

EXTRATOS VEGETAIS E ÓLEOS ESSENCIAIS: UMA ALTERNATIVA A NEMATICIDAS CONVENCIONAIS

Glaucia Leticia Sete da Cruz¹, Adriely Vechiato Bordin¹, Thiago Komuro Moriyama¹, Mauro Gomes da Silva Júnior^{1*}, Rayane Monique Sete da Cruz²

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama-PR. E-mail: glaucialeleticia@gmail.com, adrielyvechiato@hotmail.com, thiago.tkm@hotmail.com, gomesmauro507@gmail.com

² Universidade Estadual Paulista – UNESP, Instituto de Biociência, Campus de Rio Claro. Avenida 24 A, 1515 Bela Vista, CEP: 13506-900, Rio Claro-SP. E-mail: rayanesete@hotmail.com

*autor correspondente: gomesmauro507@gmail.com

RESUMO: Fitonematoides, causam prejuízos consideráveis na produção agrícola. Dentre as estratégias de manejo atual desses parasitas, envolve a implementação de práticas culturais e o uso de nematicidas químicos. No entanto, a eficácia dessas medidas tem diminuído ao longo do tempo. Como alternativa, estudos recentes têm se concentrado no uso de óleos essenciais e extratos de plantas como opções eficazes e mais seguras para o controle dos fitonematoides. No âmbito deste contexto, o presente estudo teve como objetivo realizar uma revisão bibliográfica acerca da utilização de óleos essenciais e extratos vegetais no controle de fitonematoides, se concentrando nos gêneros *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus* spp. Diversos pesquisadores têm estudado o efeito de extratos vegetais e óleos essenciais de várias plantas sobre os fitonematoides e têm encontrado resultados satisfatórios de controle com potencial de substituição dos nematicidas convencionais. A conclusão extraída da pesquisa indica que as novas formulações nematicidas, baseadas em óleos e extratos vegetais, demonstram perspectivas promissoras no mercado, pois combinam alta eficácia no controle desses fitonematoides com baixa toxicidade para vertebrados não alvos, contribuindo, assim, para a preservação da segurança ambiental.

PALAVRAS-CHAVE: Nematicidas, produtos alternativos, fitoquímicos.

PLANT EXTRACTS AND ESSENTIAL OILS: AN ALTERNATIVE TO CONVENTIONAL NEMATICIDES

ABSTRACT: Phytonematodes, cause considerable damage to agricultural production. Among the current management strategies of these parasites, it involves the implementation of cultural practices and the use of chemical nematicides. However, the effectiveness of these measures has diminished over time. Alternatively, recent studies have focused on the use of essential oils and plant extracts as effective and safer options for the control of phytonematodes. Within that context, the present study aimed to perform a literature review on the use of essential oils and plant extracts in the control of phytonematodes, focusing on the genus *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus* spp. Several researchers have studied the effect of plant extracts and essential oils of various plants on phytonematodes and have found satisfactory control results with potential to replace conventional nematicides. The conclusion drawn from the research indicates that the new nematicide formulations, based on oils and plant extracts, demonstrate promising prospects in the market, as they combine high efficacy in the control of these phytonematodes with low toxicity to non-target vertebrates, thus contributing to the preservation of environmental safety.

KEY WORDS: *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus* spp., biocontrol.

INTRODUÇÃO

Os fitonematoides são nematoides parasitas de plantas, filiformes, que medem de 0,2 a 3,0 mm de comprimento (Ferraz e Brown, 2016). São organismos responsáveis por causar prejuízos significativos na produção, resultando em bilhões de dólares em perdas agrícolas anualmente, sendo estimadas perdas de 173 bilhões de dólares de rendimento anual da safra em escala global (Kumar et al., 2020). Os fitonematoides apresentam uma grande diversidade e podem habitar raízes, caules ou folhas, dependendo da espécie (Mukherjee, 2020; Vieira e Gleason, 2019).

O manejo de nematoides é fundamentado em várias estratégias integradas, métodos culturais como rotação de culturas, utilização de cultivares resistentes ou porta-enxertos e pousio, controle biológico e o emprego de um conjunto restrito de nematicidas químicos sintéticos (Castro, 2017; Pardavella et al., 2020). Vários nematicidas químicos mais eficientes e conhecidos foram eliminados por causa dos efeitos adversos causados no ambiente, contudo, para aqueles ainda em utilização, a aplicação frequente desses produtos reduz sua persistência e eficácia em virtude do aumento da degradação (Abd-Elgawad, 2021; Pardavella et al., 2020).

Pesquisas têm sido conduzidas com o intuito de descobrir novas moléculas com eficácia contra os nematoides fitoparasitas. Os fitoquímicos provenientes de plantas podem ser empregados como pesticidas naturais ou servir como compostos de referência para a indústria de agroquímicos, dentre eles tem recebido grande destaque os óleos essenciais e extratos de plantas (Deng et al., 2022; Eugui et al., 2023; Pardavella et al., 2020; Rodrigues e Faria, 2021).

Os óleos essenciais e extratos de plantas possuem características vantajosas, tais como serem naturais, biodegradáveis e sujeitos a regulamentações menos rigorosas devido ao seu uso histórico estabelecido, analisa-se ainda que a toxicidade dos óleos essenciais esteja relacionada a danos ao funcionamento dos órgãos internos do nematoide (Eder et al., 2021; Rodrigues e Faria, 2021).

Quimicamente, os óleos essenciais são compostos por terpenos, principalmente mono e sesquiterpenos, além de alguns diterpenos, e compostos fenólicos, como os fenilpropanoides (Ni et al., 2021). A atividade biológica dos óleos essenciais e extratos de plantas geralmente resulta da combinação de compostos biologicamente ativos e compostos que, individualmente,

não apresentam atividade direta, mas podem afetar a reabsorção, a taxa de reações e a biodisponibilidade dos compostos ativos (Forghani e Hajihassani, 2020).

Neste contexto, surge a necessidade premente de estudos sobre novas estratégias no âmbito do controle desses fitonematoides, por meio de um compilado das descobertas de novas substâncias (óleos essenciais e extratos de plantas) que apresentem eficácia e segurança superiores em relação às opções atualmente disponíveis (nematicidas convencionais).

REVISÃO

Nematoides parasitas de plantas

Nematoides são dominantes da comunidade do solo e são de longe os animais mais abundantes na Terra (Van Den Hoogen et al., 2019). Os nematoides fitoparasitas apresentam diversas interações com seus hospedeiros. Todos possuem a cavidade bucal caracterizada pela presença de um órgão protrátil, situado em posição central, chamado estilete, utilizado para penetrar nas células a fim de ingerir o conteúdo citoplasmático como alimento e também injetar substâncias tóxicas (Ferraz e Brown, 2016).

