

DARLAN FERREIRA BORGES

**EFEITO NEMATICIDA DE EXTRATOS DE PLANTAS DO CERRADO E
ÓLEOS ESSENCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

RIO PARANAÍBA
MINAS GERAIS - BRASIL
2017

Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca da Universidade Federal de Viçosa - Câmpus Rio Paranaíba

T

B732e
2017

Borges, Darlan Ferreira, 1991-
Efeito nematicida de extratos de plantas do cerrado e óleos essenciais / Darlan Ferreira Borges. – Rio Paranaíba, MG, 2017. vii, 37f. : il. ; 29 cm.

Orientador: Everaldo Antônio Lopes.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa
Campus Rio Paranaíba.
Inclui bibliografia.

1. Controle alternativo. 2. *Meloidogyne javanica*.
3. Nematicida natural. I. Universidade Federal de Viçosa
Campus Rio Paranaíba. Instituto de Ciências Agrárias. Mestrado
em Agronomia-Produção Vegetal (campus CRP). II. Título.

632.95

DARLAN FERREIRA BORGES


**EFEITO NEMATICIDA DE EXTRATOS DE PLANTAS DO CERRADO E
ÓLEOS ESSENCIAIS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal, para a obtenção do título de *Magister Scientiae*.

APROVADA: 24 de fevereiro de 2017.



Liliane Evangelista Visotto
(Coorientadora)



Márcio Santos Soares
(Coorientador)



Vânia Maria Moreira Valente



Everaldo Antônio Lopes
(Orientador)

DEDICATÓRIA

Aos meus pais, Ailton e Divânia, pelo amor incondicional, exemplo de vida e principalmente pela inspiração e confiança que sempre me transmitiram.

A meu irmão Adilton, que mesmo a distância sempre me apoiou, além de me dar os sobrinhos mais lindos - Arthur e Miguel.

À minha namorada e companheira, que sempre me apoiou e nunca me deixou desanimar.

A todos meus amigos que colaboraram de alguma forma.

Dedico.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, não poderia ser diferente, devo tudo a Ele. Deus, quero Lhe agradecer por todas minhas conquistas e, principalmente, pela saúde para que eu pudesse chegar até aqui, sem o Senhor nada teria acontecido.

Agradeço aos melhores pais do mundo, Ailton e Divânia, que além do amor incondicional e de serem exemplo de pais, cidadãos e amigos, não mediram esforços para que essa etapa tão almejada fosse concluída.

Ao meu irmão Adilton, que tanto amo, apesar da distância sempre teve aquela palavra-chave para o meu sucesso. Além disso, formou uma linda família, trazendo ainda mais felicidade para a minha vida. Obrigado também minha cunhada Agleice, pelos meus tesouros Arthur e Miguel.

Meus avós Ranulfo e Aurora, José (*in memoriam*) e Leocádia por terem despertado ainda mais a minha curiosidade e a procura por novos conhecimentos. A meus tios e primos, que sempre acreditaram no meu potencial.

À minha namorada, que sempre com as palavras certas consegue me motivar e fazer com que eu acredite ainda mais em mim mesmo, além de me aturar sempre.

À Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba pela oportunidade de cursar o Mestrado em Produção Vegetal que, apesar de todas as dificuldades enfrentadas, tenho certeza que jamais me arrependerei da escolha.

À FAPEMIG pela bolsa de estudos.

Agradeço ao meu Orientador, DSc. Everaldo Antônio Lopes, pela ajuda e ensinamentos passados no decorrer da graduação, além de me motivar e despertar meu interesse em continuar sempre. Aos meus Co-orientadores, Professores Márcio e Liliane, pelas contribuições fundamentais ao meu trabalho.

A todos os Professores da Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba que direta ou indiretamente contribuíram para que o trabalho fosse desenvolvido, entre eles, Professora Vânia, o Professor Allan e o Professor Vinícius.

Aos amigos do grupo de pesquisa em Fitopatologia “Anton De Bary”: Rafael, Amanda, Vanessa, Luisa, Rafaela, Fernanda, Letícia, Fernando, Wytallo e Elber pelo apoio nas diversas atividades desenvolvidas.

Ao técnico de laboratório Fábio Campos, por sempre me ajudar e também aos técnicos Bruno, Danilo e Paulo pelo auxílio na realização dos trabalhos de campo.

À República Arame Farpado pelos ótimos anos de convivência, sendo a maioria de alegria. Enfim, a todos que sempre quiseram o meu bem.

BIOGRAFIA

Darlan Ferreira Borges, filho de Ailton Fernandes Borges e Divânia Ferreira da Cunha Borges, nasceu em Monte Carmelo-MG no dia 19 de abril de 1991.

Em 2006, iniciou o Ensino Médio concomitante ao Ensino Técnico em Agropecuária pela Escola Agrotécnica Federal de Uberlândia – EAF-UDI. Concluiu o Ensino Técnico e o Ensino Médio em 2008.

Iniciou o Curso de Agronomia pela Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba em 2010, graduando-se Engenheiro Agrônomo em fevereiro de 2015.

Em março de 2015, iniciou o curso de Mestrado Acadêmico em Produção Vegetal na UFV-CRP, submetendo-se a defesa em 24 de fevereiro de 2017.

SUMÁRIO

RESUMO	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUÇÃO GERAL.....	1
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	3
CAPÍTULO 1: Potencial nematocida de óleos essenciais de <i>Ageratum fastigiatum</i> , <i>Callistemon viminalis</i> e <i>Schinus terebinthifolius</i>	4
RESUMO.....	4
ABSTRACT.....	5
INTRODUÇÃO.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	7
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	10
CONCLUSÕES.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	16
CAPÍTULO 2: Efeito nematocida de extratos aquosos de plantas do Cerrado	19
RESUMO.....	19
ABSTRACT.....	20
INTRODUÇÃO.....	21
MATERIAL E MÉTODOS.....	22
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
CONCLUSÕES.....	32
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33
CONCLUSÕES GERAIS.....	37

RESUMO

BORGES, Darlan Ferreira, M.Sc, Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba, Fevereiro, 2017. **Efeito nematicida de extratos de plantas do Cerrado e óleos essenciais.** Orientador: Everaldo Antônio Lopes. Coorientadores: Márcio Santos Soares e Liliane Evangelista Visôto.

Os nematoides-de-galhas causam sérios danos em cultivos de hortaliças no Brasil. As espécies *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica* são comumente as mais encontradas em áreas infestadas. A aplicação de extratos aquosos e de óleos essenciais de plantas pode ser opção adicional ao manejo do nematoide-de-galhas. Desta forma, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial nematicida de óleos essenciais e de extratos aquosos de plantas do Cerrado. No Capítulo 1, óleos essenciais de folhas de *Ageratum fastigiatum* e *Callistemon viminalis* e de frutos maduros e verdes de *Schinus terebinthifolius* foram avaliados quanto à sua eficácia na inibição de eclosão e em controlar juvenis de segundo estágio (J_2) de *M. javanica* em laboratório e no manejo desse nematoide na cultura da alface em campo. No Capítulo 2, extratos aquosos de frutos de *Enterolobium gummiferum*, folhas e frutos de *Stryphnodendron adstringens*, folhas de *Hancornia speciosa*, folhas e ramos de *Tapirira guianensis*, folhas e ramos de *Copaifera langsdorffii*, folhas de *Eremanthus erythropappus*, folhas de *Hymenaea stigonocarpa* e folhas de *Dimorphandra mollis* foram avaliados quanto à sua ação nematicida em laboratório e em casa de vegetação, usando alface como hospedeiro suscetível. Concluiu-se que o óleo de frutos verdes de *S. terebinthifolius* reduz a eclosão e controla J_2 de *M. javanica* em laboratório e a aplicação dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de *S. terebinthifolius* e de folhas de *C. viminalis* e *A. fastigiatum* não controla *M. javanica* em alface em campo infestado com alta densidade do patógeno (média de 554 $J_2/100\text{ cm}^3$ de solo). Em laboratório, extratos de folhas e ramos de *C. langsdorffii*, folhas de *T. guianensis* e frutos de *S. adstringens* e *E. gummiferum* reduzem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J_2) de *M. javanica*, enquanto que extratos de folhas de *E. erythropappus* e *H. stigonocarpa* possuem substâncias que controlam J_2 . Em casa de vegetação, a aplicação ao solo de extratos de frutos de *E. gummiferum*, folhas de *C. langsdorffii*, folhas de *E. erythropappus* e da mistura de extratos de folhas de *C. langsdorffii* e *H. stigonocarpa* reduz o número de galhas, enquanto que a mistura de extratos de frutos de *S. adstringens* e folhas de *E. erythropappus* reduz o número de ovos de *M. javanica* em raízes de alface.

Palavras chave: controle alternativo, *Meloidogyne javanica*, nematicida natural.

ABSTRACT

BORGES, Darlan Ferreira, M.Sc., Universidade Federal de Viçosa *Campus* de Rio Paranaíba, February, 2017. **Nematicidal effect of extracts of Cerrado plants and essential oils.** Adviser: Everaldo Antônio Lopes. Co-advisers: Márcio Santos Soares and Liliane Evangelista Visôto.

