi conduzida como um experimento implantado em delineamento de blocos casualizados (DBC) para penalizar os graus de

liberdade do resíduo da ANAVA, visto que, devido às peculiaridades deste experimento, nenhum delineamento pôde ser aplicado.

As diferenças significativas identificadas pela ANAVA foram posteriormente distintas pelo teste *t* de Bonferroni (1936) ($p < 0,01$) recomendado para um pequeno número de contrastes (PIMENTEL GOMES, 2000). A ANAVA e o teste *t* de Bonferroni foram realizados com o auxílio do programa estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

As correlações entre as quantidades do nematoide no solo e nas raízes da seringueira com os dados das observações das árvores foram calculadas pelo coeficiente *r* de Pearson (1892). Este coeficiente de correlação é utilizado para expressar o quanto uma associação pode ser descrita por uma função linear, sendo uma medida adimensional de associação, variando entre “-1” (relação perfeitamente inversa) e “+1” (relação perfeitamente direta), sendo “0” a ausência de correlação, ou um indicativo de correlação não linear.

A correlação de Pearson é calculada através da razão entre a variância conjunta (covariância) das duas variáveis correlacionadas e o produto de seus respectivos desvios padrões. Para que a correlação de Pearson seja forte e eficiente é importante que os erros residuais dos dados estejam normalmente distribuídos e sem a presença de valores extremos (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

A produção de látex por área foi considerada entre os meses de agosto de 2016 e julho de 2017. A partir dessas avaliações foram estimadas a produção por árvore e a produtividade. Com os dados de produção das áreas com baixa e alta infestação do nematoide foram feitas projeções das perdas causadas por esta infestação no seringal.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todas as pressuposições do modelo de ANAVA deste estudo foram atendidas ($p > 0,01$), e os *outliers* identificados (análise gráfica de *boxplot* dos erros residuais) em todo o conjunto de dados foram considerados como *parcelas perdidas* com o objetivo de minimizar os efeitos de avaliações extremas nas estimativas deste estudo.

Características do seringal

A Tabela 1 apresenta características das áreas estudadas, incluindo a densidade populacional de nematoides encontradas no solo e nas raízes da seringueira, sendo estas usadas para classificar as áreas como de *baixa* ou *alta* infestação pelo nematoide de galha *M. exigua*.

TABELA 1. Características das áreas estudadas em seringal comercial no Triângulo Mineiro, MG, infestadas por *Meloidogyne exigua* raça 3. Fonte: MACHADO (2018).

Áreas	Infestação ¹	Área ² (ha)	Árvores ³	N.solo ⁴ (150 cm ³)	N.raiz (g raiz ⁻¹)
I	<i>Bi</i>	2,56	1.297	620 a ⁵	452 a
	<i>Ai</i>	3,75	1.382	641 a	4.199 b
II	<i>Bi</i>	2,61	1.347	143 a	358 a
	<i>Ai</i>	4,73	1.423	495 b	4.659 b

CV N.solo: 27,04%; CV N.raiz: 39,76%.

¹. Níveis de infestação [baixo (*Bi*) ou alto (*Ai*)] do nematoide de galha nas raízes de seringueira;

². Área: área da área de um sangrador;

³. Árvores: quantidade de árvores em sangria na área;

⁴. N.solo: Densidade populacional de nematoide de galha no solo (Bonetti; Ferraz, 1981); N.raiz: Densidade do nematoide nas raízes de seringueira (Jenkins, 1964);

⁵. Letras distintas diferem níveis de infecção em cada área pelo teste de médias *t* de Bonferroni (1936) a 5% de significância.

As densidades populacionais de nematoide no solo não diferiram entre os níveis de infestação das áreas do sangrador I, mas diferiram para o sangrador II, sendo a maior quantidade no solo observada na área com maior infestação nas raízes de seringueira (Tabela 1). Esta área (II, *Ai*) está localizada na parte mais baixa do terreno, próximo a

uma vereda com solo hidromórfico onde, possivelmente, havia maior umidade do solo, o que favoreceu a população de *M. exigua* no solo mantendo sua densidade elevada.

Os nematoides de galha que estão nas raízes da seringueira contam com a proteção física exercida pelas próprias raízes; contudo, os nematoides que estão no solo sofrem diretamente com as mudanças de temperatura e umidade no meio, sendo, portanto, uma população mais sensível às variações e um reflexo das condições recentes a que o solo esteve sujeito (McKENRY; ROBERTS, 1985; FERRIS et al., 1990; CARES; HUANG, 2008; RITZINGER et al., 2010). Em condições favoráveis de temperatura, os nematoides recém-eclodidos de *Meloidogyne* podem sobreviver por até 30 dias (VIGLIERCHIO, 1991), no entanto, alterações significativas de temperatura e umidade podem afetar consideravelmente sua população no solo.

A distribuição de fitonematoides no solo também é significativamente influenciada por outros fatores como: espécies de plantas hospedeiras presentes, condições climáticas, arquitetura do sistema radicular, espaçamento de plantio e o manejo dado à cultura (YEATES, 1987; FERRIS et al., 1990; PERRY; MOENS, 2005; VAN der STOEL et al., 2006; FERRAZ; BROWN, 2016).

As densidades populacionais de nematoide encontradas neste estudo (Tabela 1) são superiores aos encontrados por Wilcken et al. (2015) em seringais no estado de São Paulo, porém são similares às encontradas por Pezzoni-Filho (2014) no estado do Mato Grosso e por Machado et al. (2014) em Minas Gerais. As diferenças encontradas nesses estudos podem ser consequência da diversidade edafoclimática, da quantidade de inóculo inicial e do manejo dos seringais. Estes relatos demonstram a distribuição do nematoide de galha pelos seringais nacionais e, apesar do grande potencial de danos dessa doença à seringueira (GASPAROTTO et al., 2016), pouco tem sido discutido sobre seus impactos na produção de borracha nacional, qual o manejo mais apropriado ou se este nematoide é a causa primária da morte de seringueiras em áreas infestadas pelo nematoide de galha.

A densidade de nematoide nas raízes das árvores pertencentes às áreas classificadas como de alta infestação (*Ai*) foi de 10,4 e 11,5 vezes maior do que a densidade encontrada nas raízes das árvores das áreas classificadas como de baixa infestação (*Bi*). Os sintomas da presença do nematoide de galha na seringueira foram evidentes nas áreas com alta infestação.

Características da seringueira

As características avaliadas das seringueiras nas áreas estudadas são apresentadas na Tabela 2.

TABELA 2. Características das seringueiras estudadas em diferentes áreas em seringal comercial no Triângulo Mineiro. Fonte: MACHADO (2018).