Quanto ao hábito de parasitismo, nos nematoides endoparasitas ocorre a completa penetração do nematoide no interior do tecido da planta hospedeira, os sedentários ficam estabelecidos em um determinado ponto do tecido, se alimentando e imóveis, como os nematoides do gênero *Meloidogyne*, já alguns nematoides são endoparasitas migradores, entram no hospedeiro e deslocam-se pelos tecidos, provocando também dano mecânico, por exemplo, representantes dos gêneros *Pratylenchus* e *Radopholus* (Ferraz e Brown, 2016). Por sua vez, os nematoides semiendoparasitas podem apresentar estágios migratórios, porém também penetram parcialmente na planta hospedeira para se alimentarem em uma fase específica do ciclo de vida, como espécies dos gêneros *Globodera* e *Heterodera* (Jones, et al., 2013; Ferraz e Brown, 2016). Ainda, os ectoparasitas são os nematoides que introduzem seus estiletos usualmente longos no interior das raízes, mantendo o corpo fora delas, no solo, como por exemplo, os nematoides dos gêneros *Longidorus* e *Xiphinema* (Ferraz e Brown, 2016).

Dentre os nematoides fitoparasitas economicamente mais importantes do planeta, encontram-se os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e os nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.). Souza (2019), considerando culturas de grãos diversificadas, com maior distribuição e cultivo no Brasil, também destacou que os principais nematoides que

as acometem são o nematoide das galhas (*Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica*) e o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*), pois não apenas exibem um amplo espectro de hospedeiros, mas também são capazes de sustentar sua sobrevivência no solo sem a presença de uma planta hospedeira específica, mantendo-se viáveis por períodos prolongados, mesmo em condições ambientais caracterizadas por extrema aridez (Nguyen et al., 2020), além disso, apresentam ampla distribuição geográfica e alto grau de polifagia (Jones et al., 2013; Araújo, 2020).

Nematoide das galhas (Meloidogyne spp.)

Existem mais de 100 espécies de *Meloidogyne* descritas (Ferraz e Brown, 2016), abrangendo uma ampla variedade de hospedeiros de mais de 2.000 espécies de plantas. As espécies mais prevalentes são *M. incognita*, *M. javanica*, *M. arenaria* (espécies tropicais) e *M. hapla* adaptado a climas temperados (Goode e Mitchum, 2022). Sendo um dos gêneros mais devastadores, uma vez que os nematoides das galhas atingem o sistema vascular radicular, eles estabelecem um sítio de alimentação, provocando hipertrofia e hiperplasia ao redor deste sítio, ocasionando geralmente a formação de galhas nas raízes devido à penetração e infecção (Pinheiro et al., 2012) e com isso provocam privação de nutrientes no hospedeiro e transporte de água deficiente, causando sintomas secundários de crescimento reduzido na parte aérea, murchamento, clorose e baixo rendimento das culturas (Khan, et al., 2023; Tapia-Vázquez et al., 2022).

Os nematoides das galhas apresentam um acentuado dimorfismo sexual, com as fêmeas exibindo forma piriforme ou em saco, enquanto os machos adotam formato filiformes (Ferraz e Brown, 2016). O juvenil de segundo estágio (J₂) é o estágio infectante típico, passa por um processo de sedentarismo e, ao se alimentar de células nutritivas, sofre uma série de alterações morfológicas. A duração do ciclo de vida dos nematoides das galhas é grandemente influenciada pela temperatura ambiente (Eisenback e Triantaphyllou, 1991). A maioria das espécies de *Meloidogyne* completam seu ciclo biológico em três a quatro semanas sob condições favoráveis, podendo cada fêmea colocar até 400 ovos, já em condições adversas, pode ocorrer alongamento do ciclo, quando não induzir diapausa e outras estratégias de sobrevivência (Ferraz e Brown, 2016).

Nematoide das lesões radiculares (Pratylenchus spp.)

Existem cerca de 100 espécies reconhecidas de *Pratylenchus* e são considerados endoparasitas migratórios (Geraert, 2013; Hodda et al., 2014). As seis espécies mais relevantes do gênero e que já foram relatadas no Brasil são, *P. coffeae*, *P. penetrans*, *P. scribneri*, *P. vulnuscom*, e com destaque *P. brachyurus* e *P. zae* (Ferraz e Brown, 2016).

Nematoides de lesões radiculares não formam sítios de alimentação permanentes, característicos de endoparasitas sedentários (por exemplo, nematoide das galhas ou nematoides dos cistos), e em todos os estádios são semelhantes a vermes, são móveis, infectantes e podem entrar e sair das raízes do hospedeiro, sendo mais difícil reconhecer sua presença e os danos causados no hospedeiro (Jones e Fosu-Nyarko, 2014). Geralmente, as fêmeas depositam os ovos no interior das raízes parasitadas, em média de 70 a 120 ovos por fêmea, variando com a espécie. O ciclo de vida dura em média de três a seis semanas sob condições favoráveis (Ferraz e Brown, 2016).

Os fitoparasitas desse gênero se sustentam e se locomovem através do córtex radicular, adentrando as células do parênquima com seu estilete, secretando enzimas que promovem a degradação celular, assimilando o conteúdo celular e ocasionando a destruição do tecido cortical (Bucki et al., 2020), as células parasitadas entram em colapso após a migração do nematoide, apresentando largas cavidades no córtex (Ferraz e Brown, 2016). Como consequência, ocorrem lesões necróticas, comprometendo a função radicular e, conseqüentemente, causando diminuição no desenvolvimento da planta (Bucki et al., 2020; Gough et al., 2020). Ainda podem ocorrer o aparecimento de diversos sintomas indiretos na parte aérea, como a presença de reboleiras de plantas com crescimento reduzido na lavoura, clorose e murchamento nas horas mais quentes do dia (Ferraz e Brown, 2016).

Controle de fitonematoides com produtos alternativos

O uso de produtos químicos para o controle de fitonematoides tem sido restrito devido aos maiores custos de produção, à alta toxicidade ao ambiente, à saúde humana, e à vida dos animais e organismos benéficos do solo, já ao usar variedades resistentes, verifica-se certa limitação, por geralmente a resistência ser direcionada a poucas espécies de nematoides para determinadas culturas (Ferraz e Freitas, 2008).

Em vista disso, têm-se estimulado a adoção de métodos alternativos de controle menos agressivos. A utilização de extratos de plantas e óleos essenciais com propriedades nematocidas pode ser efetiva no controle de fitonematoides, tendo aplicabilidade prática e viabilidade econômica, sem causar riscos de contaminação do aplicador e do meio ambiente (Gardiano, 2009), apresentando ainda vantagens quando comparados aos nematocidas sintéticos, como a possibilidade de gerar novos compostos que os patógenos não serão capazes de inativar, rápida biodegradação, ter modo de ação amplo, reduzindo assim, o potencial de resistência dos fitonematoides e ser derivados de recursos renováveis (Quarles, 1992; Coltro-Roncato et al., 2015).