Root-knot nematodes cause serious damage to vegetable crops in Brazil. *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica* are the commonest species found in infested areas. The application of aqueous extracts and essential oils of plants may be an additional option for the management of root-knot nematodes. Thus, we aimed with this research to assess the nematicidal potential of essential oils and aqueous extracts of plants Cerrado. In the Chapter 1, essential oils of leaves of *Ageratum fastigiatum* and *Callistemon viminalis* and of green and mature fruits of *Schinus terebinthifolius* were evaluated in laboratory for their efficacy in inhibiting hatching and control second-stage juveniles (J₂) of *M. javanica*, and in field for the management of this nematode in lettuce. In the Chapter 2, aqueous extracts of fruits of *Enterolobium gummiferum*, leaves and fruits of *Stryphnodendron adstringens*, *Hancornia speciosa*, *Dimorphandra mollis* *Eremanthus erythropappus*, *Hymenaea stigonocarpa*, leaves and branches of *Tapirira guianensis* and *Copaifera langsdorff* were evaluated for their nematicidal action in laboratory and greenhouse, using lettuce as susceptible host. As a conclusion, essential oil of *S. terebinthifolius* green fruits reduces hatching and control *M. javanica* J₂ in laboratory and the application of essential oils of green and mature fruits of *S. terebinthifolius* and leaves of *C. viminalis* and *A. fastigiatum* does not control *M. javanica* in lettuce grown in field with high density of the pathogen (average of 554 J₂/100 cm³ of soil). In laboratory, extracts of leaves and branches of *C. langsdorff*, leaves of *T. guianensis* and fruits of *S. adstringens* and *E. gummiferum* reduce J₂ hatching, while leaf extracts of *E. erythropappus* and *H. stigonocarpa* contain substances that control *M. javanica* J₂. In greenhouse, soil application of fruit extracts of *E. gummiferum*, leaves of *C. langsdorff* and *E. erythropappus* and the mixture of leaf extracts of *C. langsdorff* and *H. stigonocarpa* reduces the number of galls, while the mixture of extracts of *S. adstringens* fruits and *E. erythropappus* leaves reduce the number of *M. javanica* eggs in lettuce roots.

Key words: Alternative control, *Meloidogyne javanica*, natural nematicide.

INTRODUÇÃO GERAL

Os principais patógenos em áreas de cultivo de hortaliças em todas as regiões do mundo são os fitonematoides, responsáveis por perdas entre 20% e 100%, dependendo da densidade populacional, suscetibilidade do cultivar, espécie de nematoide, tipo de solo e condições ambientais (SIKORA & FERNANDÉZ, 2005). No Brasil, os nematoides-degalhas, principalmente as espécies *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood são responsáveis pelos maiores danos em hortaliças (FERRAZ et al., 2010). Cenário semelhante ocorre na região do Alto Paranaíba - MG, especialmente nas culturas da cenoura (*Daucus carota* L.), batata (*Solanum tuberosum* L.), beterraba (*Beta vulgaris* L.), tomateiro (*Solanum lycopersicum* L.) e alface (*Lactuca sativa* L.).

Várias estratégias devem ser adotadas para reduzir a densidade de nematoides no campo, como o uso de variedades resistentes, nematicidas químicos, rotação de culturas, controle biológico, pousio, adubação verde e controle físico (FERRAZ et al., 2010). O uso integrado de várias técnicas de controle aumenta a eficiência e a sustentabilidade do manejo. O uso de extratos e óleos essenciais de plantas com ação nematicida ainda é incipiente. No entanto, várias espécies vegetais produzem substâncias nematicidas (LOPES et al., 2005; NTALLI & CABONI, 2012) e poderiam ser usadas no desenvolvimento de produtos para controle de nematoides.

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil e ocupa praticamente toda a região do Alto Paranaíba (RIBEIRO & WALTER, 1998). Apresenta grande diversidade florística, com mais de 12 mil espécies de plantas vasculares catalogadas, semelhante à riqueza encontrada em comunidades de florestas tropicais (MENDONÇA et al., 2008). É também considerado um dos 25 'hotspots' mundiais para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Assim, é possível que inúmeras substâncias nematicidas ou

nematostáticas, produzidas durante o metabolismo secundário das plantas (CHITWOOD, 2002; BRIELMANN et al., 2006), possam ser descobertas explorando este bioma.

Os compostos botânicos, de forma geral, podem atuar diretamente inibindo a eclosão e a movimentação dos nematoides, interferindo na localização das raízes pelos nematoides, ou ainda ativando mecanismos de defesa latentes das plantas (CHITWOOD, 2002; FERRAZ et al., 2010). Na maioria dos estudos, os compostos nematicidas caracterizados foram caracterizados como alcaloides, terpenos ou flavonoides, obtidos de plantas das famílias Meliaceae, Fabaceae, Rutaceae, Apocynaceae e Simaroubaceae (CHITWOOD, 2002; FERRAZ et al., 2010), muito encontradas no Cerrado. A vantagem do uso de substância nematicida de origem vegetal, é que os próprios agricultores podem coletá-las, prepará-las e aplicá-las em reboleiras infestadas com nematoides. Tais compostos também podem resultar em produtos comerciais potencialmente menos tóxicos (LOPES et al., 2005).

Com base no exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar o potencial nematicida de óleos essenciais de *Ageratum fastigiatum*, *Callistemon viminalis* e *Schinus terebinthifolius* e dos extratos aquosos das plantas do Cerrado *Enterolobium gummiferum*, *Stryphnodendron adstringens*, *Hancornia speciosa*, *Tapirira guianensis*, *Copaifera langsdorff*, *Hymenaea stigonocarpa* e *Dimorphandra mollis*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRIELMANN, H.L.; SETZER, W.N.; KAUFMAN, P.B.; KIRAKOSYAN, A. **Phytochemicals: The chemical components of plants**. Natural products from plants. 2. ed. London: Taylor & Francis Group, p. 10-19, 2006.

CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 221-49, 2002.

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

LOPES, E.A.; FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; FERREIRA, P.A.; AMORA, D.X. Efeito dos extratos aquosos de mucuna preta e de manjerição sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 67-74, 2005,

MENDONÇA, R.C.; FELFILI, J.M.; WALTER, B.M. T.; SILVA JÚNIOR, M.C.; REZENDE, A.V.; FILGUEIRAS, T.S.; NOGUEIRA, P.E.; FAGG, C.W. Flora vascular do Bioma Cerrado: Checklist com 12.356 espécies. **Cerrado: ecologia e flora**. Brasília: Embrapa Cerrados, v. 2, p. 423-1279, 2008.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 24, p. 853-858, 2000.

NTALLI, N.G.; CABONI, P. Botanical nematicides: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 40, p. 9929-9940, 2012.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, p. 89-166, 1998.

SIKORA, R.A.; FERNANDÉZ, E. **Nematode parasites of vegetables**. Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. 2nd edition. Wallingford, UK: CAB International, p. 319-392, 2005.

CAPÍTULO 1

Potencial nematicida de óleos essenciais de *Ageratum fastigiatum*, *Callistemon viminalis* e *Schinus terebinthifolius*

(Artigo submetido para publicação na revista *Ciência Rural*)

RESUMO

Alguns óleos essenciais são ricos em compostos nematicidas e poderiam ser usados no manejo de fitonematoides. Assim, objetivamos com este trabalho avaliar o potencial nematicida de óleos essenciais de folhas de *Ageratum fastigiatum* e *Callistemon viminalis* e frutos verdes e maduros de *Schinus terebinthifolius* sobre *Meloidogyne javanica*. Em laboratório, o óleo essencial de frutos verdes de *S. terebinthifolius* reduziu em mais de 80% a eclosão e aumentou em mais de 300% a mortalidade de juvenis de *M. javanica* em comparação com Tween 20 + água, usada como emulsificantes. Em campo com infestação média de 554 J₂/100 cm³, nenhum óleo essencial controlou *M. javanica* em alface. O óleo de frutos verdes de aroeirinha reduz a eclosão e controla J₂ de *M. javanica* em laboratório. No entanto, em campo com elevada densidade de inóculo inicial do nematoide, a aplicação dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de aroeirinha e de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto não controla *M. javanica* em alface.

Palavras chave: controle alternativo, *Meloidogyne javanica*, nematicidas naturais, nematoide-de-galhas.

ABSTRACT

Some essential oils are rich in nematicidal compounds and can be used on the management of plant-parasitic nematodes. Thus, we aimed with this work to assess the nematicidal potential of essential oils from leaves of *Ageratum fastigiatum* and *Callistemon viminalis* and from green and mature fruits of *Schinus terebinthifolius* on *Meloidogyne javanica*. In laboratory, essential oil of green fruits of *S. terebinthifolius* reduced by more than 80% juveniles hatching and increased by more than 300% the mortality of *M. javanica* juveniles when compared to Tween 20 + water, used as emulsifiers. In field with average infestation of 554 J₂/100 cm³, none of the essential oils controlled *M. javanica* in lettuce. The essential oil of *S. terebinthifolius* green fruits reduce hatching and control *M. javanica* J₂s in laboratory. However, in fields with high initial inoculum density of nematode, the application of essential oils of fruits of *S. terebinthifolius* and leaves of *C. viminalis* and *A. fastigiatum* does not control *M. javanica* in lettuce.

Key words: alternative control, *Meloidogyne javanica*, natural nematicides, root-knot nematode.

INTRODUÇÃO

O manejo de fitonematoides depende da adoção de um conjunto de estratégias como o uso de variedades resistentes, nematicidas químicos, rotação de culturas, controle biológico, pousio, adubação verde e controle físico (FERRAZ et al., 2010). Em sistema integrado de manejo, quanto mais opções para os agricultores, mais eficiente e sustentável será o controle. O uso de extratos e óleos essenciais de plantas no manejo de nematoides ainda é incipiente. No entanto, várias espécies vegetais produzem substâncias nematicidas (LOPES et al., 2005; NTALLI & CABONI, 2012) que poderiam ser usadas no desenvolvimento de produtos para controle de nematoides.

