



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE ALAGOAS**  
**CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**  
**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROTEÇÃO DE PLANTAS**

**ISABELLE CRISTINA SANTOS MAGALHÃES**

**EXTRATO AQUOSO DE FOLHAS DE PINHEIRA NO MANEJO DA CASCA-  
PRETA-DO-INHAME**

**RIO LARGO – AL**

**2020**

**ISABELLE CRISTINA SANTOS MAGALHÃES**

**EXTRATO AQUOSO DE FOLHAS DE PINHEIRA NO MANEJO DA CASCA-  
PRETA-DO-INHAME**

Dissertação de Mestrado a ser apresentada  
ao programa de Pós-Graduação em  
Proteção de Plantas da Universidade  
Federal de Alagoas como requisito parcial  
para a obtenção do grau de Mestre em  
Proteção de Plantas.

Orientadora: Profa. Dra. Maria de Fátima  
Silva Muniz

RIO LARGO – AL

2020

**Catálogo na Fonte**  
**Universidade Federal de Alagoas**  
**Biblioteca Campus de Engenharias e Ciências Agrárias**  
Bibliotecário: Erisson Rodrigues de Santana

M188e Magalhães, Isabelle Cristina Santos

Extrato aquoso de folhas de pinheira no manejo da casca preta-do-inhame. / Isabelle Cristina Santos Magalhães. – 2020.

36 f.; il; 33 cm

Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas, Campus de Engenharias e Ciências Agrárias, Universidade Federal de Alagoas. Rio Largo, 2020.

Bibliografia: p. 26-33.

Orientadora: Prof<sup>a</sup>. Dr<sup>a</sup>. Maria de Fátima Silva Muniz Silva

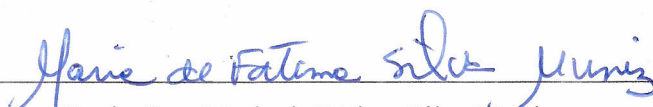
1. *Dioscorea* spp. 2. *Scutellonema bradys*. 3. *Pratylenchus coffeae*. 4. controle alternativo. I. Título.

CDU: 633.496

ISABELLE CRISTINA SANTOS MAGALHÃES

**EXTRATO AQUOSO DE FOLHAS DE PINHEIRA NO MANEJO DA CASCA-  
PRETA-DO-INHAME**

Dissertação de mestrado submetida ao corpo docente do Programa de Pós-Graduação em Proteção de Plantas, do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Alagoas e aprovada em 28 de fevereiro de 2020.

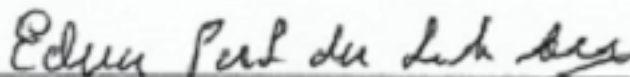


Prof.ª. Dra. Maria de Fátima Silva Muniz  
Universidade Federal de Alagoas – Orientadora

**Banca examinadora:**



Dra. Marylia Gabriella Silva Costa  
Universidade Federal de Alagoas – Examinador externo



Prof.ª. Dra. Edna Peixoto da Rocha Amorim  
Universidade Federal de Alagoas – Examinador interno

*Aos meus pais Manoel e Joseane pelo  
amor, incentivo, dedicação e compreensão  
que me foram oferecidos.*

*Dedico com muito amor e carinho.*

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, agradeço imensamente por sua bondade e amor concedidos a cada amanhecer. Pela força, coragem, saúde e sabedoria que sempre me foram proporcionadas. E à Mãe Santíssima, agradeço eternamente por todas as bênçãos em minha vida, por me proteger de todos os males e por mostrar o caminho certo a seguir.

Aos meus pais Manoel Cardoso de Magalhães e Joseane Santos Magalhães, sou eternamente grata por todo amor, carinho, incentivo, ensinamentos, confiança, dedicação, compreensão e educação que me ofertaram. Agradeço também, por sempre acreditarem nos meus sonhos e batalharem comigo para a sua concretização.

À minha irmã Emanuelle Christina Santos Magalhães, por sempre estar disposta a me ajudar e enfrentar comigo minhas batalhas. Obrigada pelo seu incentivo, carinho, apoio e compreensão.

Ao meu namorado Alison Van Der Linden de Almeida, que chegou à minha vida como um anjo da guarda e despertou o amor mais sincero e verdadeiro. Obrigada por todo amor, companheirismo, paciência, carinho, incentivo, compreensão, ajuda e por sempre confiar e acreditar em mim. Você foi um presente enviado por Deus. Te amo amor.

À minha querida amiga Jessica Maria, que mesmo distante sempre esteve presente e me ajudando durante o Mestrado, com um gesto de carinho ou uma palavra amiga.

À Universidade Federal de Alagoas e ao Centro de Ciências Agrárias pela oportunidade de realização do curso de Pós-graduação em Proteção de Plantas.

À professora/orientadora Dra. Maria de Fátima Silva Muniz pela orientação, competência, profissionalismo e dedicação. Obrigada pela confiança e por me atender com paciência todas as vezes que a solicitei. Agradeço por todos os ensinamentos compartilhados de forma admirável, e por me guiar nos primeiros passos da pós-graduação.

Ao Professor Dr. Gilson Moura Filho, pela colaboração nas análises estatísticas deste trabalho.

A todos os professores do Programa de Pós-graduação em Proteção de Plantas por todo conhecimento transmitido durante o Mestrado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Alagoas (FAPEAL) pelo incentivo acadêmico fornecido através da concessão de bolsa de estudo, tornando possível a produção desta dissertação.

A todos que fazem parte do Laboratório de Fitopatologia/Nematologia, por toda ajuda e conhecimentos compartilhados.

Aos amigos de laboratório Cecília Hernandez e Alverlan Araújo, que não mediram esforços para ajudar na execução desta pesquisa.

À aluna de iniciação científica Natalia Malta, pela colaboração nas etapas experimentais e laboratoriais deste trabalho.

Aos membros da banca examinadora, Prof. Dra. Edna Peixoto da Rocha Amorim e Dra. Marylia Gabriella Silva Costa, que tão gentilmente aceitaram participar e contribuir no aprimoramento desta dissertação.

E a todos que torceram na concretização desse sonho e contribuíram de alguma forma na realização desta dissertação, o meu sincero agradecimento.

## RESUMO

O inhame (*Dioscorea* spp.) é a quarta tuberosa mais produzida mundialmente e sua produção vem aumentando a cada ano, devido à sua excelente aceitação para a comercialização no mercado interno e externo. Entre os problemas fitossanitários que contribuem para a baixa produtividade da cultura do inhame no Brasil, destaca-se a casca-preta causada pelos fitonematoídes *Scutellonema bradys*, *Pratylenchus coffeae* e *P. brachyurus*, que incidem diretamente sobre os rizóforos, ocasionando necrose nos tecidos. O presente trabalho teve por objetivo avaliar o efeito nematicida do extrato aquoso obtido de folhas de *Annona squamosa* no manejo da casca-preta-do-inhame em casa de vegetação. As plantas de inhame foram inoculadas 30 dias após o plantio, com suspensão de 1.000 espécimes dos nematoides *S. bradys* e *Pratylenchus* sp., com predomínio da primeira espécie. Os experimentos foram conduzidos com delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 + 2, com sete repetições, sendo utilizadas cinco concentrações de extrato de pinha (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0%), dois períodos de aplicação (30 e 60 dias após a inoculação), mais o controle negativo (água) e o controle positivo (Benfurocarbe - Pottente®), onde a aplicação do extrato foi equivalente a 100 mL por planta nos períodos determinados. Seis meses após o plantio foi avaliado a população de nematoides no solo e raízes, e o fator de reprodução. Não houve diferença significativa para os períodos de aplicação do extrato em ambos os experimentos. As análises de regressão foram melhor representadas pelo modelo raiz-quadrático e em todos os tratamentos houve redução da população dos nematoides, principalmente a partir da concentração de 3%. O extrato aquoso de folhas de *A. squamosa* apresentou efeito nematicida, mostrando-se eficiente no manejo das populações de *S. bradys* e *Pratylenchus* sp.