Espécies diferentes de plantas podem conter moléculas distintas com potencial nematocida, que através do isolamento dessas, pode-se gerar produtos naturais com substâncias tóxicas aos nematoides fitoparasitas, sendo que o potencial de controle alternativo de nematoides vai depender da espécie da planta, a forma de aplicação, dose a ser utilizada e o preparo dos extratos fitoquímicos (Coltro-Roncato et al., 2015). Diversos pesquisadores têm estudado o efeito de extratos vegetais e óleos essenciais de várias plantas sobre os fitonematoides, com potencial de substituição dos nematocidas convencionais (Amora, 2010).

Extratos vegetais e óleos essenciais

As plantas produzem diversos compostos orgânicos que não atuam diretamente no seu crescimento e desenvolvimento, esses compostos são chamados de metabólitos secundários e têm suas atividades ligadas à defesa da planta na proteção contra patógenos, atração de polinizadores e até mesmo um mecanismo de adaptação às condições climáticas (Taiz e Zeiger, 2004).

As propriedades dos extratos vegetais são dependentes de um conjunto de fatores relacionados à planta, tais como a espécie, o estágio de desenvolvimento, a parte da planta utilizada na extração, seja folha, caule, semente, fruto ou raiz, por exemplo, além do tipo de solo e o pH do solo na qual a planta é cultivada, e a estação do ano, esses fatores e também o modo de preparado e o tipo de extrato, podem influenciar na eficiência do extrato vegetal (Neves et al., 2021; Silva et al., 2006).

Os extratos vegetais para controle de fitopatógenos podem ser preparados por diferentes metodologias, encontra-se na literatura o uso de extratos aquosos, extratos etanólicos e extratos

hidroalcoólicos, sendo os extratos hidroalcoólicos mais vantajosos, pois todas as substâncias presentes no material vegetal sejam elas polares ou apolares, são capturadas (Conceição, 2019).

Os óleos essenciais são misturas voláteis de compostos lipofílicos produzidos pelo metabolismo secundário das plantas pertencentes a diversas famílias botânicas. Esses óleos essenciais são responsáveis pelo odor, sabor ou aroma característicos dessas plantas, são armazenados em células epiteliais ou parenquimatosas secretoras, formando estruturas como tricomas glandulares ou idioblastos secretores. Embora o papel ecológico dos óleos essenciais ainda não esteja completamente definido, acredita-se que esses produtos secretados pelas plantas possam proporcionar benefícios adaptativos, incluindo proteção contra fitopatógenos (Catani et al., 2023).

Os constituintes dos óleos essenciais são, em sua maioria, produtos químicos relativamente inertes, compostos principalmente por átomos de carbono e hidrogênio. Esses compostos apresentam um ou mais grupos funcionais, como terpenos, álcoois, aldeídos, cetonas, ésteres, acetatos, entre outros tipos químicos (Amora, 2010), que contribuem em diferentes concentrações para a composição geral de um óleo essencial. Alguns desses constituintes podem estar presentes em quantidades muito elevadas, chegando a representar até 80% da composição total, enquanto outros estão presentes apenas em vestígios (D'Addabbo e Avato, 2021). A composição dos óleos essenciais pode variar conforme as condições ambientais e com o órgão da planta de onde se extrai o óleo (Neves et al., 2021).

O mecanismo de ação dos extratos vegetais e óleos essenciais sob os nematoides não é completamente conhecido e claro. Ferraz et al. (2010), relataram que tais produtos de origem vegetal, se absorvidos pelas plantas e ter ação sistêmica, podem alterar os exsudatos radiculares e influenciar na busca da localização das raízes pelos nematoides, deixar as raízes com menor atratividade para o nematoide, modificar a fisiologia da planta prejudicando a formação de células especiais de alimentação e também ativar mecanismos de resistência das plantas. Mukhtar et al. (2013) também afirmam que o uso de extratos botânicos induz a resistência ou ativa diretamente o sistema de defesa das plantas ao ataque de nematoides.

A forma de ação dos produtos fitoquímicos pode variar com a espécie da planta utilizada e principalmente seus compostos ativos e com a espécie do nematoide. Substâncias tóxicas liberadas pelos extratos de plantas, vindas do metabolismo secundário, como alcaloides, flavonoides, saponinas e amidas, incluindo benzamida e cetonas, podem agir de forma isolada

ou combinadas e apresentar efeito ovocida e potencial de causar morte em juvenis (Adegbite e Adesiyun, 2005). A presença de substâncias de grupos químicos variados em extratos ou óleos essenciais podem de forma efetiva atuar em sinergismo sobre os nematoides, havendo ruptura de membranas ou afetando o sistema nervoso ou serem catalisadoras, acelerando uma reação prejudicial aos nematoides, desde o início do desenvolvimento embrionário até a eclosão do J₂ (Rinaldi et al., 2021).

Segundo Bruni et al. (2004), a atividade nematicida pode estar associada à composição química dos óleos essenciais, principalmente daqueles ricos em fenóis, aldeídos e álcoois, pois causam oxidação de membrana. A mortalidade dos nematoides com o uso de óleos essenciais também pode ocorrer pela desintegração da camada lipídica interna, além disso, a volatilidade dos componentes dos óleos essenciais pode penetrar através do mecanismo de difusão e bloquear o sistema nervoso (Keerthiraj et al., 2021), muitas vezes, os óleos essenciais causam sintomas que indicam uma ação neurotóxica (Kostyukovsky et al., 2002).

Extratos vegetais no controle de fitonematoides

Estudos consolidam a utilização de extratos de diferentes plantas no controle de nematoides parasitas de plantas, destacando nessa pesquisa de revisão de literatura o controle dos principais gêneros de nematoides (*Meloidogyne* e *Pratylenchus*) (Tabela 1).

Tabela 1 - Compilado dos estudos sobre extratos vegetais no controle de fitonematoides.

Referência	Tipo do extrato	Fitonematoide
Zaidat et al. (2020)	5 extratos (aquoso e metanólico)	<i>M. incognita</i>
Sithole et al. (2021)	8 extratos (aquoso)	<i>M. incognita</i>
Oluwatayo et al. (2019)	2 extratos (aquoso)	<i>M. incognita</i>
Ismail et al. (2020)	5 extratos (aquoso e metanólico)	<i>M. incognita</i>
Khan et al. (2019)	5 extratos (aquoso)	<i>M. incognita</i>
Rinaldi et al. (2021)	7 extratos (aquoso)	<i>M. javanica</i>
Das et al. (2021)	2 extratos (aquoso)	<i>M. javanica</i>
Dias et al. (2022)	1 extrato (aquoso)	<i>M. javanica</i>
Fabiyi et al. (2020)	1 extrato (etanólico)	<i>Pratylenchus</i> spp.
Fonseca et al. (2019)	2 extratos (aquoso)	<i>P. brachyurus</i>
Mahfouzi et al. (2020)	3 extratos (aquosos, etanólicos e metanólicos)	<i>P. loosi</i>

Zaidat et al. (2020) estudaram dois tipos de extratos (aquoso e metanólico) de 5 plantas *Peganum harmala* L., *Raphanus raphanistrum* L., *Taxus baccata* L., *Sinapis arvensis* L. e *Ricinus communis* L. em juvenis de segundo estágio (J₂) de *Meloidogyne incognita* revelando a eficácia de todos os extratos vegetais testados para nematoides das galhas, principalmente dos extratos metanólicos.