O mata-pasto (*Ageratum fastigiatum* (Gardner) King & Rob), a escova-de-garrafa (*Callistemon viminalis* G. Don ex Loud) e a aroeirinha (*Schinus terebinthifolius* Raddi), por exemplo, são plantas que sintetizam inúmeros compostos bioativos e pouco se sabe sobre o potencial nematicida de seus extratos e, ou óleos essenciais. O mata-pasto é uma planta da família *Asteraceae* usada na medicina popular devido às suas propriedades cicatrizantes e anti-microbianas. Os principais compostos produzidos por essa planta são β -cariofileno, germacreno D e 1,10-di-epi-cubenol (DEL-VECHIO-VIEIRA et al., 2009). Essas substâncias possuem ação bactericida e inseticida (TAVARES et al., 2009). A escova-de-garrafa é uma espécie arbórea da família *Myrtaceae* e os principais compostos presentes no óleo essencial de suas folhas são 1,8-cineol, α -pineno e α -terpineol (OYEDEJI et al., 2009). O óleo essencial da planta possui ação bactericida, antioxidante (SALEM et al., 2013) e inseticida (NDOMO et al., 2010). Por fim, a aroeirinha pertencente à família *Anacardiaceae* e produtora de α -felandreno, β -felandreno, α -terpineol, α -pineno, β -pineno e p-cimeno no óleo essencial (BENDAOU et al., 2010). A relatos da ação fungicida da aroeirinha contra espécies de *Alternaria*, *Botrytis*, *Colletotrichum* e *Fusarium* (SANTOS et al., 2010).

Assim, é possível que os óleos essenciais de mata-pasto, escova-de-garrafa e aroeirinha possuam efeito nematicida, devido às suas características químicas e comprovada ação contra insetos e microrganismos. Em razão disso, avaliamos o efeito dos óleos essenciais dessas plantas no controle de *Meloidogyne javanica* (Treb) Chitwood em laboratório e em condições de campo.

MATERIAL E MÉTODOS

Folhas de mata-pasto e escova-de-garrafa e frutos verdes e maduros de aroeirinha foram coletados e levados ao laboratório. Os óleos essenciais foram extraídos de materiais frescos. Frutos verdes e maduros de aroeirinha foram usados por diferirem na sua composição química (BARBOSA et al., 2007).

Aproximadamente 200 g de folhas e/ou frutos das plantas foram triturados em liquidificador e colocados em balão de fundo redondo para extração via destilação por arraste a vapor, em sistema Clevenger. Após a extração por 1 a 2 horas, amostras dos óleos foram analisadas por cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massa (Shimadzu QP2010 Plus). As condições cromatográficas das análises foram ajustadas conforme adaptação do procedimento descrito por BARBOSA et al. (2007), com razão de split de 1:20 e fluxo de gás de 1,0 mL/min.

A identificação dos componentes foi feita pela comparação de seus espectros de massas com os disponíveis no banco de dados da espectroteca NIST e pelos índices aritméticos (IA). Para o cálculo dos índices foi injetada no cromatógrafo uma mistura de alcanos lineares (C9 a C19). O IA foi calculado para cada composto e comparado com valores da literatura (ADAMS, 2007), usando para cálculo a equação: $IA(x) = 100Pz + 100 \left[\frac{RT(x) - RT(Pz)}{RT(Pz+1) - RT(Pz)} \right]$; onde X é o composto de interesse; Pz é o número de átomos de carbono do hidrocarboneto com tempo de retenção imediatamente anterior ao tempo de retenção de X; RT(x), é o tempo de retenção de X;

RT(Pz) é o tempo de retenção de Z; RT(Pz+1) é o tempo de retenção do hidrocarboneto com tempo de retenção imediatamente posterior ao tempo de retenção de X. O percentual relativo de cada composto foi calculado através da razão entre a área integral de seus respectivos picos e a área total de todos os constituintes da amostra.

Efeito nematicida dos óleos essenciais em laboratório

O efeito dos óleos essenciais na eclosão e na mortalidade de juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. javanica* foi avaliado em laboratório. Para os testes de inibição da eclosão, 100 µL de suspensão de ovos contendo 30 ovos foram colocados por célula de placa de Elisa com 96 cavidades, juntamente com 100 µL de óleo essencial e 100 µL de tampão fosfato salino – PBS (16,0 g de NaCl; 4,2 g de Na₂HPO₄.7H₂O; 0,4 g de KH₂PO₄ e 0,4 g de KCl, a pH 7,0). Nas testemunhas, cada célula da placa continha 100 µL de suspensão de ovos e 200 µL de Tween 20 + água e outra com 100 µL de suspensão de ovos e 200 µL de água. O número de ovos e eventuais J₂ por célula foi avaliado logo após o início do experimento, com auxílio de microscópio óptico com objetivas invertidas. Em seguida, as placas foram vedadas com papel filme e mantidas em incubadora do tipo BOD a 27°C. O número de juvenis eclodidos foi avaliado a cada 24 h em um período de cinco dias.

Para a avaliação do efeito nematicida/nematostático dos óleos essenciais sobre os juvenis, os procedimentos foram similares. No entanto, foram usados 30 juvenis recém-eclodidos em cada célula da placa. O número de juvenis móveis e imóveis foi contado a cada 24 h. Ao final de cinco dias, os juvenis foram transferidos para peneira de 324 mesh de abertura e colocados novamente em células de placa de Elisa contendo água destilada, ao invés de óleos essenciais. As placas foram mantidas em BOD a 27°C e, após 24 h, foi avaliado o número de juvenis imóveis (mortos) e móveis (vivos). Os experimentos foram

realizados em duplicata e em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com 10 repetições. A parcela experimental foi composta por uma célula da placa de Elisa.

Efeito nematicida dos óleos essenciais em campo

O experimento de campo foi conduzido no período de março a maio de 2016. Os canteiros possuíam 1,2 m de largura e altura de 0,2 m. Após o preparo dos canteiros, o solo foi irrigado até atingir a capacidade de campo e a adubação foi realizada conforme recomendação para a cultura. A avaliação da população inicial de nematoides foi realizada por meio da retirada de três amostras simples por parcela, para formação de amostra composta. Os nematoides foram extraídos do solo (JENKINS, 1964) e quantificados com uso de microscopia de luz. A população inicial foi de 554.0 J₂/100 cm³ de solo.

As parcelas (1,2 m largura x 1,5 m de comprimento) foram cobertas com lona preta com intuito de minimizar as perdas dos óleos por volatilização. As lonas foram hermeticamente vedadas e separadas por parcela. Para o plantio das plântulas foram feitas marcações nas lonas para o preparo das covas. Cada parcela era constituída por três linhas de plantio espaçadas em 0,3m e com quatro plantas em cada linha, espaçadas 0,3 m entre si. A parcela útil foi composta por duas plantas centrais da linha do meio. O óleo foi emulsificado com Tween 20 e água. Foram utilizados 2 mL do óleo bruto, 2 mL de Tween e 296 mL de água, totalizando 300 mL. A aplicação dos óleos em cada cova foi feita com auxílio de seringa totalizando 25 mL de óleo/cova. Além dos óleos essenciais de escovade-garrafa, mata-pasto, de frutos verdes e maduros de aroeirinha, água pura e a mistura Tween 20 + água foram aplicadas como controles negativos. Em seguida, os furos nas lonas foram lacrados com fita adesiva para evitar perdas por volatilização. A cobertura do solo foi retirada aos sete dias após a aplicação dos óleos. Após três dias de solo

descoberto, plântulas de alface cv. Milena, de 25 dias de idade foram transplantadas no local. Os seis tratamentos foram distribuídos ao acaso em cinco blocos.

Aos 40 dias após o transplântio, as plantas foram colhidas e amostras de solo foram retiradas para avaliação da população final de nematoides. As massas totais das plantas, da parte aérea e das raízes frescas foram avaliadas por pesagem em balança digital. Os ovos do nematoide foram extraídos (HUSSEY & BARKER, 1973) e contados com uso de microscópio de luz. O número de galhas nas raízes foi avaliado por meio de contagem direta a olho nu. O número de J₂ por parcela (População final - Pf) foi avaliado conforme descrito anteriormente. Com isso, avaliou-se a relação Pf/Pi, considerando apenas a contagem de J₂ por parcela, e o fator de reprodução (FR = População final/População inicial), considerando a população final como a soma do número de juvenis, ovos e galhas. Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$) e as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Composição química dos óleos essenciais

A análise cromatográfica dos óleos essenciais revelou variação na composição química entre as plantas (Tabela 1). Os compostos majoritários dos óleos de escova-de-garrafa e mata-pasto foram o cineol/eucaliptol (74,9%) e o germacreno D (42,1%), respectivamente. Por sua vez, o sabineno foi o composto de maior concentração nos óleos de frutos verdes e maduros de aroeirinha (35,6 e 38,7%). No entanto, maior concentração de terpenos foi observada no óleo de frutos verdes de aroeirinha, principalmente terpinen-4-ol, γ -terpineno e α -terpineol (Tabela 1).

Tabela 1 - Composição química dos óleos essenciais de folhas de escova-garrafa (EG), folhas de mata-pasto (MP), frutos verdes (AV) e maduros (AM) de aroeirinha*.

Composto	EG (%)	MP (%)	AV (%)	AM (%)
3-Careno	-	-	7,9	19,6
α - Pineno	9,0	10,6	2,8	2,4
α -Terpineol	8,5	-	0,9	0,3
α - Tujeno	0,1	-	1,5	1,4
α - Terpineno	-	-	3,4	1,8
α - Bergamoteno	-	1,0	-	-
α - Humuleno	-	9,5	-	-
α - Selineno	-	2,8	-	-
β - Phellandrene	-	-	2,2	2,1
β - Elemeno	-	1,5	-	-
β - Selineno	-	3,8	-	-
γ - Terpineno	0,3	-	6,0	3,1
γ - Amorfenol	-	1,3	0,2	-
γ - Muroleno	-	2,4	-	-
Δ - Cadineno	-	3,8	1,6	1,1
Δ - Cadineno	-	3,8	1,6	1,1
Cariofileno	-	13,3	-	-
Cineol/eucaliptol	74,9	-	0,1	-
Copaeno	-	3,0	1,0	0,8
E - Cariofileno	-	-	5,9	5,1
Germacreno D	-	42,1	1,9	3,0
Limoneno	-	1,5	-	-
β - Mirceno	-	-	1,4	3,5
α - Cimeno	2,7	-	3,7	1,5
Sabineno	-	0,4	35,6	38,7
Terpinen-4-ol	1,5	-	18,3	7,6
Terpinoleno	-	-	1,6	1,0

*Apenas substâncias que representam mais de 1% na composição total do óleo de pelo menos uma das plantas foram listadas.