**Palavras-chave:** *Dioscorea* spp.; *Scutellonema bradys*; *Pratylenchus coffeae*; controle alternativo.

## ABSTRACT

Yam (*Dioscorea* spp.) is the fourth most produced tuber crop in the world and its production has been increasing every year due to its excellent acceptance at internal and external markets. Among pests and diseases causing yield losses of yam in Brazil, the most important is the dry rot caused by the plant-parasitic nematodes *Scutellonema bradys*, *Pratylenchus coffeae* and *P. brachyurus*, producing symptoms of tuber necrosis. The present work aimed to evaluate the nematicidal effect of the aqueous extract of *Annona squamosa* leaves on the management of dry rot of yam in greenhouse conditions. Yam plants were inoculated 30 days after planting with a suspension of 1,000 specimens of *S. bradys* and *Pratylenchus* sp., with predominance of the first species. The experiments were performed under a completely randomized design, in a 5 x 2 + 2 factorial scheme, with seven replicates, using five concentrations of custard apple leaf extract (1.0; 2.0; 3.0; 4.0 and 5.0%), two application periods (30 and 60 days after inoculation), plus the negative control (water) and the positive control (Benfurocarbe - Pottente®), where the application of the extract was equivalent to 100 mL per plant. Six months after planting, the population of nematodes in the soil and roots, and the reproduction factor were evaluated. There was no significant difference for the periods of application of the extract in both experiments. Regression analyses were better represented by the root-quadratic model and there was a reduction in the nematode population in all treatments, especially at a concentration of 3%. The aqueous extract of *A. squamosa* leaves showed a nematicidal effect, being considered efficient in the management of populations of *S. bradys* and *Pratylenchus* sp.

**Key words:** *Dioscorea* spp.; *Scutellonema bradys*; *Pratylenchus coffeae*; alternative control.

## SUMÁRIO

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>1 INTRODUÇÃO .....</b>                                                | <b>7</b>  |
| <b>2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....</b>                                     | <b>9</b>  |
| 2.1 Cultura do inhame ( <i>Dioscorea</i> spp.) .....                     | 9         |
| 2.2 Casca-preta-do-inhame.....                                           | 10        |
| 2.3 Agentes etiológicos da casca-preta-do-inhame .....                   | 11        |
| 2.3.1 <i>Scutellonema bradys</i> (nematoide do inhame) .....             | 11        |
| 2.3.2 <i>Pratylenchus</i> spp. (nematoides-das-lesões-radiculares) ..... | 13        |
| 2.4 Manejo da casca-preta-do-inhame .....                                | 14        |
| 2.4.1 Controle alternativo com extrato vegetal .....                     | 15        |
| 2.4.1.1 <i>Annona squamosa</i> .....                                     | 16        |
| <b>3 MATERIAL E MÉTODOS .....</b>                                        | <b>18</b> |
| <b>4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>                                    | <b>20</b> |
| <b>5 CONCLUSÃO.....</b>                                                  | <b>25</b> |
| <b>REFERÊNCIAS .....</b>                                                 | <b>26</b> |

## 1 INTRODUÇÃO

O inhame (*Dioscorea* spp.) é uma hortaliça rica em vitaminas do complexo A, B e C, carboidratos e minerais, que apresenta grande importância socioeconômica para o Brasil, sendo cultivado principalmente na região Nordeste, especialmente nos estados da Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia (NASCIMENTO et al., 2015; MOURA, 2016; PINHEIRO, 2017). Dentre as culturas tuberosas no mundo, o inhame ocupa o quarto lugar, perdendo no ranking de maiores produtores apenas para a batata (*Solanum tuberosum* L.), mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) e batata-doce (*Ipomoea batatas* L.) (SILVA et al., 2016; COYNE; AFFOKPON, 2018).

Durante o ciclo de cultivo do inhame no Brasil, vários patógenos, dentre os quais os fitonematoides endoparasitas migradores, *Scutellonema bradys* (Steiner e LeHew) Andrassy, *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filipjev & Schuurmans Stekhoven e *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Schuurmans Stekhoven, agentes causais da casca-preta, merecem destaque, por afetarem diretamente os rizóforos, ocasionando necrose nos tecidos, limitando de forma qualitativa e quantitativa a produção da cultura (MOURA, 2016). Os nematoides alimentam-se intracelularmente nos tecidos dos rizóforos, resultando na ruptura das paredes das células (BRIDGE; STARR, 2007). Segundo Pinheiro (2017), as perdas provocadas por *S. bradys* podem variar de 20 a 30 %. Em Alagoas, ocorrem populações mistas das referidas espécies e a enfermidade encontra-se amplamente distribuída nas principais áreas produtoras do estado (MUNIZ et al., 2012).

O manejo da casca-preta-do-inhame é efetuado por meio de técnicas de exclusão, com o plantio de rizóforos-semente sadios em áreas com ausência de nematoides (MOURA, 2016). Além disso, o controle cultural, principalmente a rotação de cultura, apresenta-se como uma alternativa para controlar essa doença, pois reduz a população dos nematoides existentes nas áreas infestadas, no entanto não é muito utilizado pelos produtores, pois as culturas recomendadas, tais como crotalaria, mucuna e tagetes não fornecem o retorno financeiro desejado. Apesar do uso de nematicidas químicos apresentarem efeito com maior eficácia e rapidez em diversas espécies vegetais, para a cultura do inhame não se tem registros desses produtos (AGROFIT, 2019).

O uso de extratos vegetais de diversas espécies de plantas com propriedades nematicidas ou nematostáticas no controle de fitonematoides vem sendo estimulado para pequenos produtores, por ser uma medida economicamente viável, sem causar riscos ao meio ambiente, tornando-se assim uma nova alternativa para o controle de diversos patógenos

(CHITWOOD, 2002; STANGARLIN et al., 2008; MORAIS et al., 2009; GARDIANO et al., 2011). Dentre as espécies de plantas que vêm sendo estudadas para a preparação de extratos, se destacam as espécies pertencentes à família Annonaceae, especialmente *Annona squamosa* L. (pinheira), pois apresentam em sua composição, substâncias químicas capazes de suprimir diversos patógenos, incluindo fitonematoides (DANG et al., 2011).

No Brasil são escassas as informações a respeito do uso de extratos provenientes de anonáceas no manejo de fitonematoides. Nesse contexto, Lima et al. (2019) demonstraram em teste *in vitro* o efeito nematostático e nematicida de extratos aquosos de *Annona* spp. sobre *S. bradys*. Em outro estudo, Paz Filho (2019) constatou redução de populações de fitonematoides em mudas de bananeira (*Musa* spp.) naturalmente infectadas, por meio do tratamento do material propagativo com extratos aquosos de plantas, incluindo *A. squamosa* e *A. muricata* L.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito do extrato aquoso obtido de folhas de *A. squamosa*, em diferentes concentrações e dois períodos de aplicação ao solo, sobre nematoides causadores da casca-preta-do-inhame, em casa de vegetação.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Cultura do inhame (*Dioscorea* spp.)

O inhame (*Dioscorea* spp.) pertence à ordem Dioscoreales e família Dioscoreaceae, abrangendo aproximadamente 600 espécies, nativas da Ásia, África ou América do Sul, onde no Brasil existem em média 150 a 200 espécies, no entanto, apenas dez são utilizadas como fonte alimentar, em virtude das demais não produzirem rizóforos (NASCIMENTO et al., 2015). Dentre as primeiras espécies de inhame produzidas nas zonas tropicais da Ásia e no Oeste da África, se destacam *Dioscorea cayennensis* Lam., *D. alata* L., *D. rotundata* Poir e *D. trifida* L. (MESQUITA, 2002). Uma das espécies mais cultivadas no Brasil é *D. cayennensis*, originária do continente africano. Ao longo dos anos o seu consumo foi expandido pela Índia e Egito. No Brasil, a ocorrência se deu através de mercadorias percorridas entre a costa africana a caminho da Índia, durante a colonização portuguesa (MESQUITA, 2001).