Áreas	CAP	AB	Sobrev.	N.sangria	S.sangria	>45 cm	<45 cm
Sangrador	nfestação ¹	(cm)	(m ² ha ⁻¹)	-----	%	-----	-----
I	<i>Bi</i>	49,36 a ²	9,58 a	98,75 a	16,50 a	0 a	72,75 a
	<i>Ai</i>	46,88 b	6,99 b	79,75 b	24,50 b	3,00 b	44,75 b
II	<i>Bi</i>	50,05 a	9,82 a	98,50 a	18,00 a	1,25 a	73,50 a
	<i>Ai</i>	48,18 b	8,12 b	85,75 b	21,25 b	4,75 b	60,50 b
CV (%)		2,22	6,59	4,53	21,15	126,58	12,79

1. Níveis de infestação [baixo (*Bi*) ou alto (*Ai*)] do nematoide de galha nas raízes de seringueira; 2. Letras distintas diferem níveis de infestação em cada sangrador pelo teste de médias *t* de Bonferroni (1936) a 5% de significância.

CAP: circunferência do tronco à altura do peito (1,3 m); AB: área basal Sobrev.: sobrevivência; N.sangria: seringueiras que ainda não entraram em sangria; S.sangria: seringueiras que saíram da sangria; >45 cm: seringueiras com CAP maior que 45 cm; <45 cm: seringueiras com CAP menor que 45 cm.

Os resultados apresentados na Tabela 2 demonstram a influência negativa da infestação do nematoide de galha nas características avaliadas das seringueiras. A sobrevivência da seringueira e suas características dendrométricas CAP e AB reduziram cerca de 16,1%, 4,4% e 22,1%, respectivamente. A estimativa das reduções foi calculada comparando-se a média das áreas com baixa infestação com a média das com alta infestação pelo nematoide de galha.

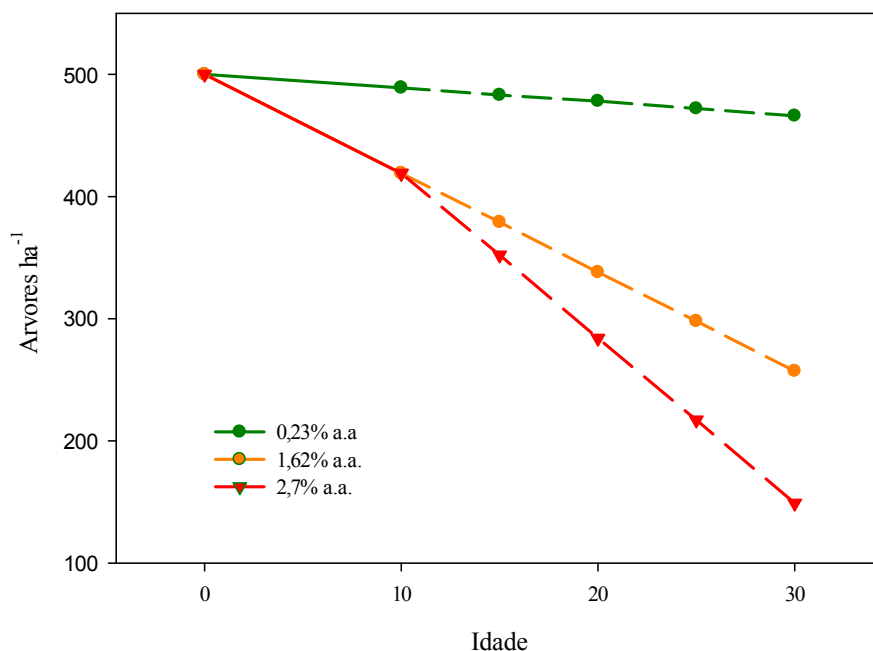
A sobrevivência média de seringueiras encontrada nas áreas com alta infestação pelo nematoide de galha foi de 83,8%. A morte das seringueiras foi acentuada a partir do quarto ano de idade, portanto, em 6 anos de cultivo, 16,2% das seringueiras morreram por causa da presença do nematoide nessas áreas, ou seja, em média, a cada ano a área mais infestada perdeu 2,7% das plantas. Em um seringal plantado com 500 árvores por hectare, esta perda representa 13,5 árvores retiradas de produção por ano na área devido ao nematoide de galha.

Considerando que o seringal terá pelo menos mais 20 anos de sangria (IPEF, 2018), então serão perdidas 270 seringueiras por hectare nesse período nas áreas com alta infestação, o que corresponde a 54% da população inicial. Contudo, em uma

situação em que 54% das seringueiras são perdidas devido à nematose, certamente muitas outras seringueiras, que estejam próximas a estas, também serão afetadas e consequentemente, produzirão menos.

Os gráficos a seguir representam as projeções lineares da morte de seringueiras calculadas - partindo do pressuposto de que este aumento fosse linear - para exemplificar os diferentes cenários encontrados neste estudo (Figura 6). Três cenários foram estudados, sendo a mortalidade da seringueira da área com maior infestação (16,2%) distribuída em seis (cenário 1) e em 10 anos (cenário 2) pós plantio, e o cenário (3) de mortalidade de seringueira na área considerada com de baixa infestação, sendo 2,70, 1,62 e 0,23% de seringueiras mortas ao ano, respectivamente.

FIGURA 6. Diferentes cenários encontrados no estudo, representando o número de árvores, em 30 anos, com três taxas de mortalidade. Fonte: MACHADO, (2018).



O índice de lucratividade (margem bruta/lucro operacional) da heveicultura é uma medida que depende da produtividade, do preço pago pelo produto e dos custos operacionais. Quando em condições regulares de produção (sem grandes problemas

fitossanitários, ou preços muito baixos), o índice de lucratividade geralmente está entre 7,8 (OLIVEIRA et al., 2017) e 15% (MARTINS; ARRUDA, 1992). Nas áreas com maior infestação pelo nematoide (4.429 ovos e J2 g⁻¹ de raiz), considerando o prejuízo com a morte das árvores, refletindo na produção, haverá uma redução na produção de 16,1%, no décimo ano, ou seja, valor superior ao índice de lucratividade (15%), indicando que essas áreas já não têm produtividade suficiente para pagar seu custo de produção.

A sobrevivência nas áreas com menor infestação pelo nematoide foi de 98,63%, ou seja, em 6 anos de cultivo, 0,23% das seringueiras foram perdidas a cada ano até o momento deste estudo, o que equivale a 1,15 seringueiras mortas por ano. Considerando um índice de lucratividade de 15%, ou 75 seringueiras por hectare, então, a área menos infestada (405 ovos e J2 grama⁻¹ de raiz de seringueira) não perderia árvores suficientes em 20 anos ($20 \times 1,15 < 75$ seringueiras) para ser descartada.