Efeito nematicida dos óleos essenciais em laboratório

O óleo essencial de frutos verdes de aroeirinha reduziu entre 82 e 86% a eclosão e aumentou em mais de 300% a mortalidade de juvenis de *M. javanica* em comparação com a mistura Tween 20 e água, usada como emulsificante (Tabela 2). No entanto, óleo essencial de frutos maduros de aroeirinha não inibiu a eclosão se comparado com a mistura emulsificante. Considerando a composição química dos óleos de aroeirinha, a maior concentração dos terpenos terpinen-4-ol, α -terpineno, γ -terpineno e α -terpineol no óleo de frutos verdes em relação aos maduros pode ter sido fundamental para explicar a diferença na ação nematicida dos óleos (Tabela 1).

Tabela 2 - Efeito de óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa (EG), folhas de mata-pasto (MP) e frutos verdes (AV) e maduros (AM) de aroeirinha na eclosão e mortalidade de juvenis de segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne javanica* em laboratório.

Tratamentos	Eclosão		Mortalidade	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
EG	18,03 c	14,39 c	16,62 b	15,38 c
MP	18,58 c	25,38 ab	15,82 b	16,87 bc
AV	2,89 d	3,51 d	26,04 a	21,22 a
AM	26,45 b	22,76 ab	19,38 b	19,70 ab
Tween 20 + água	21,35 c	19,93 bc	3,35 c	6,58 d
Água	33,29 a	28,25 a	1,24 c	3,02 e
CV (%)	18,23	28,60	31,82	19,00

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Os óleos foram emulsificados com Tween 20 e água.

O efeito dos óleos essenciais na redução da eclosão e na morte de juvenis de segundo estágio de *M. javanica*, principalmente os terpenos encontrados no óleo essencial de frutos verdes de aroeirinha, pode estar relacionado com a ação lipofílica desses compostos sobre as membranas dos nematoides, causando rupturas e alterações na permeabilidade (BAKKALI et al., 2008; ECHEVERRIGARAY et al., 2010). Terpenos possuem ação nematicida e podem inibir eclosão de juvenis de nematoides-de-galhas (ECHEVERRIGARAY et al., 2010; NTALLI et al., 2011). É possível que a menor concentração de terpenos nos óleos de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto tenham também influenciado no menor efeito nematicida destes óleos. Monoterpenos com hidroxilas, a exemplo do terpinen-4-ol e α -terpineol, possuem ação nematicida mais acentuada do que outros tipos de monoterpenos, como o eucaliptol (1,8-cineol) (ECHEVERRIGARAY et al., 2010), que foi o composto majoritário do óleo essencial de escova-de-garrafa (Tabela 1). Ainda que o óleo essencial de mata-pasto tenha efeito inseticida (TAVARES et al., 2009), é possível que seus compostos majoritários não sejam nematicidas, principalmente o cariofileno e germacreno D (Tabela 1). Não foram detectados os monoterpenos terpinen-4-ol e α -terpineol no óleo de mata-pasto, o que pode explicar sua baixa eficiência.

Efeito nematicida dos óleos essenciais em campo

A aplicação dos óleos essenciais não aumentou a biomassa das plantas de alface e não reduziu o número de galhas e ovos de *M. javanica* (Tabela 3). Os óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa e frutos maduros de aroeirinha reduziu o número de juvenis de segundo estágio de *M. javanica* no solo em relação ao início do experimento (relação Pf/Pi). No entanto, ao considerarmos o fator de reprodução (FR) do nematoide, nenhum óleo essencial foi eficiente no controle do patógeno, com FR variando entre 1,8 e 2,91 (Tabela 3).

A cobertura do solo das parcelas experimentais com plástico foi feita para evitar a perda por volatilização dos potenciais compostos nematicidas dos óleos, principalmente os monoterpenos (ECHEVERRIGARAY et al., 2010), que podem ter sido os responsáveis pela ação nematicida dos óleos de frutos verdes de aroeirinha em laboratório. No entanto, ainda que a proteção plástica tenha sido eficiente em reduzir perda dos compostos voláteis, é possível que a quantidade de óleo aplicada não tenha sido significativa para reduzir a população do nematoide. Além disso, a população inicial do nematoide estava muito alta, com média de 554 J₂/100 cm³ (Tabela 3). De forma geral, em culturas suscetíveis ao nematoide-de-galhas, a exemplo da alface, tomate, batata e cenoura, populações iniciais superiores a 100 J₂/100 cm³ de solo são limitantes ao crescimento das plantas (GRECO & DI VITO, 2009). Assim, pode-se afirmar que a aplicação de óleos essenciais de aroeirinha, mata-pasto e escova-de-garrafa não controla *M. javanica* em alface em condições de campo com a elevada pressão de inóculo.

Medidas adicionais de manejo devem ser adotadas para reduzir a população inicial do nematoide em áreas altamente infestadas, como, por exemplo, rotação de culturas, uso de plantas antagonistas, estratégias de controles físico, químico e biológico (FERRAZ et al., 2010). O uso de formulações com maior concentração de óleos essenciais, especialmente aquelas que permitem a liberação lenta dos compostos ativos, podem aumentar a eficiência dessa estratégia de manejo (NTALLI & CABONI, 2012). Estudos adicionais devem ser realizados em áreas com menor infestação do patógeno e com formulações de liberação lenta para avaliar o potencial dos óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto e frutos de aroeirinha.

Tabela 3 - Efeito dos óleos essenciais de folhas de escova-de-garrafa (EG), folhas de mata-pasto (MP) e frutos verdes (AV) e maduros (AM) de aroeirinha sobre a biomassa de plantas frescas de alface (BM, em g) e nos números de galhas (NG) e de ovos (NO) de *Meloidogyne javanica* em campo.

Tratamento	BM	NG	NO	Pi	Pf	Pf/Pi	FR
EG	100,56 a	22,10 a	680,00 bc	580,80 b	339,60 b	0,59 c	1,80 b
MP	73,81 bc	7,80 c	855,90 ab	730,20 a	630,80 a	0,86 b	2,06 b
AV	70,20 bc	13,30 bc	534,50 bc	550,80 bc	507,80 a	0,93 b	1,91 b
AM	81,60 bc	23,70 a	1159,10 a	520,40 bc	342,80 b	0,65 c	2,91 a
T+A	68,44 c	16,50 ab	643,90 bc	495,80 bc	520,00 a	1,05 ab	2,39 ab
Água	85,73 ab	12,30 bc	370,70 a	451,60 c	560,00 a	1,24 a	2,08 b
CV(%)	10,34	26,35	34,02	9,29	15,38	11,26	18,25

Médias seguidas pela mesma letra na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. T+A: Tween 20 e água; Pi: População inicial; Pf: População final; FR: Fator de Reprodução.

CONCLUSÕES

O óleo de frutos verdes de aroeirinha reduz a eclosão e controla J_2 de *M. javanica* em laboratório. Em campo infestado com média de 554 $J_2/100\text{ cm}^3$ de solo, a aplicação dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de aroeirinha e de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto não controla *M. javanica* em alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ADAMS, R.P. **Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectrometry**. Illinois USA: Allured Publishing Corporation, Carol Stream, 2007, 804p.

BAKKALI, F. et al. Biological effects of essential oils - A review. **Food and chemical toxicology**, v.46, n.4, p.446-475, 2008. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1016/j.fct.2007.09.106>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1016/j.fct.2007.09.106.

BARBOSA, L.C.A et al. Seasonal variation in the composition of volatile oils from *Schinus terebinthifolius* Raddi. **Química Nova**, v.30, n.8, p.1959-1965, 2007. Disponível em <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422007000800030>>. Acesso em: 02 fev. 2017. doi: 10.1590/S0100-40422007000800030.

BENDAOU, H. et al. Chemical composition and anticancer and antioxidant activities of *Schinus molle* L. and *Schinus terebinthifolius* Raddi berries essential oils. **Journal of food Science**, v.75, n.6, p.466-472, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x/full>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1111/j.1750-3841.2010.01711.x.

DEL-VECHIO-VIEIRA, G. et al. Chemical composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Ageratum fastigiatum* (*Asteraceae*). **Records of Natural Products**, v.3, n.1, p.52-57, 2009. Disponível em <<http://search.proquest.com/openview/bcf048fa1d8c4dd13d7cca79297e23f6/1?pq-origsite=gscholar&cbl=2042708>>. Acesso em 29 jan. 2017.

ECHEVERRIGARAY, S. et al. Nematicidal activity of monoterpenoids against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, v.100, n.2, p.199-203, 2010. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-100-2-0199>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1094/PHYTO-100-2-0199.

FERRAZ, S. et al. **Manejo sustentável de fitonematoides**. Viçosa: Editora UFV, 2010. 306 p.

GRECO N.; DI VITO M. Population dynamics and damage levels. In: PERRY, R.N.; MOENS, M.; SARR, J.L. **Root-Knot Nematodes**. CABI, Wallingford, UK, 2009. Cap.11, p. 246-274.

HUSSEY, R.S.; BARKER, K.R. Comparison of methods of collecting inocula of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, v.57, n.12, p.1025-1028, 1973.

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

LOPES, E.A. et al. Efeito dos extratos aquosos de mucuna preta e de manjeriço sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v.29, n.1, p.67-74, 2005. Disponível em: <<http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20291/67-74%20pb.pdf>>. Acesso em: 03 fev. 2017.

NDOMO, A.F. et al. Insecticidal activities of essential oil of *Callistemon viminalis* applied as fumigant and powder against two bruchids. **Journal of Applied Entomology**, v.134, n.4, p.333-341, 2010. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0418.2009.01475.x/full>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1111/j.1439-0418.2009.01475.x.