Dentre os países produtores de inhame, se destaca a Nigéria com produção aproximada a 48 milhões de toneladas na safra de 2018, correspondente a uma área de 6 milhões de hectares cultivados. No Brasil, a produção em 2018 foi de 251 mil toneladas numa área de aproximadamente 26 mil hectares, gerando uma produtividade média de 9,7 toneladas por hectare (FAOSTAT, 2020). No estado de Alagoas, o Vale do Paraíba abrange mais de 50% da área produtora de inhame, sendo 8% correspondente ao território alagoano, especialmente os municípios de Viçosa, Paulo Jacinto, Chã Preta, Quebrangulo, Pindoba, Atalaia e Mar Vermelho (NOBRE, 2012).

A cultura do inhame se desenvolve de maneira satisfatória quando cultivada nas condições edafoclimáticas das regiões tropicais, sob regime pluvial de 1.000 a 1.600 mm anuais, com temperatura diária de 24 a 39°C e umidade relativa do ar de 60 a 70 % (SANTOS et al., 2006). O seu cultivo deve ser realizado em solos com pH de 5,5 a 6,5, apresentando textura arenosa-média até os de textura argilosa, profundos e bem drenados, arejados e férteis, ricos em matéria orgânica (SANTOS et al., 2012).

O inhame é uma planta herbácea, trepadeira, de ciclo anual ou perene, com caule do tipo anguloso ou cilíndrico, e seus rizóforos são produzidos em diversos formatos, colorações e tamanhos (PERESSIN; FELTRAN, 2014). Além disso, são utilizados na fabricação de anticoncepcionais orais, hormônios sexuais e cortisona, por possuírem em sua composição, substâncias naturais denominadas de sapogeninas e esteroides, empregadas para uso médico (MOURA, 2016).

Segundo Siqueira (2009), a cultura do inhame vem aumentando a cada ano, apresentando excelente aceitação para a comercialização no mercado interno e externo, devido a sua gama de utilidades. No entanto, Santos et al. (2007) afirmaram que a cultura do inhame apresenta baixa produtividade decorrente da indisponibilidade de material propagativo de excelente qualidade, do reduzido nível tecnológico dos produtores, o elevado nível de infecção de doenças fúngicas, manejo inadequado da cultura, baixa fertilidade dos solos, o uso indiscriminado de produtos químicos, além da alta incidência de doenças. As doenças ocasionadas na cultura do inhame comprometem a produtividade, devido os patógenos de importância para a cultura interferirem no desenvolvimento da parte aérea da planta causando manchas foliares, lesões em hastes e pecíolos, mosaico e bolhosidade, além de causar danos no caule e nos rizóforos produzindo os sintomas de podridões, meloidoginose e principalmente a casca-preta (NORONHA, 2014).

Dentre os problemas fitossanitários ocorridos na cultura do inhame, os fitonematoides endoparasitas, especialmente o nematoide do inhame [*Scutellonema bradys* (Steiner e LeHew) Andrásy], os nematoides das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp. De Man) e os nematoides das galhas (*Meloidogyne* spp. Goeldi) são os principais responsáveis por causar redução na produção e a qualidade dos rizóforos (PINHEIRO; PEREIRA; MADEIRA, 2016; COYNE; AFFOKPON, 2018).

## 2.2 Casca-preta-do-inhame

A casca-preta ou podridão-seca do inhame foi diagnosticada pela primeira vez por Steiner (1931), na Jamaica, relatando como agente etiológico dessa doença o nematoide *Hoplolaimus* sp. Posteriormente, Steiner; LeHew (1933) identificaram o agente causal como *H. bradys*. Anos após, a espécie foi transferida por Andrásy (1958) para o gênero *Scutellonema*. No entanto, relatos já haviam sido feitos sobre os sintomas da doença, tendo como agente causal, *S. bradys*, oriundo da Nigéria.

No Brasil, a casca-preta foi observada inicialmente por Lordello (1959) em material coletado no estado de Pernambuco, descrito como um novo agente etiológico denominado *S. dioscoreae*. Por outro lado, Moura; Teixeira (1980) não encontrando resultados semelhantes aos de Lordello (1959), atribuíram a causa da doença a *S. bradys*. Logo depois, foi realizado por Moura; Moura (1989) o primeiro relato de *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Schuurmans Stekhoven em material coletado no estado da Paraíba. Posteriormente, foi descrito *P. coffeae* (Zimmermann) Filipjev & Schuurmans Stekhoven em rizóforos de inhame causando os sintomas da casca-preta (MOURA; MONTEIRO, 1995). Assim também, foi

comprovado por Moura; Pedrosa; Guimarães (2001), que a espécie de maior incidência é *P. coffeae*. Relatos como este foram comprovados em pesquisas realizadas por Muniz et al. (2012) no estado de Alagoas.

A sintomatologia da casca-preta se caracteriza por podridão seca, preta ou marrom, que são lesões causadas nos tecidos dos rizóforos, afetando diretamente sua qualidade, provocando uma redução drástica na produtividade (MOURA, 2016). Os primeiros sintomas são de difícil visualização nos rizóforos comerciais, podendo ser apenas observadas internamente pequenas manchas de coloração amarela, vistas logo abaixo da epiderme. Nessa região ainda não é perceptível a necrose no tecido, mas encontram-se os fitonematoides em todos os estádios evolutivos (MOURA, 2016). Conforme Silva et al. (2014) os nematoides normalmente são encontrados na epiderme, não penetrando nos rizóforos além de 1 – 2 cm. No entanto, no período de armazenamento dos rizóforos, esses nematoides têm ação mais agressiva, podendo causar pequenas lesões que são visualizadas com a retirada da casca, e depois de armazenados, as lesões apresentam coloração escura até evoluir para a necrose, prejudicando todo o rizóforo (BRIDGE; COYNE; KWOSEH, 2005).

No Brasil, a casca-preta impossibilita a exportação do inhame, tanto devido às lesões escuras causadas pelos nematoides nos rizóforos, como através da podridão úmida causada pelo fungo *Penicillium sclerotigenum* Yamamoto, doença esta que gera a perda total do rizóforo, por provocar lesões mais profundas decorrentes do mau armazenamento dos rizóforos em galpões (FERRAZ; BROWN, 2016). A disseminação dos patógenos ocorre por meio da comercialização de rizóforos-semente contaminados e solo infestado.

## **2.3 Agentes etiológicos da casca-preta-do-inhame**

### **2.3.1 *Scutellonema bradys* (nematóide do inhame)**

O nematóide *S. bradys* pertence à classe Chromadorea e família Hoplolaimidae é denominado como nematóide do inhame, por sua importância econômica se restringir à cultura do inhame. A espécie tem ampla distribuição geográfica, tendo origem no oeste da África, onde já houve relatos em países tais como Nigéria, Costa do Marfim, Gana, Camarões, Togo e Gâmbia. Também já foi identificada em países da América Central e América do Sul, e ainda nos Estados Unidos e Índia. No Brasil, a espécie já foi identificada na região Nordeste e Sudeste (BRIDGE; STARR, 2007; COYNE et al., 2012; FERRAZ; BROWN, 2016).

Essa espécie quando presente no inhame, parasita seus tecidos subepidérmicos de forma que ocasiona lesões necróticas de diversos formatos e dimensões, além de fornecer um

sabor relativamente amargo. Dessa forma, quando os primeiros danos superficiais são apresentados ainda em campo, os produtores antecipam a colheita dos rizóforos, mesmo não atingindo o tamanho ideal. E ainda assim, os nematoides continuam a se multiplicar intensamente ficando evidente a formação de manchas escuras na casca, que acabam por desqualificar o produto para fins de exportação. Além disso, durante o período de armazenamento dos rizóforos, outros patógenos como o fungo *P. sclerotigenum* podem ocasionar podridão extensiva dos tecidos mais profundos (FERRAZ; BROWN, 2016; COYNE; AFFOKPON, 2018).