Sithole et al. (2021) em um estudo de 8 extratos brutos das plantas, *Cucurbita maxima*, *Prunus africana*, *Pelargonium sidoides*, *Croton sylvaticus*, *Solanum aculeastrum*, *Vernonia colorata*, *Searsia lancea* e *Merwillia plumbea* na inibição da eclosão de ovos do nematoide das galhas, *M. incognita*, concluíram que todos os oito extratos vegetais na dose de 0,8 mg/mL apresenta atividade nematicida promissora e que os extratos ativos das plantas afetaram o desenvolvimento de *M. incognita* pelo mecanismo de inibição da eclosão dos ovos.

Oluwatayo et al. (2019) analisaram extratos aquosos de folhas frescas e sementes de *Moringa oleifera*, *Ricinus communis* e *Jatropha curcas* no controle de *Meloidogyne incognita* em tomate (*Solanum lycopersicum* L.), e constataram que todos os extratos reduziram significativamente ($p < 0,05$) o índice de galhas nas raízes e a população final de *M. incognita* no solo e o fator reprodutivo do nematoide em relação ao controle.

No trabalho de Ismail et al. (2020) objetivou-se avaliar a natureza nematicida dos extratos aquosos e metanólicos de *Allium sativum*, *Urtica dioica*, *Sophora mollis*, *Ephedra intermedia* e *Tanacetum baltistanicum* e revelaram que os extratos metanólicos e aquosos de todas as plantas testadas apresentaram excelentes resultados com mortalidade total de *M. incognita* de 75-95% nas concentrações de 0,125-1% após 72 horas de tratamento. Diante dos resultados, acreditam que os compostos do metabolismo secundário, provavelmente são responsáveis por ocasionar danos a membrana citoplasmática das células dos nematoides, interferindo nas estruturas proteicas.

Khan et al. (2019) realizou o manejo do nematoide das galhas, *M. incognita*, através da utilização de extratos aquosos de plantas selecionadas (*Coccinia grandis*, *Commelina benghalensis*, *Leucas cephalotes*, *Phyllanthus amarus* e *Trianthema portulacastrum*) e concluíram que os extratos foram considerados letais para J₂s e também inibem a eclosão dos ovos.

Na pesquisa de Rinaldi et al. (2021), em ensaio in vivo, avaliou-se o efeito da pulverização de extratos aquosos foliares de *Brassica napus* L., *Crotalaria juncea* L.,

Brachiaria decumbes L., *Helianthus annuus* L., *Triticum aestivum* L. e *Lupinus albus* L. em soja inoculada com *Meloidogyne javanica* e constataram que o extrato de *Crotalaria juncea* apresentou redução no número total de nematoides e também o menor fator de reprodução, demonstrando potencial no controle de *M. javanica* em soja, já o extrato de trigo foi eficiente somente na redução da eclosão de *M. javanica*.

Das et al. (2021) testaram extratos aquosos de calêndula (*Tagetes* spp.) e repolho (*Brassica oleracea*) em *M. javanica* e tanto a mortalidade quanto a eclosão foram afetadas, destacando ainda que a calêndula apresentou 100% de mortalidade de J₂ no menor tempo de experimento.

Em um estudo verificando a eficiência do extrato de cravo de defunto (*Tagetes patula*) no controle de *Meloidogyne javanica* na cultura do tomate, Dias et al. (2022) constataram que o extrato de cravo de defunto teve maior eficiência no controle dos nematoides, onde reduziu em 34% a reprodução de *M. javanica* na cultura do tomate.

Fabiyi et al. (2020) pesquisaram sobre o efeito do extrato etanólico de *Eucalyptus globulus* em *Pratylenchus* spp., ressaltando que a planta é uma fonte promissora de alternativa para nematicidas sintéticos.

Fonseca et al. (2019) avaliaram o potencial do extrato aquoso (folha e casca) de angico preto (*Anadenanthera macrocarpa*) no manejo de *P. brachyurus* na cultura do algodão e concluíram que todas as concentrações do extrato de angico, independente da fonte, mostraram supressividade a *P. brachyurus*, apresentando ação nematicida.

Estudando o efeito inibitório de extratos (aquosos, etanólicos e metanólicos) de três plantas medicinais (*Mentha piperita* L., *Eucalyptus camaldulensis* e *Allium sativum*), na taxa de mortalidade de juvenis e adultos de *P. loosi*, Mahfouzi et al. (2020) detectaram a maior taxa de mortalidade de juvenis e adultos usando 500 ppm de extrato de *Allium sativum* após 96 horas com 93,9 e 90,92%, respectivamente.

Óleos essenciais no controle de fitonematoides

Estudos estão sendo conduzidos ao longo dos anos visando a consolidação do emprego de óleos essenciais como agentes nematicidas, bem como sua utilização como fonte promissora para a obtenção de moléculas destinadas à produção em larga escala de nematicidas sintéticos, destacando nessa pesquisa de revisão de literatura o controle dos principais gêneros de nematoides (*Meloidogyne* e *Pratylenchus*) com o uso de óleos essenciais (Tabela 2).

Pardavella et al. (2021) testaram óleo essencial e hidrossol isolados de sementes de *Cuminum cyminum* contra os nematoides das galhas *M. incognita* e *M. javanica* e verificaram que todos os J₂s foram paralisados após imersão no óleo essencial na concentração de 62,5 µL/L por 96 horas, juntamente com a inibição da diferenciação e eclosão do ovo, devido a ação de hidrocarbonetos (23,6%) e monoterpenos (75,6%).

Tabela 2 - Compilado dos estudos sobre óleos essenciais no controle de fitonematoides

Referência	Espécie de obtenção do óleo essencial	Fitonematoide
Pardavella et al. (2021)	<i>Cuminum cyminum</i>	<i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>
Keerthiraj et al. (2021)	<i>Pogostemon cablin</i> Benth.	<i>M. incognita</i>
Jardim et al. (2020)	<i>Allium sativum</i>	<i>M. incognita</i>
Ntalli et al. (2023)	<i>Carlina acaulis</i> L.	<i>M. incognita</i>
Barros et al. (2019)	29 óleos essenciais (mais eficiente <i>Dysphania ambrosioides</i>)	<i>M. incognita</i> <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>
Pardavella et al. (2020)	<i>Satureja helenica</i>	<i>M. incognita</i>
Barros et al. (2021)	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	<i>M. incognita</i>
Schwengber et al. (2017)	<i>Schinus terebinthifolius</i> Raddi	<i>P. zaeae</i>
Baldisera et al. (2021)	<i>Achillea millefolium</i>	<i>P. brachyurus</i> <i>M. incognita</i> e <i>P. vulnus</i>
D'Addabbo et al. (2021)	<i>Lavandula hybrida</i>	<i>M. incognita</i>

Keerthiraj et al. (2021) avaliaram a ação nematicida de óleos essenciais hidrodestilados das folhas de *Pogostemon cablin* Benth. (Patchouli) e notaram que o ensaio *in vitro* revelou ação nematicida significativa (CL₅₀ 44,6–87,0 µg mL⁻¹) contra juvenis de *M. incognita* dentro de 24 horas de exposição e a mortalidade aumenta com o aumento do tempo até 48 horas (CL₅₀ 33,6–71,6 µg mL⁻¹) e 72 horas (LC₅₀ 27,7–61,2 µg mL⁻¹). Modelagem molecular e estudos *in silico* revelaram ação inibitória multimodal de α-bulneseno e α-guaieno contra três proteínas alvo, acetilcolinesterase, gene de resposta a odor 1 e gene de resposta a odor 3, afetando o sistema nervoso do nematoide.