A mortalidade de seringueiras encontradas nas áreas mais infestadas deste estudo foi mais de 8 vezes superior à encontrada por Santos et al. (1992), onde cerca de 1,9% das seringueiras estudadas não sobreviveram. Aqueles autores não identificaram o nematoide *M. exigua* como a causa primária da morte dessas seringueiras, mas indicaram que o nematoide de galha seria o predisponente para a entrada do fungo *L. theobromae*, e estes dois parasitas causariam a *morte descendente* da seringueira.

Os sintomas da *morte descendente* na seringueira iniciam a partir do amarelecimento das folhas dos ramos mais jovens (ponteiros), presentes no topo das árvores, seguido de sua seca e morte, causando o definhamento do topo para a base dos galhos e posterior morte da árvore (GASPAROTTO et al., 2012). Esta sequência de sintomas foi uma condição observada em diversas seringueiras nas áreas deste estudo. Contudo, a *morte descendente* da seringueira é uma doença atribuída à ocorrência de pelo menos dois agentes etiológicos, sendo um, o fungo *L. theobromae*, e o segundo podendo ser insetos das sub-famílias Scolytinae e Platypodinae (Coleoptera, Curculionidae) (GONÇALVES et al., 2014), ou nematoides, como *Pratylenchus* (PAES et al., 2012) e *M. exigua* (SANTOS, 1995; SANTOS et al., 1992).

Durante a condução deste estudo não foram observados os sintomas do ataque de coleobrocas nem as descolorações típicas de colonização por *L. theobromae*, exceto nas seringueiras mortas ou morrendo. As fêmeas das coleobrocas ovipositam em madeira recém-cortada, ou em árvores morrendo, fazendo furos e galerias que são

portas para a entrada de fungos que servirão de alimento às coleobrocas e acelerarão a decomposição da madeira (COSTA et al., 2013).

Sharma e Junqueira (1996) relataram os efeitos prejudiciais de uma infestação do nematoide de galha em seringueiras (clone 'Tjir16 × Tjir1') após cerca de 40 meses da inoculação. O estudo não citou a inoculação artificial ou a ocorrência natural de *L. theobromae*. Foram então relatadas reduções na circunferência do caule (31,20%) na altura de planta (19,51%), assim como nas massas frescas da parte aérea (37,32%) e total (29,08%) das seringueiras infectadas em relação às seringueiras não infectadas pelo nematoide de galha.

Há poucos resultados sobre a extensão de danos e perdas causadas por uma infestação de *M. exigua* em seringueira, o que pode levar à subestimação dos reais prejuízos dessa doença aos seringais brasileiros. A quantidade limitada de informações sobre este problema fitossanitário pode ser devido à classificação equivocada de espécies de *Meloidogyne* que parasitam a seringueira, e à presença de outros parasitas como *L. theobromae* e coleobrocas.

A ocorrência conjunta de outras doenças e pragas em um seringal infestado pelo nematoide de galha dificulta isolar os sintomas exclusivos do nematoide, ou mesmo determinar se o nematoide sozinho poderia causar a morte da seringueira. Esta presença concomitante de diferentes parasitas na seringueira suporta a ideia de que o nematoide de galha é um predisponente que debilita a planta através da destruição de seu sistema radicular favorecendo o surgimento e estabelecimento de parasitas oportunistas, o que culmina com a morte da seringueira. Em contraste, não são relatados a ocorrência simultânea de coleobrocas e *L. theobromae*, em associação com estresse hídrico e morte de seringueiras, o que indica que *M. exigua* desempenha um papel mais importante que os demais.

Nas áreas com alta infestação de nematoide de galha, a quantidade de árvores que ainda não entraram em sangria é de 22,9%, assim como a quantidade de seringueiras que saíram da sangria também foi superior, sendo 620% maior que nas áreas com baixa infestação. Estes resultados indicam que a elevada densidade populacional de *M. exigua* (4.429 ovos e J2 g⁻¹ de raiz) na seringueira atrasa o seu desenvolvimento e o início de sua sangria bem como pode prejudicá-las ao ponto de não poderem mais ser exploradas.

Apesar de neste estudo existirem áreas com *baixa infestação* do nematoide de galha nas raízes de seringueira - em média, 405 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. exigua* por grama - os sintomas da sua presença já seriam prejudiciais ao desenvolvimento da seringueira comparado ao seu desenvolvimento em uma condição sem o nematoide de galha. De acordo com Sharma (1996), se apenas 1 (um) grama de solo apresentar quantidades de inóculo entre 0,001 e 0,01 ovo de *M. exigua* já seria suficiente para causar danos à seringueira, e uma quantidade muito maior de inóculo foi encontrada nas áreas deste estudo (Tabela 1), sugerindo que danos e, consequentemente, prejuízos já foram sentidos na propriedade.

Este estudo foi conduzido em áreas com a mesma idade, no entanto, com mudas que tiveram origem em viveiros diferentes (Buritama e Goianésia). Além disso, não há informação sobre quais hipobiotos foram utilizados para a produção das mudas. A possibilidade do uso de diferentes clones como hipobio to das mudas poderia sugerir a existência de diferenças na resistência ao nematoide de galha. Entretanto, Fonseca et al. (1999) e Paes-Takahashi et al. (2015) não observaram nenhuma diferença na resistência de vários clones a *M. exigua*, indicando que, provavelmente, quaisquer que tenham sido os hipobiotos utilizados para a produção das mudas, eram suscetíveis ao *M. exigua*.

A ausência de genótipos de seringueira que são referência para resistência ao nematoide de galha demonstra que ainda não foram desenvolvidos materiais destinados ao manejo do nematoide de galha. A seleção de hipobiotos na seringueira foi feita com base na compatibilidade hipobio to-epibio to (MARTINS et al., 2000), diferentemente de outras culturas, como café (BARBOSA et al., 2014; SERA et al., 2006), hortaliças (PEIL, 2003), e citrus (CARLOS et al., 1997; SEMPIONATO et al., 1997), que têm materiais com resistência para diversas doenças do sistema radicular.

Correlação de Pearson entre as características

A Tabela 3 apresenta as correlações de Pearson calculadas para as densidades populacionais do nematoide (solo e raiz) e as avaliações silviculturais. Os erros residuais de todos os dados (sem *outliers*) apresentaram normalidade em sua distribuição ($p > 0,01$), indicando que as condições para uma correlação de Pearson forte e eficiente foram atendidas (FIGUEIREDO FILHO; SILVA JÚNIOR, 2009).

Segundo a classificação da correlação r de Pearson por Franzblau (1958), a correlação entre densidade populacional (solo e raízes) de nematoides foi considerada fraca e positiva ($r = 0,357$), indicando que as relações não são inversas, ou seja, o aumento em uma quantidade, seja no solo ou nas raízes, tende a aumentar a outra quantidade de nematoide (Tabela 3). Essa correlação era esperada visto que a ocorrência do nematoide em um ambiente é consequência da existência dele no outro ambiente.