Segundo Bridge; Starr, (2007), Ferraz; Brown, (2016) e Kolombia et al., (2017) *S. bradys* apresenta dois tipos de comportamento, sendo ectoparasita, especialmente quando se alimentam de raízes e endoparasita quando atacam inhame. Esse nematoide é vermiforme, com fêmeas e machos medindo aproximadamente 1,2 e 0,9 mm, respectivamente. Com corpo reto a ligeiramente curvado ventralmente, região labial hemisférica e estilete robusto bem desenvolvido. Possuem cauda arredondada e vulva localizada na parte central do corpo. Os órgãos sensoriais são representados por escutelos ou fasmídeos alargados, onde se encontram posicionados próximos ao ânus. Além de apresentar dimorfismo sexual, com fêmeas possuindo disco labial oval e macho no formato quadrado.

O ciclo de vida do *S. bradys* possui em média 16 - 28 dias, composto por todas as fases de formação, desde o ovo, passando por quatro estádios juvenis (J1 a J4) até a fase adulta. A reprodução é realizada por anfigimixia, ocorrendo à presença de machos nas populações. Para a sobrevivência dessa espécie, se faz necessário manter em regiões com condições ambientais favoráveis, embora seja capaz de sobreviver mesmo na ausência do inhame, migrando para outras plantas hospedeiras (KWOSEH; PLOWRIGHT; BRIDGE, 2002; PINHEIRO, 2017). Vale ressaltar que a temperatura adequada para o desenvolvimento das atividades metabólicas do nematoide *S. bradys* é de 24 a 30 °C (FERRAZ; BROWN, 2016).

Apesar de ser conhecido como nematoide do inhame, *S. bradys* já foi relatado infectando mandioquinha-salsa (*Arracacia xanthorrhiza* Banc.), abóbora (*Cucurbita* spp.), caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.], batata-doce [*Ipomoea batatas* (L.) Lam.], gergelim (*Sesamum indicum* L.), guandu [*Cajanus cajan* (L.) Millsp.], quiabo [*Abelmoschus esculentus* (L.) Moench.], tomate (*Solanum lycopersicum* L.), sorgo [*Sorghum bicolor* (L.) Moench.], batata (*Solanum tuberosum* L.), melão (*Cucumis melo* L.) e espécies de plantas daninhas como Tirica [*Cyperus flavus* (Vahl) Kük. ex Herter], Pincel-de-estudante [*Emilia coccínea*

(Sims) Sweet] e Vassourinha-de-botão (*Spermacoce verticillata* L.) (ALMEIDA et al., 2019; PINHEIRO; PEREIRA; MADEIRA, 2016).

### 2.3.2 *Pratylenchus* spp. (nematoides-das-lesões-radiculares)

Pertencente à classe Chromadorea e família Pratylenchidae, o gênero *Pratylenchus*, foi nomeado em 1934 para agrupar diversos gêneros incluídos em outros grupos. Com isso, a primeira espécie descrita na Europa como *Tylenchus pratensis* passou a ser chamada de *P. pratensis* em 1880. Posteriormente, outras espécies migraram para o referido gênero. No Brasil, o gênero *Pratylenchus* foi considerado o segundo nematoide de maior importância agrônômica, permanecendo atrás apenas do gênero *Meloidogyne* (CASTILLO et al., 2012; GONZAGA et al., 2016; FERRAZ; BROWN, 2016). Dentre as espécies descritas no país, se destacam seis, por serem relatadas com maior frequência nas principais culturas de importância econômica. Espécies estas, classificadas como: *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Schuurmans Stekhoven; *P. coffeae* (Zimmermann) Filipjev & Schuurmans Stekhoven; *P. zaei* Grahnan; *P. penetrans* Chitwood & Oteifa; *P. jaehni* Inserra, Duncan, Troccoli, Dunn, dos Santos, Kaplan & Vovlas; e *P. vulnus* Allen & Jensen (GONZAGA et al., 2016; FERRAZ; BROWN, 2016).

As espécies do gênero *Pratylenchus* são conhecidas como os nematoides das lesões radiculares, em virtude de seus sintomas serem em forma de lesões necróticas com tonalidade mais escura e outras mais claras nas raízes de seus hospedeiros, ou até mesmo nos tubérculos e em outros órgãos subterrâneos. Esses nematoides movimentam-se intensamente no parênquima cortical de seus hospedeiros, gerando destruição de numerosas células através da ação mecânica, assim como também reduz os conteúdos citoplásmicos durante sua alimentação, e injetam secreções esofagianas no interior das células acarretando sua morte (JONES et al., 2013; FERRAZ; BROWN, 2016). São endoparasitas migradores, com corpo fusiforme, comprimento variando de 0,3 a 0,9 mm, região labial baixa e esclerotizada, campo lateral geralmente com quatro linhas, sobreposição ventral das glândulas esofagianas sobre o intestino, com fêmeas possuindo vulva localizada no terço posterior do corpo (MAI; MULLIN, 1996; JONES et al., 2013).

O ciclo de vida desse gênero dura em média de três a seis semanas, onde é caracterizado pelas fases de ovo, juvenil (J1 a J4) e adultos (macho ou fêmea), com a primeira ecdise ocorrendo dentro do ovo e todos os estádios móveis serem infectivos. No interior das raízes ou no solo as fêmeas depositam seus ovos isoladamente, dificultando a percepção do número de ovos produzidos. A duração desse ciclo varia de acordo com as espécies e em

função dos fatores climáticos, como temperatura e umidade (JONES et al., 2013; GONZAGA et al., 2016; FERRAZ; BROWN, 2016).

A espécie *P. coffeae* é identificada por possuir região labial com dois anéis, nas fêmeas a vulva está localizada na porção mais anterior do corpo (V= 76-84 %) quando comparado à espécie *P. brachyurus*, e os machos possuem bursa envolvendo toda a cauda, que normalmente é truncada. Além disso, essa espécie é anfimítica, possuindo machos e fêmeas, com maior ocorrência nas culturas de banana (*Musa* spp.), batata, citros (*Citrus* spp.), café (*Coffea* sp.) e inhame. Já a espécie *P. brachyurus* apresenta região labial angulosa com anel da base mais estreito e nódulos basais do estilete massivos e arredondados, e as fêmeas possuem vulva mais posterior (V= 82-89 %). Essa espécie apresenta reprodução por partenogênese, ou seja, os machos são raros e não possuem espermateca funcional contendo espermatozoide. Essa espécie ocorre com frequência nas culturas do abacaxi [*Ananas comosus* (L.) Merrill], algodão (*Gossypium hirsutum* L.), amendoim (*Arachis hypogaea* L.), batata, cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.), inhame e soja (*Glycine max* L.) (FERRAZ; BROWN, 2016; GONZAGA et al., 2016).

A sobrevivência dos nematoides pertencentes ao gênero *Pratylenchus* é favorecida por temperatura entre 24 - 30 °C, entretanto, os limites mínimo e máximo de sobrevivência são de 5 °C e 40 °C, respectivamente. No entanto, quando as condições ambientais não são favoráveis para o desenvolvimento dos nematoides, ocorre o processo de anidrobiose, cujo processo permite a presença do nematoide no solo durante um período superior a um ano. Assim como podem sobreviver na forma de ovo, por um maior período (FERRAZ; BROWN, 2016).

#### **2.4 Manejo da casca-preta-do-inhame**

O manejo de nematoides na cultura do inhame requer a interação de várias medidas de controle, em que se faz necessário analisar desde a área de cultivo dos rizóforos, até sua colheita, sendo os métodos culturais e biológicos os mais recomendados a serem adotados (PINHEIRO; PEREIRA; MADEIRA, 2016). Esses métodos de controle tem a finalidade de reduzir em número satisfatório a população de nematoides, permitindo a redução de danos econômicos trazidos para o produtor. Todavia, os fitonematoides não apresentam manejo de fácil execução, devido às limitações apresentadas pelos métodos mais eficazes (NEVES et al., 2005). Para o controle da casca-preta-do-inhame recomenda-se principalmente as técnicas de exclusão, pois a utilização de rizóforos sadios em áreas livres de nematoide torna-se uma das medidas mais eficazes para evitar os danos oriundos do patógeno na cultura do inhame. No

entanto, esse método torna-se cada vez mais difícil de executar, devido às inúmeras limitações deparadas na obtenção de material propagativo isento dos patógenos (ANDRADE et al., 2010).