Jardim et al. (2020) evidenciaram o potencialmente útil de óleo essencial de *Allium sativum* obtido por hidrodestilação contra *M. incognita in vitro*. A 63 µg mL⁻¹, este óleo foi mais ativo contra ovos de *M. incognita* e juvenis de segundo estágio (J₂) do que o nematicida

convencional Carbofuran a $173 \mu\text{g mL}^{-1}$, além disso, o vapor do óleo também foi tão ativo *in vitro* contra ovos de *M. incognita* e J₂ quanto o nematicida fumigante Dazomet. Efeitos foram atribuídos aos compostos dialil trissulfeto (66,7%) e dialil dissulfeto (21,3%).

Óleo essencial puro de *Carlina acaulis* L. (Asteraceae) foi avaliado quanto à sua toxicidade contra juvenis de segundo estágio (J₂) de *M. incognita* bem como para a interrupção do ciclo biológico do nematoide nas raízes de tomateiros e foi atribuído ao seu composto majoritário (óxido de poliacetileno carlina - 96%), a atividade nematicida (Ntalli et al., 2023).

Barros et al. (2019) avaliaram 29 óleos essenciais, e detectaram que 14 apresentaram atividades nematicidas de 8 a 100% na concentração de 1000 $\mu\text{g/ml}$. Em uma concentração mais baixa de 500 $\mu\text{g/ml}$, apenas o óleo de *Dysphania ambrosioides* causou mais de 90% de mortalidade de J₂ de *M. incognita*.

Pardavella et al. (2020) mostraram em seus estudos que óleo essencial e hidrossol de *Satureja helênica* podem controlar *M. incognita* e *M. javanica*, os resultados registraram atividade de paralisia contra J₂s, juntamente com a inibição da diferenciação e eclosão do ovo.

Barros et al. (2021) testaram a atividade nematicida do óleo essencial de *Cinnamomum zeylanicum*, seu componente bioquímico mais abundante e seu análogo foram avaliados contra *M. incognita* detectando que o óleo essencial de *C. zeylanicum* reduziu os níveis de *M. incognita* J₂ que eclodiram de 38% a 54%, enquanto o carbofurano (controle positivo) não impediu a eclosão.

Na pesquisa de Schwengber et al. (2017), objetivou-se testar o óleo essencial de pimenta rosa extraído por hidrodestilação, utilizando massa fresca das folhas e frutos maduros para o controle de *Pratylenchus zae* em condições *in vitro* e na cultura do milho e após a realização do experimento, concluíram que os óleos essenciais e as concentrações avaliadas apresentaram porcentagem de mortalidade em condições *in vitro* e reduziram a população de *P. zae* em casa de vegetação, demonstrando o potencial do óleo essencial de pimenta rosa no controle de fitonematoides.

Baldisera et al. (2021), observaram em óleo essencial de *Achillea millefolium* (Mil folhas) regressão linear crescente, quanto maior a concentração, maior a taxa de mortalidade do nematoide e os exsudatos apresentaram um comportamento quadrático ($p \leq 0,05$), levando a 60,83% de mortalidade de *P. brachyurus*. O óleo essencial apresentou propriedades antagônicas ao nematoide, provavelmente pela presença de germacreno D (39,55%), (E,E)- α -

farneseno (25,70%) e camazuleno (8,91%). Além disso, foi testada a reprodução de *P. brachyurus* na cultura mil folhas e notou-se que foi uma hospedeira desfavorável ao nematoide.

D'Addabbo et al. (2021) avaliaram a toxicidade de óleos essenciais de três diferentes cultivares de *Lavandula hybrida* (Lavandin cultivar Abrialis, Rinaldi Cerioni e Sumiens) para juvenis (J₂) e ovos do nematoide das galhas *Meloidogyne incognita* e para os estágios infectantes do nematoide da lesão *Pratylenchus vulnus* e detectaram efeitos supressores na formação de galhas de *M. incognita* e na multiplicação de ovos em raízes de tomate. Além disso, verificaram que a mortalidade de *M. incognita* J₂ atingiu um pico de 82,0%, 95,8% e 89,8% após um tratamento de 24 horas com 100 mg mL⁻¹ de soluções de óleo essencial de cultivares Abrialis, Rinaldi Cerioni e Sumiens, respectivamente, enquanto espécies infectantes de *P. vulnus* foram amplamente mais sensíveis, pois houve taxas de mortalidade de 65,5%, 67,7% e 75,7% após 4 horas de exposição a óleo essencial de Abrialis, Rinaldi Cerioni e Sumiens, respectivamente.

CONCLUSÕES

Com base na análise de estudos literários evidencia-se que os óleos essenciais, extratos vegetais ou seus constituintes isolados têm um alto potencial como fontes de novos produtos nematicidas eficazes para o controle de fitonematoides. Esses novos nematicidas, apresentam perspectivas de mercado promissoras, uma vez que combinam alta eficácia no controle de fitonematoides, com baixa toxicidade para vertebrados, contribuindo assim para a segurança ambiental.

Apesar das evidências positivas provenientes dos diversos estudos que utilizam extratos de plantas e óleos essenciais, a disponibilidade de nematicidas comerciais derivados desses recursos ainda é limitada, restrita a alguns produtos que consistem em misturas de análogos sintéticos dos componentes presentes nos óleos essenciais ou extratos. O sucesso potencial desses produtos é prejudicado pela falta de resolução de questões ainda importantes, tais como o conhecimento insuficiente sobre os mecanismos de atividade dos óleos essenciais ou extratos e os locais específicos nos quais os fitonematoides são alvejados por essas substâncias.

Grande parte das pesquisas com extratos vegetais e óleos essenciais são resultados de experimentos *in vitro* ou em casa de vegetação, assim, verifica-se a necessidade da realização

de pesquisas em condições de campo, para garantir a confiabilidade dos resultados de eficiência e viabilidade dos extratos e óleos essenciais no controle de fitonematoides.

REFERÊNCIAS

ABD-ELGAWAD, M.M.M. Optimizing Safe Approaches to Manage Plant-Parasitic Nematodes. **Plants**, Basel, v.10, n.9, p.1-20, 2021.