TABELA 3. Correlação de Pearson (r) entre a densidade populacional do nematoide encontrada no solo e nas raízes de seringueira e as avaliações silviculturais em seringal no Triângulo Mineiro, MG (2017). Fonte: MACHADO (2018).

	N.solo	N.raiz	Sobrev.	N.sangria	S.sangria	>45 cm	<45 cm	CAP	AB
N.solo	1	0,357*	-0,530*	0,389	0,288	-0,347	-0,284	-0,366	-0,430
N.raiz		1	-0,861**	0,619*	0,523*	-0,785**	0,055	-0,712**	-0,850**
Sobrev.			1	-0,524*	-0,425	0,872**	-0,160	0,700**	0,936**
N.sangria				1	0,370	-0,758**	0,183	-0,750**	-0,672**
S.sangria					1	-0,442	-0,058	-0,334	-0,450
>45 cm						1	-0,477	0,822**	0,962**
<45 cm							1	0,428	-0,377
CAP								1	0,875**
AB									1

*, **: significativo pelo teste t de Student a 0,05 ou 0,01, respectivamente.

N.solo: Densidade populacional de nematoide de galha no solo (metodologia: Bonetti e Ferraz, 1981); N.raiz: Densidade populacional de galha nas raízes de seringueira (metodologia: Jenkins, 1964). Sobrev.: sobrevivência das árvores de seringueira; N.sangria: seringueiras que ainda não entraram em sangria; S.sangria: seringueiras que saíram da sangria; >45 cm: seringueiras com circunferência de tronco à altura do peito (1,3 m) maior que 45 cm; <45 cm: seringueiras com circunferência de tronco à altura do peito (1,3 m) menor que 45 cm. CAP: circunferência do tronco de seringueira à altura do peito (1,3 m do solo); AB: área basal da seringueira.

Ambas as densidades populacionais do nematoide de galha tiveram correlação negativa com a sobrevivência da seringueira (Tabela 3), indicando que a presença do nematoide tem considerável contribuição para a morte das seringueiras na área. A correlação entre a densidade de nematoide no solo e a sobrevivência da seringueira foi significativa a 5% e considerada moderada ($r = -0,530$), enquanto que a correlação entre a densidade de nematoide nas raízes da seringueira e sua sobrevivência foi significativa a 1% e considerada muito forte ($r = -0,861$). Esta observação aponta que a densidade de *M. exigua* nas raízes da seringueira foi um parâmetro melhor que sua densidade no solo

para inferir sobre o potencial destruidor desta doença no seringal, além da ponderação de que a presença de *M.exigua* no solo trata-se de uma situação transitória e “efêmera”, pois sua sobrevivência chega a ser no máximo de 11 meses, quando na ausência de hospedeiros.

A densidade do nematoide nas raízes da seringueira apresentou correlação forte e positiva com a quantidade de seringueiras que ainda não entraram em sangria ($r = 0,618$; $p < 0,05$), e correlação moderada e positiva com a quantidade de seringueiras que tiveram o painel aberto, entraram em sangria e foram retiradas ($r = 0,523$; $p < 0,05$). Estas correlações indicam que o momento de entrada ou a saída da sangria de uma seringueira está relacionado à presença do *M. exigua* em suas raízes. Quanto maior for a densidade do nematoide nas raízes da seringueira maior será a quantidade de seringueiras não aptas para a sangria, e dependendo da infestação do nematoide de galha, mais seringueiras em sangria serão retiradas deste processo.

A densidade do nematoide nas raízes da seringueira também apresentou correlação significativa ($p < 0,01$), negativa e forte ($r = -0,785$) com a quantidade de seringueiras com circunferência de tronco maior que 45 cm. Esta forte correlação negativa entre a densidade do nematoide nas raízes e a circunferência do tronco da seringueira demonstra como a presença do nematoide pode afetar o desenvolvimento da seringueira, pois uma elevada infestação do nematoide causaria a destruição do sistema radicular reduzindo o crescimento das árvores e, assim, diminuindo a quantidade de seringueiras com circunferência de tronco superior a 45 cm. Indicando que quanto menor for a densidade de nematoides presente nas raízes, maior será o crescimento da árvore, e tão logo ela estará apta para ser explorada comercialmente.

A sobrevivência das seringueiras apresentou correlação significativa ($p < 0,05$) negativa e moderada ($r = -0,524$) com as árvores que ainda não entraram em sangria, indicando que, quanto maior for a sobrevivência, menor será o número de árvores que não entram em processo sangria. Elevadas quantidades de seringueiras ainda não sendo sangradas sugere que a presença do nematoide na área está retardando o desenvolvimento das árvores e atrasando a sua entrada em sangria. Esta infestação que atrasa o desenvolvimento das árvores contribui significativamente para a mortalidade de seringueiras na área, afetando a sua sobrevivência.

A sobrevivência das seringueiras apresentou correlação significativa ($p < 0,01$), positiva e muito forte ($r = 0,872$) com a quantidade de seringueiras com circunferência

de tronco maior que 45 cm. Esta elevada correlação sugere que uma maior quantidade de seringueiras com troncos mais grossos seria consequência do maior desenvolvimento das árvores devido a uma menor pressão de inóculo (baixa infestação do nematoide), e esta menor pressão de inóculo aumenta as chances de sobrevivência da seringueira na área.

A CAP e a AB apresentaram correlação significativa ($p < 0,01$), muito forte e positiva, confirmando que estas variáveis são altamente interdependentes devido à AB ser calculada a partir da CAP. Essas duas variáveis apresentaram correlações significativas ($p < 0,01$) e negativas com a densidade do nematoide de galha nas raízes ($r_{CAP} = -0,712$; $r_{AB} = -0,850$) e com a quantidade de seringueiras que ainda não entraram em sangria ($r_{CAP} = -0,750$; $r_{AB} = -0,672$). A CAP e a AB também apresentaram correlações significativas ($p < 0,01$), porém positivas, com a quantidade de seringueiras com circunferência de tronco maior que 45 cm ($r_{CAP} = 0,822$; $r_{AB} = 0,962$), e com a sobrevivência das seringueiras ($r_{CAP} = 0,700$; $r_{AB} = 0,936$).

Essas correlações de Pearson indicam que CAP e AB maiores serão encontradas em áreas com (i) baixa densidade de nematoide nas raízes da seringueira, (ii) baixa quantidade de seringueiras que ainda não entraram em sangria, (iii) elevada quantidade de seringueiras com maior circunferência de tronco, e (iv) elevada sobrevivência das seringueiras.

Produção de coágulo

As áreas classificadas como de baixa infestação pelo nematoide foram as que apresentaram as maiores quantidades de coágulo produzidas no período de 1 (uma) safra (Tabela 4).