Durante muito tempo, a medida de controle utilizada para minimizar a densidade populacional de fitonematoides foi a utilização de nematicidas, devido à facilidade de aplicação e à eficiência nos resultados esperados. Porém, esse método de controle entrou em desuso por apresentar fitotoxicidade, efeitos residuais, espectro de ação e resistência pelo patógeno. Devido a isso, diversas medidas alternativas de controle e economicamente viáveis, como a utilização de bionematicidas, extratos vegetais, tortas e óleos essenciais, vem sendo analisadas e desenvolvidas (BARBOSA et al., 2010; SILVA, 2011). Além disso, de acordo com o Agrofite (2019) no Brasil não existem registros de nematicidas para a cultura do inhame.

O manejo cultural através da rotação de cultura, destruição de restos culturais, pousio, adubação, plantas antagonistas, matéria orgânica e utilização de material não contaminado pelos fitonematoides podem ser medidas recomendadas (AMUSA et al., 2003; BAIMEY, 2005). A utilização de plantas antagonistas, como a *Crotalaria juncea* L., cravo-de-defunto (*Tagetes patula* L., *T. minuta* L., *T. erecta* L.) e mucuna [*Mucuna pruriens* (L.) DC.] são indicadas para áreas que apresentam solo infestado (MOURA, 2016; PINHEIRO; PEREIRA; MADEIRA, 2016). Segundo Claudius-Cole; Asiedu; Fawole (2016) as espécies *Aeschynomene histrix* L., *T. erecta*, *Stylosanthes guianensis* (Aubl.) Sw., *M. pruriens* e *Pueraria phaseoloides* (Roxb.) Benth., quando utilizadas no manejo de *S. bradys* apresentaram elevada ação contra o nematoide.

O controle biológico de fitonematoides torna-se a cada dia mais explorado, por ser uma opção ecologicamente desejável, permitindo a utilização de microrganismos presentes no solo, principalmente os fungos e as bactérias. Esses patógenos tem a capacidade de parasitar ovos, juvenis e até mesmo alguns adultos de nematoides parasitas de plantas (FERRAZ et al., 2010; CRAWFORD; CLARDY, 2011). De acordo com Almeida (2019), a espécie *P. coffeae* apresentou densidade populacional reduzida na cultura de inhame quando se utilizou produto à base de *Purpureocillium lilacinum* (Thom) Samson (Lilacel®), evidenciando que o produto pode ser recomendado aos produtores para o manejo da casca-preta-do-inhame.

#### **2.4.1 Controle alternativo com extrato vegetal**

Diversos pesquisadores no Brasil e no mundo vem estudando a possibilidade de controle de fitonematoides por meio da utilização de extratos vegetais oriundos de várias

espécies de plantas com propriedades nematicidas ou nematostáticas (GARDIANO et al., 2011; VAN DESSEL et al., 2011; MATEUS et al., 2014; KUHN et al., 2015; MARTINS; SANTOS, 2016; FONSECA et al., 2017). Esses extratos são elaborados por plantas que possuem mais de 100.000 substâncias naturais, denominadas de metabólitos secundários, que são sintetizados pelas plantas para desempenharem atividades de proteção contra patógenos e atração de polinizadores (TAIZ, ZEIGER, 2004; COELHO; DE PAULA; ESPÍNDOLA, 2006; FERRAZ; BROWN, 2016).

Dentre os principais metabólitos destacam-se os terpenos, os compostos fenólicos e os alcaloides (VIZZOTTO; KROLOW; WEBER, 2010). Em trabalho realizado por Lima et al. (2019) foi constatado que os metabólitos secundários como taninos flobafenos, flavonas, flavonóis, xantonas, flavononois, catequinas, flavononas, triterpenoides e saponinas apresentam eficiência quanto à imobilidade e mortalidade de fitonematoides. Após a descoberta dos metabólitos e componentes químicos presentes em diversas espécies de plantas, estudos passaram a ser realizados visando o controle dos fitonematoides através das propriedades nematicidas presentes nos extratos vegetais (FERRIS; ZENG, 1999; CHITWOOD, 2002). Dessa forma, Ferraz et al. (2010) constatou que as espécies *M. prurienses* (mucuna), *Tagetes* spp. (cravo-de-defunto), *Crotalaria* spp., *Azadirachta indica* A. Juss (nim), *Ricinus communis* L. (mamona), espécies pertencentes as famílias Poaceae e Brassicaceae, e algumas plantas com características medicinais apresentam efeito nematicida controlando de forma significativa os fitonematoides.

Além disso, as espécies pertencentes à família Annonaceae que abrange cerca de 2.500 indivíduos distribuídos em aproximadamente 135 gêneros, também tem grande atividade nematicida, sendo o gênero *Annona* o de maior destaque, em especial *A. squamosa* (pinha), *A. muricata* L. (graviola) e *A. crassiflora* Mart. (araticum) (CHATROU et al., 2012; DUTRA et al., 2012).

#### **2.4.1.1 *Annona squamosa***

*Annona squamosa* pertencente à ordem Magnoliales e família Annonaceae conhecida popularmente como pinha, fruta-do-conde ou ata, teve origem nas Antilhas, sendo disseminada posteriormente por quase todos os continentes. No Brasil, especialmente na Bahia, foi introduzida em 1626 através do Conde de Miranda que cultivou o primeiro exemplar da espécie. No entanto, apenas em meados do século XX o cultivo da espécie passou a ocorrer com maior frequência, ganhando espaço nos comércios frutíferos, tornando

os estados da Bahia, Alagoas, Pernambuco, São Paulo e Ceará os principais produtores de pinha no Brasil (BRITO et al., 2008; LEMOS, 2014).

Essa espécie possui árvores de porte baixo com aproximadamente quatro a seis metros de altura, apresentando folhas lanceoladas, decíduas, com lâminas foliares do tipo oblongo-elípticas, de ápice obtuso ou acuminado, possuindo coloração verde-brilhante na face adaxial e verde azulada na face abaxial (MANICA, 2003). Seus frutos são do tipo sincarpo de forma arredondada, ovoide, esférica ou cordiforme, onde se destacam por possuir muitos carpelos achatados originando em torno de 68 sementes por fruto, frutos estes com polpa branca e doce composta por sais minerais e vitaminas (FERREIRA, 1997; CORDEIRO, PINTO, RAMOS, 2000).

A pinheira além de possuir alto potencial frutífero, também se destaca na área farmacológica por possuir em suas folhas propriedades antiespasmódica, antitumoral e anti-helmíntica, assim como também por apresentar em suas raízes, folhas, frutos e sementes compostos químicos como acetogeninas, diterpenos, óleos essenciais, saponinas e alcaloides que são utilizados na elaboração de diversos produtos com a finalidade de controlar doenças e pragas (CORDEIRO; PINTO; RAMOS, 2000; KUMAR et al., 2005).

Conforme Dang et al. (2011) o extrato metanólico de sementes de *A. squamosa* proporcionou atividade nematicida sobre as espécies *Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood e *Bursaphelenchus xylophilus* (Steiner & Buhner) Nickle, devido à presença de substâncias como a squamocina G, pertencente à classe das acetogeninas de anonáceas, referidas na literatura como compostos de alta atividade nematicida. Do mesmo modo, Lima et al. (2019) constataram que o extrato aquoso de *A. squamosa* quando utilizado em estudos *in vitro* exibiu efeito nematostático e nematicida sobre a espécie *S. bradys*.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação e laboratório de Fitonematologia do Centro de Ciências Agrárias (CECA) da Universidade Federal de Alagoas (UFAL), no município de Rio Largo – AL, localizada aproximadamente a 09°28'02'' de latitude Sul e 35°49'43" de longitude Oeste. Foram realizados dois experimentos, o primeiro durante o período de 07 de março a 09 de setembro de 2019 e, o segundo, entre 28 de março e 29 de outubro de 2019.