NTALLI, N.G.; CABONI, P. Botanical nematicides: a review. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v.60, n.40, p.9929-9940, 2012. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1021/jf303107j>>. Acesso em: 07 fev. 2017. doi:10.1021/jf303107j.

NTALLI, N.G. et al. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. **Pest Management Science**, v.67, p.341–351, 2011. Disponível

em: <<http://dx.doi.org/10.1002/ps.2070>>. Acesso em: 07 fev. 2017. doi: 10.1002/ps.2070.

OYEDEJI, O.O. et al. Chemical composition of antibacterial activity of the essential oils of *Callistemon viminalis* from South Africa. **Molecules**, v.14, p.1990-1998, 2009. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1420-3049/14/6/1990/htm>>. Acesso em: 19 mar. 2017. doi: 10.3390/molecules14061990.

SALEM, M.Z. et al. Evaluation of extracts and essential oil from *Callistemon viminalis* leaves: Antibacterial and antioxidant activities, total phenolic and flavonoid contents. **Asian Pacific Journal of Tropical Medicine**, v.6, n.10, p.785-791, 2013. Disponível em: <[http://dx.doi.org/10.1016/S1995-7645\(13\)60139-X](http://dx.doi.org/10.1016/S1995-7645(13)60139-X)>. Acesso em: 29 jan. 2017. doi: 10.1016/S1995-7645(13)60139-X.

SANTOS, A.C.A. et al. Efeito fungicida dos óleos essenciais de *Schinus molle* L. e *Schinus terebinthifolius* Raddi, *Anacardiaceae*, do Rio Grande do Sul. **Revista Brasileira de Farmacognosia**, v.20, n.2, p.154-159, 2010. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbfar/v20n2/a03v20n2>>. Acesso em: 02 fev. 2017.

TAVARES, W.S. et al. Potential use of *Asteraceae* extracts to control *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: *Noctuidae*) and selectivity to their parasitoids *Trichogramma pretiosum* (Hymenoptera: *Trichogrammatidae*) and *Telenomus remus* (Hymenoptera: *Scelionidae*). **Industrial Crops and Products**, v.30, n.3, p.384-388, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.indcrop.2009.07.007>>. Acesso em: 03 fev. 2017. doi: 10.1016/j.indcrop.2009.07.007.

CAPÍTULO 2

Efeito nematicida de extratos aquosos de plantas do Cerrado

RESUMO

Compostos produzidos por plantas podem ter ação contra fitonematoides. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar o potencial nematicida de extratos aquosos de plantas das famílias Fabaceae, Apocynaceae, Anacardiaceae e Asteraceae - coletadas no bioma Cerrado. Em laboratório, os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo (*Copaifera langsdorffii*), folhas de pau-pombo (*Tapirira guianensis*), frutos de barbatimão (*Stryphnodendron adstringens*) e frutos de árvore-de-sabão (*Enterolobium gummiferum*) reduziram entre 76 e 87 % a eclosão dos juvenis em ambos os experimentos e os extratos de folhas de candeia (*Eremanthus erythropappus*) e jatobá-do-cerrado (*Hymenaea stigonocarpa*) foram os que causaram maior mortalidade dos juvenis, com níveis entre 3,5 e 4,3 maiores do que na testemunha. Em casa de vegetação, a aplicação de extratos de frutos de árvore-de-sabão aumentou entre 22 e 53% a massa de plantas de alface. Extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado causaram maiores reduções no número de galhas do nematoide. Por sua vez, a aplicação da mistura de extratos de frutos de barbatimão e folhas de candeia foi a que causou maior redução no número de ovos do nematoide. Os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo, folhas de pau-pombo e frutos de barbatimão e de frutos de árvore-de-sabão reduzem a eclosão de juvenis de *M. javanica* e extratos de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado possuem substâncias que controla J₂ do patógeno. Extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado reduzem o número de galhas, enquanto que a mistura de extratos de frutos de

barbatimão e folhas de candeia reduz o número de ovos de *M. javanica* em raízes de alface.

Palavras chave: Alface, *Meloidogyne javanica*, nematoide-de-galhas.

ABSTRACT

Compounds produced by plants may act against plant-parasitic nematodes. Thus, we aimed with this work to assess the nematicidal potential of aqueous extracts of plants from the family Fabaceae, Apocynaceae, Anacardiaceae and Asteraceae – collected in the Cerrado biome. In laboratory, extracts of leaves and branches of *Copaifera langsdorffii*, leaves of *Tapirira guianensis*, fruits of *Stryphnodendron adstringens* and fruits of *Enterolobium gummiferum* reduced between 76 and 87 % the hatching of juveniles in both the experiments and extracts of leaves of *Eremanthus erythropappus* and *Hymenaea stigonocarpa* caused the highest mortality of juveniles, which were between 3.5 and 4.3 higher than the control. In greenhouse, the application of extracts of fruits of *E. gummiferum* increased between 22 and 53% the mass of lettuce plants. Extracts of fruits of *E. gummiferum*, leaves of *C. langsdorffii*, leaves of *E. erythropappus* and the mixture of extracts of leaves of *C. langsdorffii* and *H. stigonocarpa* caused higher reduction on the number of galls. On its turn, the application of the mixture of extracts of *S. adstringens* fruits and *E. erythropappus* leaves caused higher reduction on the number of eggs of *M. javanica*. Extracts of leaves and branches of *C. langsdorffii*, *T. guianensis* leaves and fruits of *S. adstringens* and *E. gummiferum* reduce hatching of *M. javanica* second-stage juveniles and extracts of leaves of *E. erythropappus* and *H. stigonocarpa* contain substances that control J₂s. Extracts of *E. gummiferum* fruits, leaves of *C. langsdorffii* and *E. erythropappus* and the mixture of extracts of leaves of *C. langsdorffii* and *H. stigonocarpa* reduce the number of galls, while the mixture of extracts of *S. adstringens*

fruits and *E. erythropappus* leaves reduce the number of eggs of *M. javanica* in lettuce roots.

Key words: Lettuce, *Meloidogyne javanica*, root-knot nematode.

INTRODUÇÃO

O manejo de fitonematoides é um desafio em várias regiões agrícolas em todo o mundo, pois o agricultor pode desconhecer a presença do patógeno na área e medidas individuais de controle podem não reduzir os danos (FERRAZ et al., 2010). As principais medidas de manejo empregadas pelos produtores de hortaliças são a rotação de culturas, o pousio, o uso de plantas antagonistas e a utilização do controle biológico, que devem ser usadas de forma integrada. O uso de nematicidas químicos é cada vez mais restrito em muitas culturas, devido à crescente preocupação mundial com a contaminação da população e do ambiente por agrotóxicos. Com esta perspectiva, compostos nematicidas obtidos a partir de plantas poderiam resultar em produtos adicionais para serem usados no manejo de fitonematoides (FERRAZ et al., 2010).

O Cerrado é o segundo maior bioma do Brasil (RIBEIRO & WALTER, 1998) e ocupa praticamente toda a região do Alto Paranaíba. É considerado um dos 25 ‘hotspots’ mundiais para a conservação da biodiversidade (MYERS et al., 2000). Logo, é possível que inúmeras substâncias nematicidas ou nematostáticas, produzidas durante o metabolismo secundário das plantas (CHITWOOD, 2002; BRIELMANN et al., 2006), possam ser descobertas explorando este bioma.

Várias plantas possuem substâncias com ação nematicida (FERRIS & ZHENG, 1999; LOPES et al., 2005; NEVES et al., 2008; TABA et al., 2008; NTALLI et al., 2011; AOUDIA et al., 2012; CABONI et al., 2012; OKA, 2012). De forma geral, esses compostos atuam diretamente inibindo a eclosão e a movimentação dos nematoides,

interferindo na localização das raízes, ou ainda ativando mecanismos de defesa latentes das plantas (CHITWOOD, 2002; FERRAZ et al., 2010). As principais substâncias ativas contra nematoides já caracterizadas são alcaloides, terpenos ou flavonoides e foram obtidos de plantas das famílias Meliaceae, Fabaceae, Rutaceae, Apocynaceae e Simaroubaceae (CHITWOOD, 2002; FERRAZ et al., 2010).

Uma das vantagens dos extratos botânicos é que os próprios produtores podem prepará-los e aplicá-los em áreas infestadas com nematoides (LOPES et al., 2005). Além disso são menos concentrados e, portanto, potencialmente menos tóxicos do que compostos puros; sofrem biodegradação rápida; possuem múltiplos modos de ação e são derivados de recursos renováveis (CHITWOOD, 2002). No entanto, a proposta deste trabalho, limita a aplicabilidade para o tratamento de pequenas áreas, devido à dificuldade em obter biomassa suficiente para aplicação em grandes reboleiras. Opcionalmente, estudos fitoquímicos podem ser realizados e revelarem os compostos nematicidas ativos nas plantas e possibilitarem o desenvolvimento de formulações de produtos.

Desta forma, objetivou-se avaliar o potencial nematicida de extratos aquosos de plantas das famílias Fabaceae, Apocynaceae, Anacardiaceae e Asteraceae coletadas no bioma Cerrado.

MATERIAL E MÉTODOS

Diferentes partes das plantas foram coletadas em áreas de Cerrado no município de Rio Paranaíba – MG (Tabela 1). As plantas foram identificadas com auxílio de chaves analíticas e comparações com o Registro no Herbário Geraes do IF SUL DE MINAS - CAMPUS MACHADO. Posteriormente, as partes vegetais de cada espécie coletada foram secas em estufa de circulação forçada por 72 horas a 45 °C.

Tabela 1. Espécies de plantas do Cerrado utilizadas como fonte de matéria-prima para o preparo de extratos aquosos visando ao controle de *Meloidogyne javanica*.