A produtividade das áreas consideradas como altamente infestadas pelo nematoide nas raízes da seringueira foi de 1.458 kg ha⁻¹ e de 2.518 kg ha⁻¹, enquanto que a produtividade média das áreas com menor infestação foi de 3.845 kg ha⁻¹ de coágulo. A infestação encontrada nas raízes de seringueira das áreas com elevada produção de coágulo [em média 405 ovos e J2 de *M. exigua* por grama de raiz (Tabela 1)] não foi suficiente para afetar a produção de coágulo da seringueira (clone RRIM600), sendo considerada muito alta, superior a média de 2.500 kg ha⁻¹ (CREMENT-DEMANGE et al., 2007; HAYASHI, 2009; CORNISH, 2014).

TABELA 4. Produção e produtividade de coágulo durante 1 ano em seringal comercial no Triângulo Mineiro, MG (2016/17). Fonte: MACHADO, (2018).

Áreas		coágulo ²			
Sangrador	Infestação ¹	Árvores ha ⁻¹	kg área ⁻¹	kg árvore ⁻¹	kg ha ⁻¹
I	<i>Bi</i>	506	9.868	7,68	3.855
	<i>Ai</i>	368	9.443	7,22	2.518
II	<i>Bi</i>	516	10.009	7,60	3.835
	<i>Ai</i>	300	6.896	5,58	1.458

¹. Níveis de infestação [baixo (*Bi*) ou alto (*Ai*)] do nematoide de galha nas raízes de seringueira; ². coágulo (kg área⁻¹): produção de coágulo por área durante a safra 16/17; coágulo (kg árvore⁻¹): produção de coágulo por árvore em cada área; coágulo (kg ha⁻¹): produtividade de coágulo durante a safra 16/17.

Considerando o preço pago pela borracha (coágulo) a R\$ 2,50 por quilograma, seriam pagos R\$ 3.645,00, R\$ 6.295,00 e R\$ 9.612,5 por hectare produzido nas áreas onde a infestação foi alta, em seus dois diferentes níveis, e média da baixa infestação do nematoide nas raízes da seringueira, respectivamente.

Comparando os dois cenários extremos de infestação pelo nematoide de galha nas raízes da seringueira (baixa e alta) para toda a fazenda (120 hectares de seringal em sangria), tem-se que o valor pago pela produção desta área em uma condição de alta infestação do nematoide variaria entre R\$ 437.400,00 e R\$ 755.400,00 enquanto que em uma condição de baixa infestação seria de R\$1.153.500, sendo este valor cerca de 264% e 153% superior à produção das áreas com alta infestação.

Desde os primeiros relatos brasileiros do nematoide de galha na seringueira (SHARMA, 1971) na Bahia, e em outras regiões produtoras do país, como São Paulo (MARTINEZ et al., 1972) e a região amazônica (FREIRE, 1976), já é conhecido o elevado potencial de prejuízo desse fitonematoide ao heveicultor. Entretanto, pouca literatura sobre o manejo ou as perdas com essa doença foi divulgada. O relato de Sharma et al. (1992) indicando que o ideal seria evitar gradagens pesadas nas entre linhas da seringueira para não favorecer a disseminação do nematoide de galha, constituiu um dos poucos trabalhos com recomendações sobre o tema.

Em um cenário de baixa valorização do preço pago pela borracha natural, os heveicultores devem priorizar a eficiência do sistema produtivo através do aumento da produtividade de látex e da redução dos custos de condução do seringal, incluindo os

custos com o manejo de doenças, como a causada pelo nematoide de galha *M. exigua*. Os resultados encontrados neste estudo deram valores às perdas ocasionadas pelo nematoide de galha à seringueira. Poucos dados estão disponíveis na literatura sobre o quão prejudicial pode ser o nematoide de galha para a seringueira, e este estudo adiciona informações inéditas para este patossistema (*H. brasiliensis* × *M. exigua*).

CONCLUSÕES

Sob condições de alta infestação, características como sobrevivência, número de árvores em sangria, árvores com CAP maior que 45 cm e área basal, foram reduzidas drasticamente, enquanto que o número de árvores retiradas de sangria e com CAP menor que 45 cm aumentaram.

Todas as características estudadas apresentaram resultados favoráveis ao cultivo da seringueira quando a infestação do nematoide de galha nas raízes foi baixa. No entanto, por tratar-se de uma cultura perene, a atividade poderá ser inviabilizada durante o seu ciclo caso não sejam adotadas medidas eficazes de manejo desta doença.

A produção de coágulo de uma área com baixa infestação pelo nematoide de galha, entre 10,4 e 11,5 vezes inferior à área com alta infestação, é de 153% a 264% superior a uma área com alta infestação, respectivamente.

REFERÊNCIAS

- ABAD, P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; ROSSO, M. N.; ENGLER, J. A.; FAVERY, B. Invasion, feeding and development. In: PERRY R., MOENS M., STARR J. L. (Ed.). **Root-knot nematodes**. Cambridge: CABI International, 2009. p. 163-181.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic Press, 2005. 922 p.
- ALVARENGA, A. P.; CARMO, C. A. F. S. **Seringueira**. 2. ed. Viçosa: EPAMIG, 2014. 1056 p.
- BARBOSA, R. G. H. S.; VIEIRA, H. D.; RODRIGUES, W. P.; RODRIGUES FILHO, J. C.; BARROSO, D. G.; SILVA, T. R. C. Efeito da enxertia e do nematoide *Meloidogyne exigua* sobre o crescimento radicular e a produtividade de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, p. 427-434, 2014.
- BONETTI, J. I.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey e Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 553, 1981.
- BONFERRONI, C. E. Teoria statistica delle classi e calcolo delle probabilità. **Pubblicazioni del R Istituto Superiore di Scienze Economiche e Commerciali di Firenze**. [S. L.] v. 8, p. 3-62. 1936.
- BORELLI, K. **Produção de mudas de seringueira em viveiro suspenso**. 2016. 87 f. Dissertação (Mestrado em Silvicultura e Manejo Florestal) – Universidade de São Paulo. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Piracicaba, 2016.
- CAMARGO, A. P.; MARIN, F. R.; CAMARGO, M. B. O. **Zoneamento climático da heveicultura no Brasil**. Campinas, SP: EMBRAPA Monitoramento por Satélite, 2003. 19 p.
- CARES, J. E.; HUANG, S. P. Soil nematodes. In: MOREIRA, F. M.S.; HUISING, E. J.; BIGNALL, D. E. (Ed.). **A handbook of tropical soil biology: sampling and characterization of below-ground biodiversity**. London: Earthscan, 2008. p. 97-106.
- CARLOS, E. F.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Porta-enxertos para a citricultura paulista**. Jaboticabal, SP: FUNEP, 1997. 47 p. (Boletim Citricola, 1).
- CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Caracterização isoenzimática e variabilidade intraespecífica dos nematoides de galhas do cafeeiro no Brasil. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 2000, Poços de Caldas, MG. **Resumos**. Poços de Caldas: [S. N.] 2000 p. 280-282.
- CARNEIRO, R. M. D. G.; MONTEIRO, J. da M. dos S.; SILVA, U. C.; GOMES, G. Gênero *Meloidogyne*: diagnose através de eletroforese de isoenzimas e marcadores SCAR. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. (Org.). **Diagnose de fitonematoides**. Campinas: Millennium, 2016. p. 47-64.
- CHAMBERS, J.; CLEVELAND, W.; KLEINER, B.; TUKEY, P. **Graphical methods for data analysis**. Pacific Grove: Wadsworth e Brooks/Cole, 1983. 395 p.
- CLIMATE-DATA.ORG. **Dados climáticos para cidades mundiais**. 2017. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/>> Acesso em: 20 dez 2017.
- CORNISH, K. Biosynthesis of natural rubber (NR) in different rubber-producing species. In: IKEDA, Y. (Ed.) **Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber**. [S. L.] p. 3-29. doi: 10.1533/9780857096913.1.3.
- COSTA, E. C.; D'AVILA, M.; CANTARELLI, E. B. **Entomologia Florestal**. 3. ed. Santa Maria: UFSM, 2013. 256 p.