Para a instalação dos experimentos foram utilizados rizóforos-semente de inhame sadios provenientes do município de Quebrangulo – AL, apresentando massa variando de 80 a 191g. Esses rizóforos foram plantados em vasos com capacidade de oito litros, contendo solo previamente esterilizado, mantidos em casa de vegetação. O inóculo utilizado nos experimentos foi obtido de cascas de rizóforos de inhame com sintomas de casca-preta adquiridos no município de União dos Palmares – AL, onde foram trituradas em liquidificador com água, seguido pelo peneiramento e centrifugadas em solução de sacarose conforme a técnica de Coolen & D'Herde (1972). A identificação e quantificação dos nematoides foi realizada em lâminas de Peters sob microscópio de luz com objetiva invertida, observando-se os caracteres morfológicos, segundo Mai; Mullin (1996) e Gonzaga et al. (2016).

O extrato vegetal de pinha foi produzido a partir de folhas coletadas no CECA/UFAL. O material vegetal foi acondicionado em sacos de papel tipo Kraft, e em seguida, levado para estufa com circulação de ar, por 72 horas, a uma temperatura de 60° C para a secagem. Posteriormente, o material foi depositado em moinho elétrico “de facas”, para a aquisição de um pó fino, o qual foi colocado em recipientes fechados, envoltos por papel alumínio. Para o preparo desse extrato, foram adicionados 10 mL de água destilada para cada grama do material vegetal e deixado em repouso por 24 horas, conforme Ferris; Zheng (1999). Após o tempo determinado, houve a filtragem do extrato em tecido *voil*.

As plantas de inhame foram inoculadas 30 dias após o plantio, com suspensão de 1.000 espécimes, constituída por uma população mista de *S.bradys* (97%) e *Pratylenchus* sp. (3%) no experimento I, e no experimento II, *S.bradys* (95%) e *Pratylenchus* sp. (5%). O inóculo foi distribuído em dois orifícios, de aproximadamente dois centímetros de profundidade, abertos em torno de cada planta. Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 5 x 2 + 2, com sete repetições, sendo utilizadas cinco concentrações de extrato de pinha (1,0; 2,0; 3,0; 4,0 e 5,0 %), conforme

Santos Filho (2019), dois períodos de aplicação (30 e 60 dias após a inoculação), mais o controle negativo (água) e o controle positivo (Benfuracarbe - Pottente<sup>®</sup>), onde a aplicação do extrato de pinha foi equivalente a 100 mL por planta nos períodos determinados.

Seis meses após o plantio, o sistema radicular e 100 cm<sup>3</sup> de solo homogeneizado foram coletados e levados para laboratório de Fitonematologia para análise. Os sistemas radiculares de todas as amostras foram lavados com água corrente, pesados em balança digital e, posteriormente, processados e centrifugados em solução de sacarose segundo Coolen & D'Herde (1972), enquanto para as amostras de solo foram empregadas a técnica de flotação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins, 1964). Após a extração, os nematoides foram mortos e fixados em formaldeído a 4 % aquecido e quantificados em microscópio de luz com objetiva invertida e com aumento de 100x, utilizando-se alíquotas de 1 mL em lâminas de Peters.

A partir do número de nematoides quantificado nas raízes e no solo, foi calculado o fator de reprodução ( $FR = \text{população final (raiz + solo)} / \text{população inicial}$ ) dos nematoides em cada repetição (OOSTENBRINK, 1966). Os dados referentes à população final no solo e fator de reprodução foram transformados para  $\sqrt{x+1}$ , já os dados da população final da raiz e população final total foram transformados para  $\log x+1$ , e submetidos à análise de variância (teste F). Efetuaram-se análises de regressão entre número de nematoides em raízes e solo, população total e fator de reprodução como variáveis dependentes das concentrações do extrato, adotando-se como critérios para a escolha do modelo raiz-quadrático, o maior coeficiente de determinação ajustado e a significância dos coeficientes da regressão testados pelo teste F a 1 % de probabilidade. As análises estatísticas foram realizadas pelos programas SAEG 5.2 e por Fcalc 1.2 (MOURA FILHO; CRUZ, 2000).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância evidenciou diferença significativa, nos dois experimentos, entre as diferentes concentrações do extrato de pinha sobre as densidades populacionais dos fitonematoides. Entretanto, o mesmo não foi observado para o efeito dos tempos de aplicações utilizados. Dessa forma, realizou-se apenas a análise de regressão para o efeito das diferentes concentrações do extrato de pinha sobre as densidades populacionais e fator de reprodução dos nematoides causadores da casca-preta-do-inhame.

De maneira geral, verificou-se, para todas as variáveis analisadas nos dois experimentos, que houve redução das densidades populacionais dos nematoides com o aumento das concentrações do extrato de pinha, evidenciando efeito nematicida do produto sobre os fitonematoides.

Com relação à densidade populacional final no solo (Figuras 1A e 2A), observa-se, nos dois experimentos, redução da população dos nematoides com o aumento das concentrações do extrato de pinha, sendo que as de 3,0; 4,0; 5,0% foram mais eficazes, com 11, 10 e 9 nematoides /100 cm<sup>3</sup> de solo (experimento I) e 14, 12, 9 nematoides /100 cm<sup>3</sup> de solo (experimento II), respectivamente, comparado ao controle negativo (água), que apresentou 114 e 126 nematoides /100 cm<sup>3</sup> de solo, nos dois experimentos, respectivamente. Já o nematicida químico (Benfuracarbe - Pottente<sup>®</sup>) causou mortalidade em 100% dos nematoides presentes nas amostras de solo do primeiro experimento, enquanto no segundo experimento mesmo com a aplicação do nematicida, houve uma população de 6 nematoides / 100 cm<sup>3</sup> de solo (Figuras 1A e 2A).

Para a variável população final da raiz (Figuras 1B e 2B), verificou-se uma redução na população final de nematoides presentes na raiz de acordo com o aumento da concentração do extrato utilizado. No entanto, a partir da concentração de 3,0% a redução foi menos acentuada, principalmente quando comparada com as concentrações de 1,0 e 2,0% nos dois experimentos. Importante salientar que a concentração de 5,0 % ficou muito próxima do observado no tratamento com o nematicida químico, comprovando o efeito nematicida do extrato de pinha.

O extrato de pinha proporcionou uma diminuição da população final total de *S.bradys* e *Pratylenchus coffeae*, em ambos os experimentos (Figuras 1C e 2C). No experimento I, houve uma redução de mais de 80 % da população de nematoides quando utilizado a concentração de 1,0 % (101 nematoides), se comparado ao controle negativo (669 nematoides). O efeito nematicida do extrato foi ainda maior nas concentrações de 2,0 e 3,0%,

nas quais se observou uma redução para 62 e 47 nematoides, respectivamente. Resultados semelhantes foram observados no experimento II, onde observa-se que na concentração de 1,0% houve uma redução da população de nematoides em mais de 80 % (119 nematoides), se comparado ao controle negativo (833 nematoides). Reduções ainda maiores foram verificadas com o aumento das concentrações do extrato, destacando-se as concentrações de 3,0; 4,0; e 5,0%.

Com relação ao fator de reprodução observado nos experimentos I e II (Figuras 1D e 2D), nota-se que o extrato de pinha ocasionou redução no fator de reprodução dos fitonematoídes, indicando a eficiência do extrato para o manejo dos nematoides causadores da casca-preta-do-inhame. No primeiro experimento, observa-se, na concentração de 1,0%, que houve redução significativa quando comparado ao valor do controle negativo. A redução foi ainda mais acentuada na concentração de 2,0%, com fator de reprodução equivalente a 0,06, tornando-se constante para as demais concentrações. Já a concentração de 5,0% apresentou o resultado mais próximo ao obtido com o nematicida químico. Esses resultados foram semelhantes aos obtidos no experimento II, onde na concentração de 1,0 % observou-se uma redução significativa com valor equivalente a 0,12, comparando-o com ao controle negativo que apresentou fator de reprodução igual a 0,83. Pode-se observar também, que as maiores concentrações (4,0 e 5,0 %) apresentaram resultados muito próximos dos encontrados com o nematicida químico.