Nome científico	Nome comum	Família	Órgãos da planta	Nº Registro no Herbário*
<i>Enterolobium gummiferum</i> (Mart.) J.F.Macbr.	Árvore-de-sabão	Fabaceae	Frutos	HGER 11
<i>Stryphnodendron adstringens</i> (Mart.) Coville	Barbatimão	Fabaceae	Folhas e Frutos	HGER 10
<i>Hancornia speciosa</i> Gomes	Mangabeira	Apocynaceae	Folhas	HGER 14
<i>Tapirira guianensis</i> Aubl.	Pau-pombo	Anarcadiaceae	Folhas e Galhos	HGER 08
<i>Copaifera langsdorff</i> Desf.	Pau-de-óleo	Fabaceae	Folhas e Galhos	HGER 07
<i>Eremanthus erythropappus</i> (DC.) MacLeish	Candeia	Asteraceae	Folhas	HGER 09
<i>Hymenaea stigonocarpa</i> Mart. ex Hayne	Jatobá-do-cerrado	Fabaceae	Folhas	HGER15
<i>Dimorphandra mollis</i> Benth.	Faveira	Fabaceae	Folhas	HGER 13

*Herbário Geraes – IF SUL DE MINAS – Campus Machado, MG.

O material seco foi triturado em moinho de facas tipo ‘Willye’ até a obtenção de pó fino, o qual ficou armazenado em frascos hermeticamente fechados até o preparo dos extratos. A extração dos metabólitos foi realizada por infusão. Para cada grama da parte vegetal seca foram adicionados 10 mL de água destilada a 80°C. O material permaneceu em infusão por aproximadamente 30 minutos e, em seguida, o material foi filtrado em papel filtro com auxílio de kitassato, funil de Büchner e uma bomba de vácuo. As concentrações dos extratos foram calculadas através da relação massa de material vegetal seco adicionado em 100 mL de solvente extrator (água destilada) (CASTRO et. al., 2010).

Para determinação do teor de flavonoides nos extratos, 1 mL do extrato (diluído 25 vezes) foi adicionado em béquer contendo 1 mL de metanol e 2 mL de cloreto de alumínio. Após 40 min. de repouso, as leituras de absorvância foram feitas a 420 nm em espectrofotômetro. Os flavonoides totais foram obtidos através da curva feita com quercetina, preparada a partir de uma solução padrão de quercetina em metanol (1,78 mg/mL). Em seguida, foram coletadas alíquotas desta solução com diferentes volumes (0, 5, 10, 15, 20, 25, 30 μ L), às quais foram acrescentadas 3,0 mL de solução de cloreto de alumínio 2%. Após 40 min. de repouso, a absorvância da solução a 420 nm foi avaliada em espectrofotômetro de UV-Vis (LIN & TANG, 2007), sendo o branco constituído apenas de metanol. A curva analítica foi realizada através de regressão linear, utilizando o programa Origin 6.0 (UFRRJ) e a equação da reta usada para a determinação indireta do teor de flavonoides nas amostras, onde os resultados finais foram expressos em gramas de flavonoides por 100 g de matéria seca (MS).

Para a determinação do teor de fenois totais, 0,5 mL do extrato (diluído 100 vezes) foi misturado com 2,5 mL (0,2 N) de reagente Folin-Ciocalteu. Após 5 min, adicionou-se 2 mL de carbonato de sódio (4,0g/100mL) e a mistura permaneceu em temperatura ambiente por 2 h. Logo após o período de incubação, a absorvância foi medida a 740 nm, utilizando água como branco. A curva analítica foi preparada com ácido gálico em concentração de (0,1:100 mL), ou seja, 1000 ppm a partir de alíquotas de diferentes volumes (0, 20, 40, 60, 80, 100 μ L), e confeccionada através de regressão linear, utilizando o programa Origin 6.0 (UFRRJ) e a equação da reta usada para a determinação indireta do teor de fenois totais nas amostras, onde os resultados finais foram expressos em gramas de fenois por 100 g de MS. As leituras da curva foram realizadas utilizando água como branco.

Para avaliar a capacidade de os extratos inibirem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J_2) de *M. javanica* em laboratório, 100 μ L de suspensão de ovos contendo 30

ovos foram colocados por célula de placa de Elisa com 96 cavidades, juntamente com 100 µL de extrato aquoso e 100 µL de água destilada. Nas testemunhas, cada célula da placa continha 100 µL de suspensão de ovos e 200 µL de água destilada. O número de ovos e eventuais J₂ por célula foi avaliado logo após o início do experimento, com auxílio de microscópio óptico com objetivas invertidas. Em seguida, as placas foram vedadas com papel filme e mantidas em incubadora do tipo BOD a 27 °C. A cada 24 h, em um período de cinco dias, os números de juvenis eclodidos foram avaliados.

O efeito dos extratos sobre a mortalidade de juvenis de segundo estágio de *M. javanica* também foi avaliado de forma similar aos experimentos de eclosão, sendo usados 30 juvenis recém-eclodidos em cada célula da placa. A cada 24 h, o número de juvenis móveis e imóveis foi contado. Ao final de cinco dias, os juvenis foram transferidos para peneira de 324 mesh de abertura e colocados novamente em células de placa de Elisa, mas preenchida com água destilada, ao invés de extratos. As placas foram mantidas em BOD a 27 °C e, após 24h, avaliou-se o número de juvenis imóveis (mortos) e móveis (vivos).

Os experimentos foram conduzidos em duplicata, em delineamento inteiramente casualizado, sendo cada tratamento repetido 10 vezes. A parcela experimental foi representada por uma célula da placa de Elisa. Os percentuais de eclosão e mortalidade foram usados para calcular as áreas abaixo da curva de progresso de eclosão (AACPE) e mortalidade (AACPM) (CAMPBELL & MADDEN, 1990). Os dados foram submetidos à análise de variância ao nível de 5% de probabilidade e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade, com o auxílio do programa R versão 3.1.1 (R CORE TEAM, 2014).

Os extratos selecionados nos experimentos em laboratório foram avaliados em condições de casa de vegetação, por meio da aplicação direta no solo em plantas de alface cultivadas em vasos. Vasos plásticos de 1L de capacidade foram preenchidos com

substrato composto pela mistura solo e areia 1:1 (v:v), previamente autoclavada a 120 °C por 1h. Em seguida, o substrato foi infestado com 3.000 ovos de *M. javanica*. A aplicação foi realizada um dia após a inoculação utilizando 10 mL dos extratos brutos por vaso, feita mais quatro vezes, sendo uma vez por semana. Ao final de 15 dias de infestação do solo, as plântulas de alface (*Lactuca sativa* L.) de 25 dias de idade foram transplantadas para cada vaso. Os números de galhas e de ovos dos nematoides por sistema radicular, assim como a biomassa das plantas, foram avaliados aos 40 dias após o transplântio. A temperatura mínima em média era de 21°C e a máxima em média 42°C, no interior da casa de vegetação durante a condução do experimento, nos meses de novembro e dezembro de 2016.

O delineamento experimental adotado foi do tipo inteiramente casualizado com sete repetições. Os experimentos foram realizados em duplicata, os dados submetidos à análise de variância ao nível de 5 % de probabilidade e as médias foram comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5 % de probabilidade, com o auxílio do programa R versão 3.1.1 (R CORE TEAM, 2014).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Todos os extratos vegetais reduziram a eclosão de juvenis de *M. javanica* e a maioria causou a mortalidade dos juvenis (Tabela 2). Os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo, folhas de pau-pombo, frutos de barbatimão e frutos de árvore-de-sabão reduziram entre 76 e 87 % a eclosão dos juvenis em ambos os experimentos (Tabela 2). Por sua vez, os extratos de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado foram os que causaram maior mortalidade dos juvenis, com níveis entre 3,5 e 4,3 maiores do que na testemunha (Tabela 2).

Tabela 2. Efeito de extratos vegetais sobre a área abaixo da curva de progresso de eclosão (AACPE) e de mortalidade (AACPM) de juvenis de segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne javanica* em laboratório.

Extrato	AACPE		AACPM	
	Exp. 1	Exp. 2	Exp. 1	Exp. 2
Pau-de-óleo (ramos)	7,00 g	8,80 g	12,45 f	12,66 h
Pau-de-óleo (folhas)	7,50 g	10,09 f	18,44 d	23,10 c
Pau-pombo (ramos)	22,05 b	19,11 c	15,62 e	19,81 d
Pau-pombo (folhas)	6,44 h	9,93 f	9,60 g	18,83 e
Barbatimão (folhas)	3,88 i	4,33 i	23,42 c	17,53 f
Barbatimão (frutos)	9,47 f	14,08 e	6,67 i	14,00 g
Mangaba (folhas)	11,58 d	8,27 h	7,71 h	6,25 k
Jatobá-do-cerrado (folhas)	19,97 c	25,18 b	27,50 b	26,09 b
Candeia (folhas)	9,55 f	9,14 g	30,36 a	30,75 a
Faveira (folhas)	10,90 e	18,38 d	5,69 j	5,80 k
Árvore-de-sabão (frutos)	10,02 f	10,01 f	8,36 h	11,84 i
Testemunha	38,16 a	35,29 a	7,01 i	7,66 j

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

A ação dos extratos de pau-pombo, pau-de-óleo e frutos de barbatimão na redução de eclosão de juvenis pode ser explicada pela maior concentração de fenois nessas plantas e também de flavonoides, principalmente em folhas de pau-pombo (Figura 1). Alguns compostos fenólicos e flavonoides podem inibir eclosão de nematoides (CHITWOOD, 2002; AZANDO et al., 2011). No entanto, é possível que a ação de extratos de frutos de

árvore-de-sabão, de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado seja relacionada a outros grupos de compostos, a exemplo dos terpenos e das saponinas (ECHEVERRIGARAY et al., 2010; NTALLI et al., 2011; IBRAHIM & SROUR, 2013).