- CREMENT-DEMANGE, A., PRIYADARSHAN, P. M.; THUY HOA, T. T.; VENKATACHALAM, P. Hevea Rubber Breeding and Genetics. **Plant Breed Rev** v. 29, p. 177–283. 2007.
- DECRAEMER, W.; HUNT, D. J. Structure and classification. In: PERRY, R. N., MOENS, M. (Ed.) **Plant nematology**. Wallingford, CABI Publishing, 2006. p. 3-32.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013. 353 p.
- FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 251 p.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.
- FERRIS, H.; MUUENS, T. A.; FOORD, K. E. Stability and characteristics of spatial description parameters for nematode populations. **Journal of Nematology**, Bethesda. v. 22, p. 427-439, 1990.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os mistérios do coeficiente de correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, n. 1, p. 115-146, 2009.
- FONSECA, H. S.; FERRAZ L. C. C. B.; MACHADO, S.R. Comparative ultrastructure of rubber tree roots parasitized by *Meloidogyne exigua* and *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n. 2, p.199-206, 2003.
- FONSECA, H. S.; JAEHN, A.; SILVA, M. F. A. Reações de porta-enxertos de seringueira a *Meloidogyne javanica* e *M. exigua*. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 23, n. 2, p. 9-14, 1999.
- FRANZBLAU, A. **A primer of statistics for non-statisticians**. New York:Harcourt, Brace & World. 1958. 150 p.
- FREIRE F. C. D. Nematoides da região amazônica I - Nematoides parasitas e de vida livre associados à seringueira (*Hevea brasiliensis* Muell. Arg.) e ao guaraná (*Paullinia cupuana* var. *sorbillis*). **Acta Amazonica**, Manaus, v. 6, p. 401-404, 1976.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA J.C.R. (Ed.). **Doenças da seringueira no Brasil**. 2. ed. Manaus: EMBRAPA Amazônia Ocidental, 2012. 255 p.
- GASPAROTTO, L.; PEREIRA, J. C. R.; MOREIRA, A.; FURTADO, E. L.; SANTOS, A. F. **Manual de identificação de doenças da cultura da seringueira**. Brasília: EMBRAPA, 2016. 64 p.
- GHULE, T. M.; SINGH, A.; KHAN, M. R. Root Knot Nematodes: Threat to Indian Agriculture. **Popular Kheti**, West Bengal, v. 2, p. 126-130, 2014.
- GONÇALVES, E. C. P.; FLECHTMANN, C. A. H.; GOES, A. Morte descendente de seringueira: associação de fungos/coleobrocas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA. 47., 2014, Londrina, PR. **Resumo**. Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 2014. CD-ROM.
- GONÇALVES, P. S.; BATAGLIA, O. C.; ORTOLANI, A. A.; FONSECA, F. S. **Manual de heveicultura para o estado de São Paulo**. Campinas: IAC, 2001. 78 p. (Série Tecnologia APTA)
- GOOGLE EARTH. Disponível em: < <https://www.google.com.br/intl/pt-BR/earth/>>. Acesso em: 24 dez. 2017.
- GRECO, N.; DI VITO, M. Population dynamics and damage levels. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; Starr, J. L. (Ed.) **Root-knot nematodes**. Wallingford: CAB International, 2009 . p. 246-274.
- HAYASHI, Y. Production of natural rubber from Para rubber tree. **Plant Biotechnology**, v. 26, n. 1, p. 67-70, 2009.

HO, C. Y.; CHAN, H. Y.; LIM, T. M. Environmax planting recommendations: a new concept in choice of clones. In: RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA PLANTER'S CONFERENCE. 1974, Kuala Lumpur. **Proceedings**, 1974 p. 293-310.

HUNT, D. J.; HANDOO, Z. A. **Taxonomy, identification and principal species**. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (ed.). Root-knot Nematodes CABI International, Cambridge: 2009, p. 1-17.

IHS MARKIT. **Chemical Economics Handbook - Natural Rubber**. 2017. Disponível em: <<https://www.ihs.com/products/natural-rubber-chemical-economics-handbook.html>>. Acesso em: 24 dez 2017.

INDEX MUNDI. RUBBER (commodity prices). 2017. Disponível em: <<https://www.indexmundi.com/commodities/?commodity=rubber&months=360>>. Acesso em: 24 dez 2017.

INSTITUT DE RECHERCHES SUR LE CAOUTCHOUC. **Clone RRIM 600**: fiche technique A-7. Paris: IRSC, 1976. p. 4.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **Centro de seringueira e sistemas agroflorestais**. 2016. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/tecnicas.php>>. Acesso em 20 nov 2017a.

INSTITUTO AGRONÔMICO DE CAMPINAS - IAC. **Centro de seringueira e sistemas agroflorestais**. 2016. Disponível em: <<http://www.iac.sp.gov.br/areasdepesquisa/seringueira/clones.php>>. Acesso em 20 nov 2017b.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. **Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura, 2014**. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/74/pevs_2014_v29.pdf>. Acesso em: 15 out 2017.