ADEGBITE, A.A.; ADESIYAN, S.O. Root extracts of plants to control root-knot nematode on edible soybean. **Journal of Vegetable Science**, Daptu, v.12, n.2, p.5-12, 2006.

AMORA, D.X. **Potencial de óleos essenciais no controle de *Meloidogyne javanica* em tomateiro**. 2010. 47p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

ARAÚJO, E.J.R. **Uso de linhagens de *Trichoderma harzianum* superexpressoras de quitinase no parasitismo de *Pratylenchus brachyurus***. 2020. 22p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Agronomia) – Instituto Federal Goiano, Urutaí, 2020.

BALDISERA, S.S.; SCHWENGBER, R.P.; FERREIRA, P.G.S.; JACOMASSI, E.; GAZIM, Z.C.; GOMES, S.M.S. *Achillea millefolium* antagonism to *Pratylenchus brachyurus*. **Journal of Phytopathology**, Braunschweig, v.169, n.1, p.28-36, 2021.

BARROS, A.F.; CAMPOS, V.P.; PAULA, L.L.; PEDROSO, L.A.; SILVA, F.J.; SILVA, J.C.P.; OLIVEIRA, D.F.; SILVA, G.H. The role of *Cinnamomum zeylanicum* essential oil, (E)-cinnamaldehyde and (E)-cinnamaldehyde oxime in the control of *Meloidogyne incognita*. **Journal of Phytopathology**, Braunschweig, v.169, n.4, p.229-238, 2021.

BARROS, A.F.; CAMPOS, V.P.; PAULA, L.L.; OLIVEIRA, D.F.; SILVA, F.J.; TERRA, W.C.; SILVA, G.H.; SALIMENA, J.P. Nematicidal screening of essential oils and potent toxicity of *Dysphania ambrosioides* essential oil against *Meloidogyne incognita* in vitro and in vivo. **Journal of Phytopathology**, Braunschweig, v.167, n.7-8, p.380-389, 2019.

BUCKI, P.; QING, X.; CASTILLO, P.; GAMLIEL, A.; DOBRININ, S.; ALON, T.; MIYARA, S.B. The Genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) in Israel: From Taxonomy to Control Practices. **Plants**, Basel, v.9, n.11, p.1-18, 2020.

BRUNI, R.; MÉDICI, A.; ANDREOTTI, E.; FANTIN, C.; MUZZOLI, M.; DEHESA, M.; ROMAGNOLI, C.; SACCHETTI, G. Chemical composition and biological activities of Ishpingo essential oil, a traditional Ecuadorian spice from *Ocotea quixos* (Lam.) Kosterm. (Lauraceae) flower calices. **Food Chemistry**, Londres, v.85, n.3, p.415-421, 2004.

CASTRO, J.M.C. Manejo de nematoides nas culturas do coqueiro e da goiabeira: desafios e perspectivas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 34, 2017, Vitória. **Anais**. Vitória: Embrapa Semiárido, 2p.

CATANI, L.; MANACHINI, B.; GRASSI, E.; GUIDI, L.; SEMPRUCCI, F. Essential Oils as Nematicides in Plant Protection—A Review. **Plants**, Basel, v.12, n.6, p.1-21, 2023.

COLTRO-RONCATO, S.; GONÇALVES, E.D.V.; DILDEY, O.D.F.; KUHN, O.J.; STANGARLIN, J.R. Fitoquímicos como controle alternativo de nematoides. In: KUHN, O.J.; NUNES, R.V.; STANGARLIN, J.R.; RAMPIN, L.; FEY, R.; COSTA, N.V.; COSTA, P.B.; GUIMARÃES, V.F.; ZAMBOM, M.A. (Org.). **Ciências agrárias: Tecnologias e perspectivas**. Marechal Cândido Rondon: Centro de Ciências Agrárias da Unioeste, 2015. p.188-206.

CONCEIÇÃO, A.D.P. **Ação de extratos vegetais no controle in vitro de nematoides das galhas**. 2019. 39p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Agrônoma) – Instituto Federal do Sertão Pernambucano, Petrolina, 2019.

D’ADDABBO, T.; LAQUALE, S.; ARGENTIERI, M.P.; BELLARDI, M.G.; AVATO, P. Nematicidal Activity of Essential Oil from Lavandin (*Lavandula × intermedia* Emeric ex Loisel.) as Related to Chemical Profile. **Molecules**, Basel, v.26, n.21, p.1-13, 2021.

D’ADDABBO, T.; AVATO, P. Chemical Composition and Nematicidal Properties of Sixteen Essential Oils—A Review. **Plants**, Basel, v.10, n.7, p.1-12, 2021.

DAS, S.; WADUD, A.; KHOKON, M.A.R. Evaluation of the effect of different concentrations of organic amendments and botanical extracts on the mortality and hatching of *Meloidogyne javanica*. **Saudi Journal of Biological Sciences**, Riyadh, v.28, n.7, p.3759-3767, 2021.

DENG, X.; WANG, X.; LI, G. Nematicidal Effects of Volatile Organic Compounds from Microorganisms and Plants on Plant-Parasitic Nematodes. **Microorganisms**, Basel, v.10, n.6, p.1-14, 2022.

DIAS, M.H.F.; SILVA, R.V.; CLEMENTE, L.D.; NETO, J.F.B. Extrato de cravo de defunto (*Tagetes patula*) e do microgeo no controle de *Meloidogyne javanica* na cultura do tomateiro. In: SILVA, A. P. (Ed.) **Manejo de Pragas e Doenças - a busca por formas sustentáveis de controle**, Brasília: Editora Científica Digital LTDA, 2022. p.76-87.

EDER, R.; CONSOLI, E.; KRAUSS, J.; DAHLIN, P. Polysulfides Applied as Formulated Garlic Extract to Protect Tomato Plants against the Root-Knot Nematode *Meloidogyne incognita*. **Plants**, Basel, v.10, n.2, p.1-10, 2021.

EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H.H. Root-Knot Nematodes: *Meloidogyne* Species and Races. In: NICKLE, W.R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**, Boca Raton: CRC Press, 1991. p.191-274.

EUGUI, D.; VELASCO, P.; ABRIL-URÍAS, P.; ESCOBAR, C.; GÓMEZ-TORRES, O.; CABALLERO, S.; POVEDA, J. Glucosinolate-extracts from residues of conventional and organic cultivated broccoli leaves (*Brassica oleracea* var. *italica*) as potential industrially-scalable efficient biopesticides against fungi, oomycetes and plant parasitic nematodes. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.200, n.1, p.1-16, 2023.

FABIYI, O.A.; ATOLANI, O.; OLATUNJI, G. A. Toxicity Effect of *Eucalyptus globulus* on *Pratylenchus* spp. of *Zea mays*. **Sarhad Journal of Agriculture**, Peshawar, v.36, n.4, p.1244-1253, 2020.

FERRAZ, L.C.C.B.; BROWN, D.J.F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 251p.