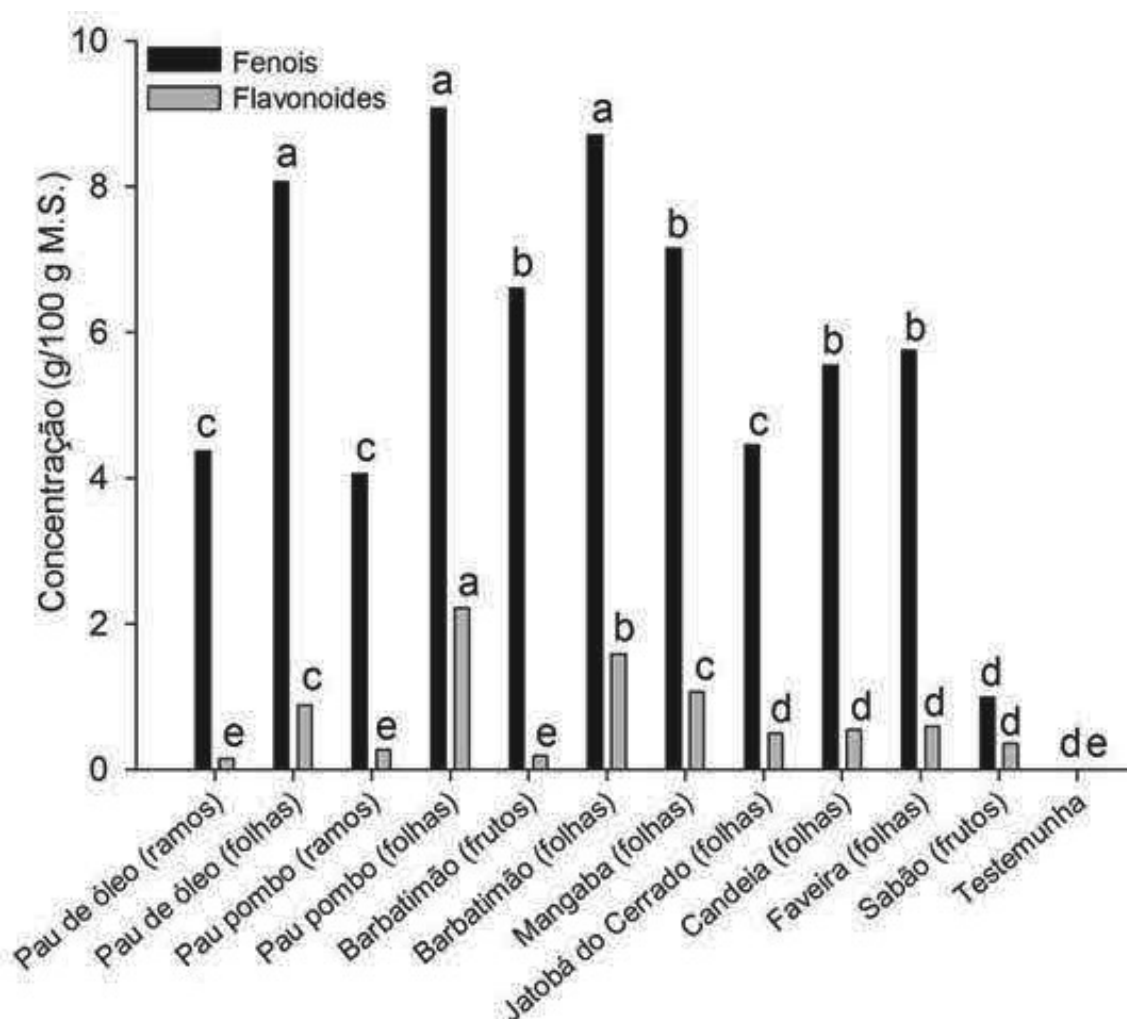


Figura 1. Concentração de fenois e flavonoides das plantas utilizadas nos experimentos. Médias seguidas pela mesma letra minúscula na barra, de mesmo composto, não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade. *M.S.=Matéria seca das plantas.

A ação nematicida de substâncias presentes nos extratos de pau-de-óleo, pau-pombo, barbatimão, árvore-de-sabão, candeia e jatobá-do-cerrado é desconhecida. Em outras áreas do conhecimento, principalmente na medicina, já foi comprovada atividade biológica dos extratos dessas plantas. Extratos de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado, por

exemplo, possuem ação antibacteriana (VALDEVITE, 2007; DIMECH et al., 2013). Extratos de árvore-de-sabão e barbatimão inibem o crescimento de fungos (SANCHES et al., 2005; TSUZUKI et al., 2007), enquanto que extratos de pau-pombo e candeia possuem propriedades inseticidas e antifúngicas, respectivamente (SOUZA et al., 2010; DELLA TORRE et al., 2011). Estudos adicionais devem ser realizados para investigar quais substâncias dessas plantas possuem efeito nematicida.

Nos experimentos em casa de vegetação, observamos que a aplicação de extratos de frutos de árvore-de-sabão aumentou entre 22 e 53% a massa de plantas de alface (Tabelas 3 e 4). Esse aumento de biomassa pode ser devido à ação de saponinas, compostos encontrados em alta concentração nessa planta (CARVALHO, 1981). A aplicação de saponinas extraídas de alfafa (*Medicago sativa* L.) aumentou o desenvolvimento de tomateiros infectados por *M. incognita* (IBRAHIM & SROUR, 2013).

Poucas galhas e ovos foram formados nas raízes de alface em ambos os experimentos, até mesmo no tratamento testemunha (Tabelas 3 e 4). É possível que as elevadas temperaturas durante a condução dos experimentos (média das máximas de 42°C) tenha contribuído para inibir o desenvolvimento do patógeno. A temperatura ideal para os diversos processos biológicos dos fitonematoides situa-se entre 15-30°C (FERRAZ et al., 2010). Acima de 30°C, o desenvolvimento do patógeno é retardado ou eles permanecem inativos e, acima de 45°C, eles morrem (FERRAZ et al., 2010).

Apesar do reduzido número de galhas e de ovos, foi possível notar que alguns extratos reduziram o número de galhas e de ovos de *M. javanica* em alface em ambos os experimentos (Tabelas 3 e 4). A aplicação dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado causou maior redução no número de galhas do nematoide em ambos os experimentos (Tabela 3 e 4). Por sua vez, a aplicação da mistura de extratos de frutos

de barbatimão e folhas de candeia foi a que causou maior redução no número de ovos de forma consistente em ambos os experimentos (Tabelas 3 e 4).

Tabela 3. Efeito da aplicação de extratos aquosos de folhas ou frutos de plantas do Cerrado sobre a massa da parte aérea (MPA), a massa de raízes (MR) e a massa total (MT) de plantas frescas de alface e o número de galhas (NG) e ovos (NO) de *Meloidogyne javanica* em condições de casa de vegetação (Experimento 1).

Tratamentos	MPA (g)	MR (g)	MT (g)	NG	NO
Árvore-de-sabão (frutos)	50,67 a	22,08 a	72,75 a	1,29 c	142,85 f
Barbatimão (frutos)	44,54 b	22,39 a	66,92 b	3,14 a	150,00 e
Pau-pombo (folhas)	36,67 d	19,98 b	56,64 d	2,43 a	114,29 h
Pau-de-óleo (folhas)	31,50 g	18,49 c	49,99 i	0,86 c	121,43 g
Candeia (folhas)	36,71 d	18,40 c	55,10 f	1,57 c	121,43 g
Jatobá-do-cerrado (folhas)	31,62 g	17,32 d	48,94 j	2,00 b	92,86 i
Barbatimão (frutos) + Candeia (folhas)	36,53 d	19,20 b	55,74 e	2,00 b	92,86 i
Pau-de-óleo (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	31,23 g	19,91 b	51,14 h	1,43 c	235,71 a
Barbatimão (frutos) + Pau-de-óleo (folhas)	39,26 c	20,05 b	59,31 c	1,86 b	178,57 c
Candeia (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	34,25 e	19,89 b	54,15 g	3,29 a	164,29 d
Testemunha	33,10 f	17,61 d	50,71 h	3,00 a	200,00 b

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 4. Efeito da aplicação de extratos aquosos de folhas ou frutos de plantas do Cerrado sobre a massa da parte aérea (MPA), a massa de raízes (MR) e a massa total (MT) de plantas frescas de alface e o número de galhas (NG) e ovos (NO) de *Meloidogyne javanica* em condições de casa de vegetação (Experimento 2).

Tratamentos	MPA (g)	MR (g)	MT (g)	NG	NO
Árvore-de-sabão (frutos)	39,62 a	20,22 b	59,84 a	1,14 c	307,14 a
Barbatimão (frutos)	33,30 e	22,56 a	55,86 b	2,43 b	78,57 g
Pau-pombo (folhas)	29,64 g	18,18 c	47,82 e	1,43 c	250,00 b
Pau-de-óleo (folhas)	34,19 d	18,62 c	52,81 c	0,86 c	114,29 d
Candeia (folhas)	36,33 b	15,66 e	52,00 c	0,57 c	78,57 g
Jatobá-do-cerrado (folhas)	29,93 g	18,74 c	48,67 d	1,86 b	100,00 e
Barbatimão (frutos) + Candeia (folhas)	34,27 d	20,99 b	55,26 b	1,14 c	64,29 h
Pau-de-óleo (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	32,18 f	15,78 e	47,96 e	1,29 c	64,29 h
Barbatimão (frutos) + Pau-de-óleo (folhas)	31,31 f	17,78 c	49,09 d	1,86 b	50,00 i
Candeia (folhas) + Jatobá-do-cerrado (folhas)	35,52 c	16,87 d	52,39 c	1,29 c	85,71 f
Testemunha	31,53 f	16,54 d	48,07 e	4,00 a	135,71 c

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ao nível de 5% de probabilidade.