INSTITUTO DE PESQUISAS E ESTUDOS FLORESTAIS - IPEF. **Hevea brasiliensis (Seringueira)** IPEF. 2018. Disponível em: <http://www.ipef.br/identificacao/hevea.brasiliensis.asp> Acesso em: 22 fev 2018

INTERNATIONAL RUBBER STUDY GROUP - IRSG. **World Rubber Industry Outlook**. 2017. Disponível em: <<http://www.rubberstudy.com/pub-industry-outlook.aspx>>. Acesso em: 15 out 2017.

JENKINS, W. R. A. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Alexandria, v. 9, n. 48, p. 692-698, 1964.

JONES, J.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E.; GAUR, H.; HELDER, J.; JONES, M.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LOPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J.; WESEMAEL, W.; PERRY, R. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Oxford, GB, v. 14, p. 946-961. 2013.

KARSSSEN, G. **The Plant-Parasitic Nematode Genus *Meloidogyne* Goldi, 892 (Tylenchida) in Europe**. Brill, Leiden, 2002. 160 p.

KARSSSEN, G.; MOENS, M. Root-knot nematodes. In: PERRY, R.N.; MOENS, M. (Ed.). **Plant nematology**. Wallingford: CABI, 2006. p. 59-88.

KOHIYA, S.; IKEDA, Y. (Ed.). **Chemistry, Manufacture and Applications of Natural Rubber**. Oxford.: Woodhead Publishing, 2014. 528 p.

KÖPPEN, W.; GEIGER, R. **Klimate der Erde**. Gotha: Verlag Justus Perthes, wall-map: 1,5 m × 2 m, 1928.

- LEVENE, H. Robust tests for the equality of variance. In: OLKIN, I. (Ed.) **Contributions to Probability and Statistics**, Palo Alto.: Stanford University Press, 1960. p. 278-292.
- LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A. Reação do cafeeiro e de outras plantas a uma população de *Meloidogyne exigua* coletada em seringueira. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v. 79, p. 349-352, 2004.
- LORDELLO, A. I. L.; LORDELLO, R. R. A., CARDOSO, M. Parasitismo das raças de *Meloidogyne incognita* e de *M. javanica* à seringueira. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA. 12., 1988, Dourados, MS. **Resumos...** Dourados: SBN/EMBRAPA-UEPAE, 1988. 75 p.
- LORDELLO, L. G. E.; VEIGA, A. S. Nematoides em seringueira. **Revista de Agricultura**, São Paulo, SP, v. 58, n. 3, p. 203-207, 1983.
- LORENZI, H. **Árvores brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2002. v. 1. 368 p.
- MACHADO, T. V.; COELHO, L.; SANTOS, M. A. Densidade populacional de *Meloidogyne exigua* em raízes de diferentes clones de *Hevea brasiliensis*. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA. 37. 2014. Botucatu, **Pôster 076**.
- MARTELLO, A. 2015. Mercado prevê crescimento zero do PIB e inflação de 7,15% em 2015. Brasília: **G1-Economia Online**. Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/mercados/noticia/2015/02/mercado-preve-pib-zero-e-inflacao-de-7-15-em-2015.html>>. Acesso em: 24 dez 2017.
- MARTINEZ, A. A.; LORDELLO, L. G. E.; RUBENS, R. A. L. Nota sobre nematoides que atacam a seringueira no Estado de São Paulo. **Revista Agricultura**, Piracicaba, v. 47, n. 3-4, p. 159-60, 1972.
- MARTINS, A. L. M.; RAMOS, N. P.; GONÇALVES, P. S.; VAL, K. S. Influência de porta-enxertos no crescimento de clones de seringueira no estado de São Paulo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 35, p. 1743-1750, 2000.
- MARTINS, N. B.; ARRUDA, S. T. **Informações Econômicas**, SP, v.22, n.7, jul. 1992.
- McKENRY, M. V; ROBERTS, P. A. **Phytonematology Study Guide**: University of California, 1985. 56 p. (Publication 4045)
- MOENS, M.; PERRY, R. N.; STARR, J. L. *Meloidogyne* sp.: a diverse group of novel and important plant parasite. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (Ed.). **Root-knot nematodes**. Oxfordshire, GB: CAB International, 2009. p. 1-17.
- MOOIBROEK, H.; CORNISH, K. Alternative sources of natural rubber. **Applied Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v. 53, p. 355-365, 2000.
- MOURA, R. M. O gênero *Meloidogyne* e a meloidoginose. Parte II. In: LUZ, W. C. (Ed.). **Revisão Anual de Patologia de Plantas**. Passo Fundo: Gráfica e Editora Pe. Berthier, v. 5, p. 281-315, 1997.
- MUNIZ, M. F. S.; CAMPOS, V. P.; CASTAGNONE-SERENO, P.; CASTRO, J. M. C.; ALMEIDA, M. R. A.; CARNEIRO, R. M. D. G. Diversity of *Meloidogyne exigua* (Tylenchida: Meloidogynidae) populations from coffee and rubber tree. **Nematology**, Leiden, v. 10, p. 897-910, 2008.
- NICOL, J. M. Important nematode pests. In: CURTIS B. C., RAJARAM S, GÓMEZ M. (Ed.) **Bread wheat improvement and production**. Roma: FAO Plant Production and Protection Series, 2002.
- OGLE, H. J. Abiotic Diseases of Plants. In: BROWN, J. F.; OGLE, H. J. (Ed). **Plant Pathogens and Plant Diseases**. Armidale: University of New England Printery. 1997. p. 156-171.

OLIVEIRA, M. D. M. ; GONÇALVES, E. C. P.; DELLA NINA, L. C.; JACINTHO SOBRINHO, J.; PUTZ, P. Custo de implantação, produção e rentabilidade do cultivo da seringueira no estado de São Paulo, 2016. **Informações Econômicas**, v. 47, p. 31-49, 2017.

OLIVEIRA, M. D. M.; VEIGA FILHO, A. A.; FREDO, C. E. Custos de manutenção e rentabilidade da seringueira em plena produção, região Noroeste do Estado de São Paulo, 2014. **Análise e Indicadores do Agronegócio**, São Paulo, v. 10, n. 2, p. 1-5, 2015. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/LerTexto.php?codTexto=13598>>. Acesso em: 24 dez 2017.

PAES, V. S.; SOARES, P. L. M.; MARI, O. O. O.; SANTOS, J. M.; GOES, A. Primeiro relato de uma doença complexa da seringueira (*Hevea brasiliensis*) causada por *Lasiodiplodia theobromae* e *Pratylenchus brachyurus* no Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA. 30., 2012, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: Nematologia Brasileira, 2012. p. 168-169.

PAES-TAKAHASHI, V. S.; SOARES, P. L. M.; GUIDUCCI, E. P.; BRITO, P. F. CARNEIRO, F. A., FERREIRA JUNIOR, R. Reaction of rubber tree rootstock to *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus brachyurus*. **Nematropica**, v. 45, p. 242-251, 2015.