Corroborando os resultados obtidos no presente trabalho, Lima et al. (2019), estudando o efeito nematicida do extrato de *A. squamosa*, constataram que o extrato elaborado com essa espécie apresentou atividade nematicida e nematostática sobre *S. bradys*, com percentuais de imobilidade e mortalidade equivalentes a 79,80 % e 40,68 %, respectivamente.

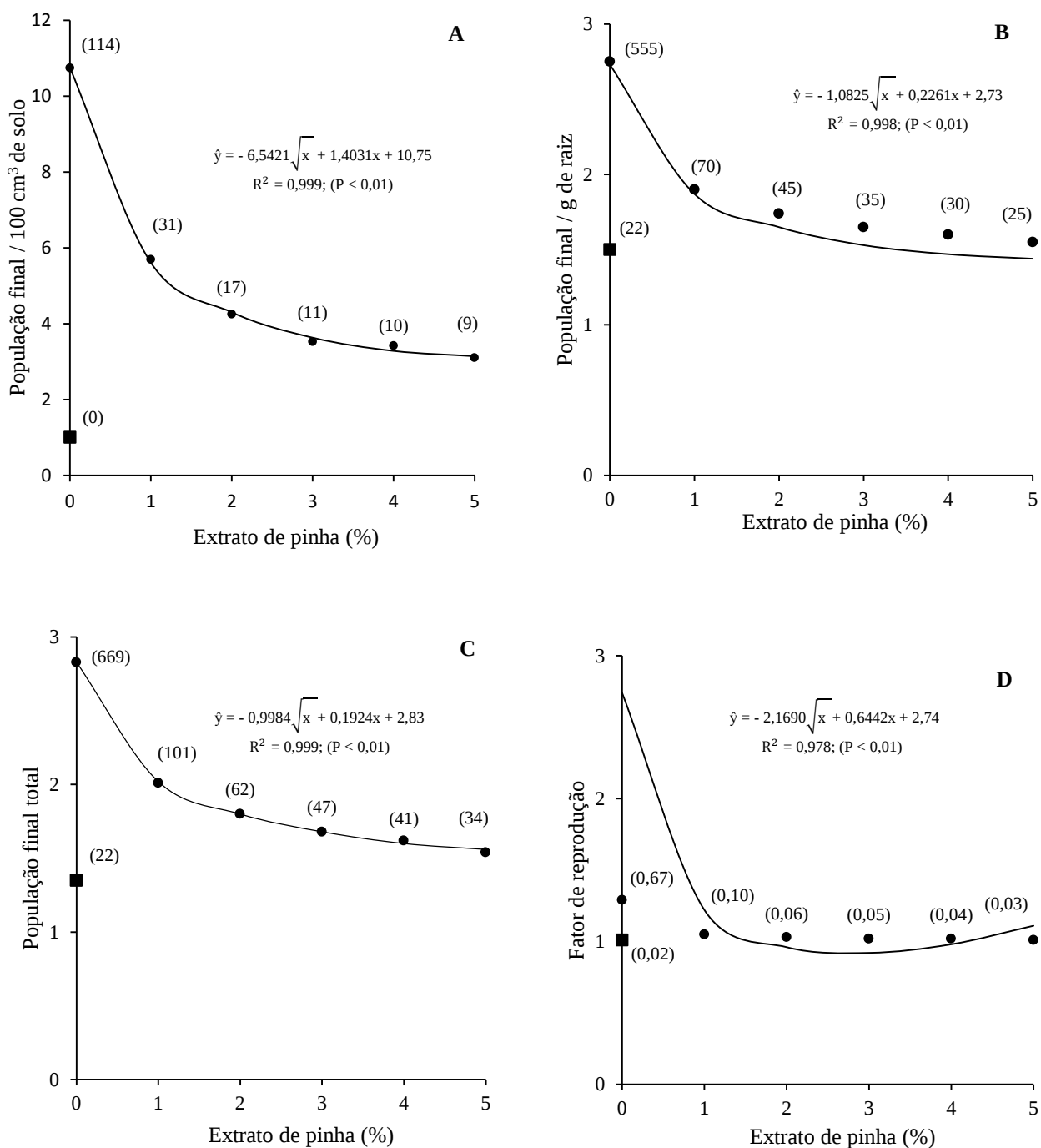
Além disso, outras pesquisas mostraram a eficiência do extrato de *A. squamosa* sobre outros nematoides. Fernandes et al. (2009) verificaram que o extrato aquoso das folhas de *A. squamosa* apresentaram atividade anti-helmíntica, causando 100 % de mortalidade sobre o nematoíde de aves *Ascaridia galli*, quando testado *in vitro* e *in vivo*. Já Dang et al. (2011), em experimentos *in vitro*, observaram atividade nematicida sobre os fitonematoídes *Bursaphelenchus xylophilus* e *M. incognita*, quando utilizaram extrato metanólico extraído de sementes *A. squamosa*. Nesse mesmo sentido, Sachan et al. (2015) observaram em estudos *in vitro* que o extrato metanólico de *A. squamosa* foi altamente eficaz contra nematoides gastrointestinais de caprinos, pois ocasionaram a inibição da eclosão de seus ovos. Paz Filho (2019) observou que a aplicação do extrato aquoso de folhas de *A. squamosa* em diferentes

concentrações, reduziu a população dos fitonematoídes *Radopholus similis*, *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. e *Pratylenchus* sp. presentes em mudas de bananeira.

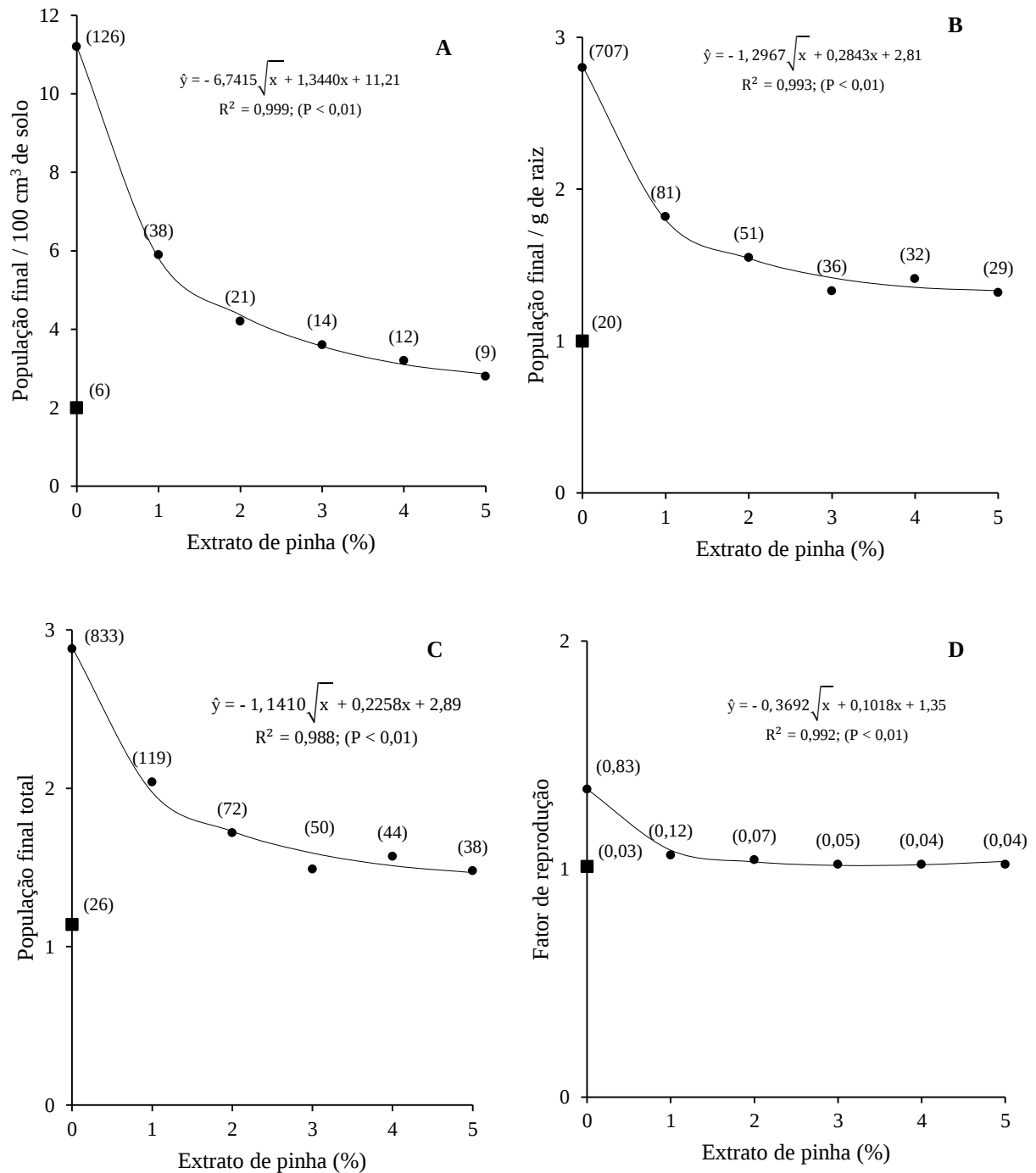
Fica evidente, por meio dos resultados obtidos no presente trabalho, que a utilização de extratos aquosos de *A. squamosa* pode ser considerada uma alternativa para o manejo da casca-preta-do-inhame, indicando-se a concentração de 3,0% como a mais eficiente, em virtude das maiores concentrações apresentarem redução menos acentuada da densidade populacional dos nematoídes, quando comparadas com as menores concentrações do referido extrato. Entretanto, vale salientar que não foram encontrados, na literatura, estudos envolvendo o uso do extrato de pinha em cultivos de inhames naturalmente infectados pelos nematoídes causadores da casca-preta. Trabalhos realizados em condições de campo são necessários para validar os resultados obtidos no presente trabalho.