FERRAZ, S.; FREITAS, L.G. **O controle de fitonematoides por plantas antagonistas e produtos naturais**. Viçosa: DPF/UFV, 2008. 17p.

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

FONSECA, W.L.; ALMEIDA, F.A.; CARVALHO, R.M.; SANTOS, T.S.; SANTOS, A.R.B.; REZENDE, J.S.; LEITE, M.L.T.; PROCHNOW, J.T.; RAMBO, A.P.P. Influence of aqueous extracts of black angico on *Pratylenchus brachyurus* in cotton plants. **African Journal of Microbiology Research**, Lagos, v.13, n.6, p.122-127, 2019.

FORGHANI, F.; HAJIHASSANI, A. Recent Advances in the Development of Environmentally Benign Treatments to Control Root-Knot Nematodes. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.11, n.1, p.1-13. 2020.

GARDIANO, C.G.; FERRAZ, S.; LOPES, E.A.; FERREIRA, P.A.; AMORA, D.X.; FREITAS, L.G. A atividade nematocida de extrato aquoso e tinturas vegetais sobre *Meloidogyne javanica* (TREUB 1885) CHITWOOD, 1949. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v.30, n.3, p.551-556, 2009.

GERAERT, E. **The Pratylenchidae of the World. Identification of the Family Pratylenchidae (Nematoda: Pratylenchidae)**. Gante: Academia Press, 2013. 430p.

GOODE, K.; MITCHUM, M.G. Pattern-triggered immunity against root-knot nematode infection: A minireview. **Physiologia Plantarum**, Huboken, v.174, n.2, p.1-20, 2022.

GOUGH, E.C.; OWEN, K.J.; ZWART, R.S.; THOMPSON, J.P. A Systematic Review of the Effects of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Root-Lesion Nematodes, *Pratylenchus* spp. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v.11, n.1, p.1-14, 2020.

HODDA, M.; COLLINS, S.J.; VANSTONE, V.A.; HARTLEY, D.; WANJURA, W.; KEHOE, M. *Pratylenchus quasitereoides* n. sp. from cereals in Western Australia. **Zootaxa**, Auckland, v.3866, n.2, p.277-288, 2014.

ISMAIL, M.; FAYYAZ, S.; KOWSAR, A.; JAVED, S.; ALI, I.; ALI, S.; HUSSAIN, F.; ALI, H. Evaluation of nematocidal effects of some medicinal plant extracts against root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). **Italian Journal of Agronomy**, Sofia, v.15, n.1, p.63-69, 2020.

JARDIM, I.N.; OLIVEIRA, D.F.; CAMPOS, V.P.; SILVA, G.H.; SOUZA, P.E. Garlic essential oil reduces the population of *Meloidogyne incognita* in tomato plants. **European Journal of Plant Pathology**, Berlim, v.157, n.1, p.197-209, 2020.

JONES, J.T.; HAEGEMAN, A.; DANCHIN, E.G.J.; GAUR, H.S.; HELDER, J.; JONES, M.G.K.; KIKUCHI, T.; MANZANILLA-LÓPEZ, R.; PALOMARES-RIUS, J.E.; WESEMAEL, W.M.L.; PERRY, R.N. Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, Hoboken, v.14, n.9, p.946-961, 2013.

JONES, M.G.K.; FOSU-NYARKO, J. Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. **Annals of Applied Biology**, Hoboken, v.164, n.2, p.163-181, 2014.

KEERTHIRAJ, M.; MANDAL, A.; DUTTA, T.K.; SAHA, S.; DUTTA, A.; SINGH, A.; KUNDU, A. Nematicidal and Molecular Docking Investigation of Essential Oils from *Pogostemon cablin* Ecotypes against *Meloidogyne incognita*. **Chemistry & Biodiversity**, Weinheim, v.18, n.9, p.1-13, 2021.

KHAN, A.; AHMAD, G.; HARIS, M.; KHAN, A.A. Bio-organics Management: Novel Strategies to Manage Root-knot Nematode, *Meloidogyne incognita* Pest of Vegetable Crops. **Gesunde Pflanzen**, Berlim, v.75, n.1, p.193-209, 2023.

KHAN, F.; ASIF, M.; KHAN, A.; TARIQ, M.; ANSARI, T.; SHARIQ, M.; SIDDIQUI, M.A. Evaluation of the nematicidal potential of some botanicals against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* infected carrot: In vitro and greenhouse study. **Current Plant Biology**, Amsterdam v.20, n.1, p.1-9, 2019.

KOSTYUKOVSKY, M.; RAFAELI, A.; GILEADI, C.; DEMCHENKO, N.; SHAAYA, E. 'Activation of octopaminergic receptors by essential oil constituents isolated from aromatic plants: possible mode of action against insect pests'. **Pest Management Science**, Hoboken, v.58, n.1, p.1101- 1106, 2002.

KUMAR, V.; KHAN, M.R.; WALIA, R.K. Crop Loss Estimations due to Plant-Parasitic Nematodes in Major Crops in India. **National Academy Science Letters**, Allahabad, v.43, n.5, p.409-412, 2020.

MAHFOUZI, N.; CHAEIKAR, S.S.; SERAJI, A.; AZAD, A.Y. The Effect of Hydroalcoholic Extract of *Mentha piperita* L, *Eucalyptus camaldulensis*, and *Allium sativum* Plants on the Activity of *Pratylenchus loosi* Nectar Injury in Laboratory Conditions. **Applied Plant Protection**, Berlim, v.15, n.2, p.1-17, 2020.

MUKHERJEE, A. Eco-friendly management of plant parasitic nematodes. **Indian Journal of Science and Technology**, Chennai, v.13, n.28, p.2883-2891, 2020.

MUKHTAR, T; KAYANI, M.Z.; HUSSAIN, M.A. Nematicidal activities of *Cannabis sativa* L. and *Zanthoxylum alatum* Roxb. against *Meloidogyne incognita*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.42, n.2, p.447-453, 2013.

NEVES, V.S.; LOPES, E.A.; FERREIRA, P.A. Uso de produtos e extratos vegetais no controle de nematoides. In: VEZON, M; JUNIOR, T.J.P.; PALLINI, A. (Eds.) **Controle Alternativo de Pragas e Doenças**. Viçosa: EPAMIG/CTZM, 2021. p.118-124.

NGUYEN, D.-M.-C.; LUONG, T.-H.; NGUYEN, T.-K.; JUNG, W.-J. Nematicidal activity of cinnamon bark extracts and chitosan against *Meloidogyne incognita* and *Pratylenchus coffeae*. **Nematology**, Leiden, v.23, n.6, p.655-666, 2020.

NI, Z.-J.; WANG, X.; SHEN, Y.; THAKUR, K.; HAN, J.; ZHANG, J.-G.; HU, F.; WEI, Z.-J. Recent updates on the chemistry, bioactivities, mode of action, and industrial applications of plant essential oils. **Trends in Food Science & Technology**, Amsterdam, v.110, n.5, p.78-89, 2021.