PEARSON, K. **The grammar of science**. Londres: Walter Scott, 1892. 493 p.

PEIL, R. M. A enxertia na produção de mudas de hortaliças. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 33, n. 6, p. 1169-1177, 2003.

PEREIRA, A. L.; SILVA, G. S.; RIBEIRO, V. Q. Caracterização fisiológica, cultural e patogênica de diferentes isolados de *Lasiodiplodia theobromae*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 572-578, 2006.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. **Abertura de painel de sangria de seringueira com raspador de casca**. Brasília: EMBRAPA, (Recomendação Técnica 44), 2001.

PEREIRA, A. V.; PEREIRA, E. B. C. **Mudas de seringueira**. Manaus: EMBRAPA- CNPSD, 1986. 52 p. (Circular Técnica 7).

PERRY R., MOENS M., STARR J. L. (Ed.). **Root-knot nematodes**. Cambridge: CABI International, 2009. p. 163-181.

PERRY, R. N.; MOENS, M. **Plant nematology**. Pondicherry, Biddles, 2005. 447 p.

PEZZONI FILHO, J. C. **Dinâmica espaço-temporal da ocorrência de nematoides em seringueira**. 2014. 125 f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Faculdade de Ciências Agrônômicas de Botucatu, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11449/132170>>. Acesso em: 15 dez 2017.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Editora USP, 2000. 477 p.

RUBBER RESEARCH INSTITUTE OF MALAYSIA. Review of modern *Hevea* clones: clone RRIM 600. **Planters' Bulletin Of Rubber Research Institute Of Malaysia**, Kuala Lumpur, v. 107, p. 49-64, 1970.

PRIYADARSHAN, P. M. **Biology of Hevea Rubber**. Oxfordshire: CABI, 2011. 240 p.

RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M.; RITZINGER, R. Nematóides: bioindicadores de sustentabilidade e mudanças edafoclimáticas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p.1289-1296, 2010.

RODRIGO, V. H. L. Ecophysiological factors underpinning productivity of *Hevea brasiliensis*. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campinas, v. 19, n. 4, p. 245-255, 2007.

- ROSMANN, H. Entenda a queda dos preços pagos aos heveicultores. In: CICLO DE PALESTRAS SOBRE A HEVEICULTURA, 2014, São José do Rio Preto. **Anais ..** São José do Rio Preto: APADOR, 2014.
- SANTOS, J. M. Histopatologia em raízes de seringueira infectadas por *Meloidogyne exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 226 (resumo), 1992.
- SANTOS, J. M. *Meloidogyne exigua* e *Botryodiplodia theobromae*, principais componentes bióticos de uma doença complexa da seringueira em Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 341, 1995.
- SANTOS, J. M.; MATTOS, C.; BARRÉ, L.; FERRAZ, S. *Meloidogyne exigua*, sério patógeno da seringueira nas plantações E. Michelin, em Rondonópolis, MT. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 16., 1992, Lavras. Anais Sociedade Brasileira de Nematologia, 1992. 75 p.
- SEMPIONATO, O. R.; STUCHI, E. S.; DONADIO, L. C. **Viveiro de citros**. Jaboticabal: FUNEP, 1997. 37 p. (Boletim Citrícola 2).
- SERA, G. H.; SERA, T.; AZEVEDO, J. A.; MATA, J. S. da; RIBEIRO-FILHO, C.; DOI, D. S.; ITO, D. S.; FONSECA, I. C. B. Porta-enxertos de café robusta resistentes aos nematóides *Meloidogyne paranaensis* e *M. incognita* raças 1 e 2. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 27, p. 171-184, 2006.
- SHAPIRO, S. S.; WILK, M. B. An analysis of variance test for normality. **Biometrika**, Oxford, RU, v. 52, p. 591-611, 1965.
- SHARMA, R. D. Nematoides associados com o cacaueiro e seringueira na Bahia. **Revista Teobrama**, Ilhéus, v. 1, n. 3, p. 43-45, 1971.
- SHARMA, R. D.; JUNQUEIRA, N. T. V. Pathogenicity of *Meloidogyne exigua* on *Hevea brasiliensis* root-stock. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 418, 1996.
- SHARMA, R. D.; JUNQUEIRA, N. T. V., BARRE, L. ROCHA, B. F. Efeitos de práticas culturais na incidência de *Meloidogyne* sp, em seringueira de cultivo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 2, p. 226, 1992.
- SHARMA, R. D.; LOOF, P. A. A. Nematodes of the cocoa region of Bahia, Brazil: 1. Plant-parasitic and free-living nematodes associated with rubber (*Hevea brasiliensis* M. Arg.). **Revista Theobroma**, Ilhéus, v. 3, n. 1, p. 36-41, 1973.
- SIJMONS, P. C.; ATKINSON, H. J.; WYSS, U. Parasitic strategies of root nematodes and associated host cell responses. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto. v. 32, p. 235-259, 1994.
- SILVEIRA, S. G. P. Nematoides associados à cultura da seringueira (*Hevea* spp.). In MEDRADO, M. J. S. et al. (Ed.) **Formação de mudas e plantio de seringueira**. Piracicaba, Brasil: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"-USP, Departamento de Agricultura, 1992. p. 78-82.
- TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. **Biology, identification, and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne*)**. North Carolina State University and the United States Agency for International Development, 1978. 111 p.
- TRINDADE, D. R. **Exigências climáticas da seringueira**. Belém: FCAP, 1982. 2 p. (Curso de Especialização em Heveicultura, 10).
- VAN der STOEL, C. D., DUYTS, H.; VAN der PUTTEN, W. H. Population dynamics of a host-specific root-feeding cyst nematode and resource quantity in the root zone of a clonal grass. **Oikos**, Lund, v. 112, p. 651-659, 2006.

VIGLIERCHIO, D. R. **The world of nematodes**: a fascinating component of the animal kingdom. Davis: University of California, 1991. 266 p.

VIRGENS FILHO, A. C. **Programa de Desenvolvimento do agronegócio Borracha nos estados da Bahia e Espírito Santo - PRODABES**. Ilhéus: CEPLAC, 2005. p. 55.

WEBSTER, C.; BALKWILL, W. J. **Rubber**. Londres, BG: Longman Group, 1989. 614 p.

WILCKEN, S. R. S.; GABIA, A. A.; BRITO, P. F.; FURTADO, E. L. Phytoparasite nematodes in rubber plantations of São Paulo State. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.41, n. 1, p. 54-57, 2015.

WILLIAMSON, V. M.; GLEASON, C. A. Plant-nematode interactions. **Current Opinion in Plant Biology**, v. 6, n. 4, p. 327-333, 2003

YEATES, G. W. How plants affect nematodes. **Advances in Ecological Research**, Amsterdam, v. 17, p. 61-113, 1987.