A redução no número de galhas implica que menos nematoides penetraram e se estabeleceram nas raízes. Para que isso ocorra, as substâncias ativas dos extratos devem ter ação impedindo a embriogênese ou controlando juvenis dentro dos ovos no solo,

aplicados como inóculo, e, ou devem controlar ou inibir o movimento de juvenis de segundo estágio eclodidos e que migrariam no solo em direção às raízes. A redução no número de ovos pode ser resultado do menor número de nematoides que penetraram ou do efeito dos compostos dos extratos em ativar mecanismos de defesa da planta (CHITWOOD, 2002). Estudos posteriores devem ser realizados em ambiente com temperaturas em torno de 25-27°C para que possa ser confirmado o potencial dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e de jatobá-do-cerrado e suas misturas no controle de *M. javanica* em alface. Além disso, as potenciais substâncias nematicidas desses extratos devem ser caracterizadas e estudadas quanto aos mecanismos de ação contra o patógeno.

CONCLUSÕES

Os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo, folhas de pau-pombo e frutos de barbatimão e de frutos de árvore-de-sabão reduzem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. javanica*. Por sua vez, extratos de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado possuem substâncias que controla J₂ do patógeno.

A aplicação ao solo de extratos de frutos de árvore-de-sabão aumenta a massa de plantas de alface. A aplicação dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado reduz o número de galhas, enquanto que a mistura de extratos de frutos de barbatimão e folhas de candeia reduz o número de ovos de *M. javanica* em raízes de alface.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AOUDIA, H.; NTALLI, N.; AISSANI, N.; YAHIAOUI-ZAIDI, R.; CABONI, P. Nematotoxic phenolic compounds from *Melia azedarach* against *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 47, p. 11675-11680, 2012.

AZANDO, E.V.B.; HOUNZANGBÉ-ADOTÉ, M.S.; OLOUNLADÉ, P.A.; BRUNET, S., FABRE, N.; VALENTIN, A.; HOSTE, H. Involvement of tannins and flavonoids in the in vitro effects of *Newbouldia laevis* and *Zanthoxylum zanthoxyloides* extracts on the exsheathment of third-stage infective larvae of gastrointestinal nematodes. **Veterinary parasitology**, v. 180, n. 3, p. 292-297, 2011.

BRIELMANN, H.L.; SETZER, W.N.; KAUFMAN, P.B.; KIRAKOSYAN, A. **Phytochemicals: The chemical components of plants**. Natural products from plants. 2. ed. London: Taylor & Francis Group, p. 10-19, 2006.

CABONI, P.; SARAIS, G.; AISSANI, N.; TOCCO, G.; SASANELLI, N.; LIORI, B.; CARTA, A.; ANGIIONI, A. Nematicidal activity of 2-thiophenecarboxaldehyde and methylisothiocyanate from caper (*Capparis spinosa*) against *Meloidogyne incognita*. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 60, n. 30, p. 7345-7351, 2012.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York, NY: Wiley, p. 532, 1990.

CARVALHO, L.R. **Estudos químico e biológico de uma saponina de *Enterolobium gummiferum***. Dissertação de Mestrado, USP, São Paulo, p. 83, 1981.

CASTRO, K.N.C.; ISHIKAWA, M.M.; CAMPOLIN, A.I.; CATTO, J.B.; PEREIRA, Z.V.; CARDOSO, C.; CARDOSO, C.A.L.; CASTRO, M.M.; SILVA V.C. **Prospecção de plantas medicinais para controle do carrapato dos bovinos**. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Meio-Norte, v. 95, p. 1413-1455, 2010.

CHITWOOD, D.J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 221–49, 2002.

DELLA TORRE, A.; ALBUQUERQUE, L.B. L.; FARRAPO, N.M.; OSHIMA-FRANCO, Y.; SANTOS, M.G.; TAVARES, R. V. S.; RODAS, A.C.D.; DAL BELO, C. A.; CARDOSO, C.R.P.; VARANDA, E.A.; GROppo, F.C.; LOPES, P.S. Mutagenicity induced by the hydroalcoholic extract of the medicinal plant *Plathymenia reticulata* Benth. **The Journal of Venomous Animals and Toxins including Tropical Diseases**, v. 17, n. 2, p. 190-198, 2011.

DIMECH, G.S.; SOARES, L.A.L.; FERREIRA, M.A.; OLIVEIRA, A.G.V.; CARVALHO, M.C.; XIMENES, E.A. Phytochemical and antibacterial investigations of the extracts and fractions from the stem bark of *Hymenaea stigonocarpa* Mart. ex Hayne and effect on ultrastructure of *Staphylococcus aureus* induced by hydroalcoholic extract. **The Scientific World Journal**, v. 2013, 2013.

ECHEVERRIGARAY, S.; ZACARIA, J.; BELTRÃO, R. Nematicidal activity of monoterpenoids against the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, v. 100, n. 2, p. 199-203, 2010.

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

FERRIS, H.; ZHENG, L. Plant sources of Chinese herbal remedies: effects on *Pratylenchus vulnus* and *Meloidogyne javanica*. **Journal of Nematology**, v. 31, n. 3, p. 241- 263, 1999.

IBRAHIM, M.A.R.; SROUR, H.A.M. Saponins suppress nematode cholesterol biosynthesis and inhibit root knot nematode development in tomato seedlings. **Natural Products Chemistry & Research**, v. 2, p. 123, 2013.

LIN, J.Y.; TANG, C.Y. Determination of total phenolic and flavonoid contents in selected fruits and vegetables, as well as their stimulatory effects on mouse splenocyte proliferation. **Food Chemistry**, v. 101, n. 1, p. 140-7, 2007.

LOPES, E.A.; FERRAZ, S.; FREITAS, L.G.; FERREIRA, P.A.; AMORA, D.X. Efeito dos extratos aquosos de mucuna preta e de manjeriço sobre *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n. 1, p. 67-74, 2005.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; MITTERMEIER, C.G.; FONSECA, G.A.B.; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 24, p. 853-858, 2000.

NEVES, W.S.; FREITAS L.G.; FABRY, C.F.S.; DALLEMOLE-GIARETTA, R.; FERREIRA P.A.; FERRAZ, L.O.; DHINGRA, O.D.; FERRAZ, S. Ação nematicida de óleo, extratos vegetais e de dois produtos à base de capsaicina, capsainóides e alil isotiocianato sobre juvenis de *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 93-100, 2008.

NTALLI, N.G.; FERRARI, F.; GIANNAKOU, I.; MENKISSOGLU-SPIROUDI, U. Synergistic and antagonistic interactions of terpenes against *Meloidogyne incognita* and the nematicidal activity of essential oils from seven plants indigenous to Greece. **Pest Management Science**, v. 67, n. 3, p. 341-351, 2011.

OKA, Y. Nematicidal activity of *Verbesina encelioides* against the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* and effects on plant growth. **Plant and Soil**, v. 355, n. 1, p. 311-322, 2012.

R CORE TEAM. 2014. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.

RIBEIRO, J.F.; WALTER, B.M.T. Fitofisionomias do bioma cerrado. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: Embrapa, p. 89-166, 1998.

SANCHES, A.C.C.; LOPES, G.C.; NAKAMURA, C.V.; DIAS FILHO, B.P.; MELLO, J.C.P. Antioxidant and antifungal activities of extracts and condensed tannins from *Stryphnodendron obovatum* Benth. **Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas**, v. 41, n. 1, p. 101-107, 2005.

SOUZA, A.P.; MARQUES, M.R.; MAHMOUD, T.S.; BOLZANI, V.S.; CAPUTO, B.A.; CANHETE, G.M.; LEITE, C.B.; LIMA, D.P. Insecticidal effect of extracts from native plants to Mato Grosso do Sul, Brazil, on *Sitophilus zeamais* Mots. (Coleoptera: Curculionidae). **BioAssay**, v. 5, n. 1, p. 5, 2010.

TABA, S.; SAWADA, J.; MOROMIZATO, Z.I. Nematicidal activity of Okinawa Island plants on the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood. **Plant and Soil**, v. 303, n. 1, p. 207-216, 2008.

TSUZUKI, J.K.; SVIDZINSKI, T.I.E.; SHINOBU, C.S.; SILVA, L.F.A.; RODRIGUES-FILHO, E.; CORTEZ, D.A.G.; FERREIRA, I.C.P. Antifungal activity of the extracts and saponins from *Sapindus saponaria* L. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 79, n. 4, p. 577–583, 2007.

VALDEVITE, L.M. **Estudo do efeito in vitro de extrato das folhas e do óleo resina de copaíba sobre fatores de virulência de *Streptococcus mutans* relacionados à cárie dental**. Dissertação (Mestre em Ciências Farmacêuticas). Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto/SP, p. 128, 2007.

CONCLUSÕES GERAIS

- O óleo de frutos verdes de aroeirinha reduz a eclosão e controla J₂ de *M. javanica* em laboratório.
- Em campo infestado com média de 554 J₂/100 cm³ de solo, a aplicação dos óleos essenciais de frutos verdes e maduros de aroeirinha e de folhas de escova-de-garrafa e mata-pasto não controla *M. javanica* em alface.
- Os extratos de folhas e ramos de pau-de-óleo, folhas de pau-pombo e frutos de barbatimão e de frutos de árvore-de-sabão reduzem a eclosão de juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. javanica*.
- Extratos de folhas de candeia e jatobá-do-cerrado possuem substâncias que controlam J₂ de *M. javanica*.
- A aplicação ao solo de extratos de frutos de árvore-de-sabão aumenta a massa de plantas de alface.
- A aplicação dos extratos de frutos de árvore-de-sabão, folhas de pau-de-óleo, folhas de candeia e da mistura de extratos de folhas de pau-de-óleo e jatobá-do-cerrado reduz o número de galhas, enquanto que a mistura de extratos de frutos de barbatimão e folhas de candeia reduz o número de ovos de *M. javanica* em raízes de alface.