NTALLI, N.; ZOCHIOS, G.; NIKOLAOU, P.; WINKIEL, M.; PETRELLI, R.; BONACUCINA, G.; PERINELLI, D.R.; SPINOZZI, E.; MAGGI, F.; BENELLI, G. *Carlina acaulis* essential oil nanoemulsion for managing *Meloidogyne incognita*. **Industrial Crops and Products**, Amsterdam, v.193, n.3, p.1-16, 2023.

OLUWATAYO, J.I.; JIDERE, C.I.; NWANKITI, A. Nematicidal Effect of Some Botanical Extracts for the Management of *Meloidogyne incognita* and on Growth of Tomato. **Asian Journal of Agricultural and Horticultural Research**, Kuala Lumpur, v.4, n.2, p.1-8, 2019.

PARDAVELLA, I.; DAFERERA, D.; TSELIOS, T.; SKIADA, P.; GIANNAKOU, I. The Use of Essential Oil and Hydrosol Extracted from *Cuminum cyminum* Seeds for the Control of *Meloidogyne incognita* and *Meloidogyne javanica*. **Plants**, Basel, v.10, n.1, p.1-14, 2021.

PARDAVELLA, I.; NASIOU, E.; DAFERERA, D.; TRIGAS, P.; GIANNAKOU, I. The Use of Essential Oil and Hydrosol Extracted from *Satureja hellenica* for the Control of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. **Plants**, Basel, v.9, n.7, p.1-14, 2020.

PINHEIRO, J.B.; AMARO, G.B.; PEREIRA, R.B. **Nematoides em pimentas do gênero *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2012. 9p. (Circular Técnica 104), Disponível em: <<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/942478/1/ct1041.pdf>>. Acesso em: 05 jul. 2023.

QUARLES, W. Botanical pesticides from *Chenopodium*. **IPM Practitioner**, Sacramento, v.14, n.4, p.1-11, 1992.

RINALDI, L.K.; BARBOSA DUARTE JÚNIOR, J.; STANGARLIN, J.R.; MATTEI, D.; BOSQUETTE ROSA, W.; PEREGO, I. Extratos Vegetais e Herbicida Glifosato no Controle, Desenvolvimento Embrionário e Eclosão de *Meloidogyne javanica* em Soja. **Ensaio e Ciência C Biológicas Agrárias e da Saúde**, Chapecó, v.25, n.4, p.444-450, 2021.

RODRIGUES, A.M.; FARIA, J.M.S. Profiling the Variability of *Eucalyptus* Essential Oils with Activity against the Phylum Nematoda. **Biology and Life Sciences Forum**, Basel, v.2, n.1, p.1-26, 2021.

SCHWENGBER, R.P.; BORDIN, J.C.; BORTOLUCCI, W.C.; CARPI, M.C.J.; ANDRÉ, V.C.S.; MEIRELLES, L.D.P.; GOMES, S.M.S. Óleo essencial das folhas e frutos de *Schinus terebinthifolius* raddi no controle de *Pratylenchus zaeae*. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zootecnia da UNIPAR**, Umuarama, v.20, n.3, p.1-13, 2017.

SILVA, M.G.; Sharma, R.D.; Junqueira, A.M.R.; Oliveira, C.M. Efeito da solarização, adubação química e orgânica no controle de nematoides em alface sob cultivo protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.24, n.1, p.489-494, 2006.

SITHOLE, N.T.; KULKARNI, M.G.; FINNIE, J.F.; VAN STADEN, J. Potential nematicidal properties of plant extracts against *Meloidogyne incognita*. **South African Journal of Botany**, Amsterdam, v.139, n.3, p.409-417, 2021.

SOUZA, T.L.P.O. Uso de marcadores moleculares no melhoramento de plantas para resistência a nematoides. In: XXXVI Congresso Brasileiro de Nematologia, 2019, Caldas Novas. **Anais**. Caldas Novas: XXXVI CBN, 4p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª Ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.

TAPIA-VÁZQUEZ, I.; MONTOYA-MARTÍNEZ, A.C.; SANTOS-VILLALOBOS, S.L.; EK-RAMOS, M.J.; MONTESINOS-MATÍAS, R.; MARTÍNEZ-ANAYA, C. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) a threat to agriculture in Mexico: biology, current control strategies, and perspectives. **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, Berlin, v.38, n.2, p.1-26, 2022.

VAN DEN HOOGEN, J.; GEISEN, S.; ROUTH, D.; FERRIS, H.; TRAUNSPURGER, W.; WARDLE, D.A.; GOEDE, R.G.M.; ADAMS, B.J.; AHMAD, W.; ANDRIUZZI, W.S.; BARDGETT, R.D.; BONKOWSKI, M.; CAMPOS-HERRERA, R.; CARES, J.E.; CARUSO, T.; CAIXETA, L.B.; CHEN, X.; COSTA, S.R.; CREAMER, R.; CASTRO, J.M.C.; DAM, M.; DJIGAL, D.; ESCUER, M.; GRIFFITHS, B.S.; GUTIÉRREZ, C.; HOHBERG, K.; KALINKINA, D.; KARDOL, P.; KERGUNTEUIL, A.; KORTHALS, G.; KRASHEVSKA, V.; KUDRIN, A.A.; LI, Q.; LIANG, W.; MAGILTON, M.; MARAIS, M.; MARTÍN, J.A.R.; MATVEEVA, E.; MAYAD, E.H.; MULDER, C.; MULLIN, P.; NEILSON, R.; NGUYEN, T.A.D.; NIELSEN, U.N.; OKADA, H.; RIUS, J.E.P.; PAN, K.; PENEVA, V.; PELLISSIER, L.; SILVA, J.C.P.; PITTELOUD, C.; POWERS, T.O.; POWERS, K.; QUIST, C.W.; RASMANN, S.; MORENO, S.S.; SCHEU, S.; SETÄLÄ, H.; SUSHCHUK, A.; TIUNOV, A.V.; TRAP, J.; PUTTEN, W.V.D.; VESTERGÅRD, M.; VILLENAVE, C.; WAEYENBERGE, L.; WALL, D.H.; WILSCHUT, R.; WRIGHT, D.G.; YANG, J.; CROWTHER, T.W. Soil nematode abundance and functional group composition at a global scale. **Nature**, London, v.572, n.7768, p.194-198, 2019.

VIEIRA, P.; GLEASON, C. Plant-parasitic nematode effectors — insights into their diversity and new tools for their identification. **Current Opinion in Plant Biology**, Amsterdam, v.50, n.2, p.37-43, 2019.

Z Aidat, S.A.E.; Mouhouche, F.; BABAALI, D.; ABDESSEMED, N.; CARA, M.; HAMMACHE, M. Nematicidal activity of aqueous and organic extracts of local plants against *Meloidogyne incognita* (Kofoid and White) Chitwood in Algeria under laboratory and greenhouse conditions. **Egyptian Journal of Biological Pest Control**, Cairo, v.30, n.1, p.23-46, 2020.