**Figura 1.** Efeito do extrato de pinha sobre a densidade populacional e fator de reprodução dos nematoides causadores da casca-preta-do-inhame, no experimento I. A = População Final no Solo; B = População Final na Raiz; C = População Final Total; D = Fator de Reprodução.

■ Nematicida químico (Benfuracarbe - Pottente®). Análise de variância com dados transformados em  $\sqrt{x+1}$  ou Log (x + 1).



**Figura 2.** Efeito do extrato de pinha sobre a densidade populacional e fator de reprodução dos nematoides causadores da casca-preta-do-inhame, no experimento II. A = População Final no Solo; B = População Final na Raiz; C = População Final Total; D = Fator de Reprodução. ■ Nematicida químico (Benfuracarbe - Pottente®). Análise de variância com dados transformados em  $\sqrt{x+1}$  ou Log (x + 1).



## 5 CONCLUSÃO

O extrato aquoso de folhas de *A. squamosa* apresenta efeito nematicida, mostrando-se eficiente no manejo das populações dos nematoides *S. bradys* e *Pratylenchus* spp. causadores da casca-preta-do-inhame, em condição de casa de vegetação.

A concentração de 3,0 % do extrato de pinha pode ser indicada no manejo dos fitonematoides causadores da casca-preta-do-inhame.

Os tempos de aplicações do extrato de pinha não interferem na redução das populações dos nematoides e na eficácia do extrato de pinha sobre os nematoides causadores da casca-preta-do-inhame.

## REFERÊNCIAS

AGROFIT. Disponível em: <<http://www.agrofit.com.br/novoportal>>. Acesso em: 26 de jul. 2019.

ALMEIDA, A. V. D. L. **Manejo da casca-preta-do-inhame com hipoclorito de sódio e *Purpureocillium lilacinum* e associação dos nematoides causadores da doença com plantas daninhas**. 2019. Tese (Doutorado em Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.

ALMEIDA et al. *Scutellonema bradys* and *Pratylenchus* spp. associated with weeds in yam fields. **Nematology**, v. 21, n.8, p. 805-811, 2019.

AMUSA, N. A. et al. Yam diseases and its management in Nigeria. **African Journal of Biotechnology**, v. 2, p. 497-502, 2003.

ANDRADE, D. E. G. T. et al. Manejo alternativo da casca-preta e da queima das folhas do inhame. **Anais da Academia Pernambucana de Ciência Agronômica**, v. 7, p. 209-223, 2010.

ANDRÁSSY, I. *Hoplolaimus tylenchiformis* Daday, 1905 (syn. *H. coronatus* Cobb, 1923) und die gattungen der unterfamilie Hoplolaiminae Filipjev, 1936. **Nematologica**, v. 3, p. 44-46, 1958.

BAIMEY, H. K. ***Scutellonema bradys* as a pathogen of yam in Benin**. Faculty of Natural and Agricultural Science, University of Pretoria, Pretoria, 146 p., 2005.

BARBOSA, L. F. et al. Uso de produtos alternativos no controle de nematoides na cultura do inhame (*Dioscorea* sp.). **Revista Raízes e Amidos Tropicais**, v. 6, p. 241-247, 2010.

BRIDGE, J.; COYNE, D. L.; KWOSEH, C. K. Nematode parasites of tropical root and tuber crops (excluding potatoes). In: LUC. M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: UK, 2005. p. 221-258.

BRIDGE, J.; STARR, J. L. Plant nematodes of agricultural importance – a color handbook. In: BRIDGE, J.; STARR, J. L. **Yams (*Dioscorea* spp.)**. London: Academic Press, 2007. p. 79-83.

BRITO, C. H. et al. Avaliação de produtos alternativos e pesticidas no controle da cochonilha-do-carmim na Paraíba. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 8, n. 2, p. 1-5, 2008.

CASTILLO, P. et al. Pratylenchidae – the lesion nematodes. In: MANZANILLA-LÓPEZ, R. H.; MARBÁN-MENDOZA, N. **Practical Plant Nematology**. Montecillo, Colegio de Postgraduados, 2012. p. 411- 478.

CHATROU, L. W. et al. A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant Family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. **Botanical Journal of the Linnean Society**, v. 169, p. 5-40, 2012.

CHITWOOD, D. J. Phytochemical based strategies for nematode control. **Annual Review of Phytopathology**, v. 40, p. 221-249, 2002.

CLAUDIUS-COLE, A. O.; ASIEDU, R.; FAWOLE, B. Tropical cover crops for the management of the yam nematode, *Scutellonema bradys*. **International Journal of Pest Management**, v. 62, n. 1, p. 85-91, 2016.

COELHO, A. A. M.; DE PAULA, J. E.; ESPÍNDOLA, L. S. Insecticidal Activity of Cerrado Plant Extracts on *Rhodnius milesi* Carvalho, Rocha, Galvão & Jurberg (Hemiptera: Reduviidae), under Laboratory Conditions. **Neotropical Entomology**, v. 35, n.1, p. 133-138. 2006.

COOLEN, W. A.; D'HERDE C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Agricultural Research Center, 77p, 1972.

CORDEIRO, M. C. R.; PINTO, A. C. Q.; RAMOS, V. H. V. **O cultivo da pinha, fruta-do-conde ou ata no Brasil**. (Circular Técnica, 9). Planaltina: Embrapa Cerrados, 52p, 2000.

COYNE, D.; AFFOKPON, A. Nematodes parasites of tropical root and tuber crops (excluding potatoes). In: SIKORA, R. A., COYNE, D., HALLMANN J.; TIMPER, P. (Eds). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. 3rd ed., Wallingford, UK, CAB International, 2018. p. 252-289.

COYNE, D. et al. Comparison of pathogenicity of geographically separate populations of *Scutellonema bradys* on yam (*Dioscorea* spp.) in west Africa. **Nematropica**, v. 42, n. 2, p. 181-190, 2012.

CRAWFORD, J. M.; CLARDY, J. Bacterial symbionts and natural products. **Chemical Communications**, v. 47, n. 27, p. 7559-7566, 2011.

DANG, Q. L. et al. Nematicidal and antifungal activities of annonaceous acetogenins from *Annona squamosa* against various plant pathogens. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 59, n. 20, p. 11160-11167, 2011.

DUTRA, L. M. et al. Chemical constituents from the leaves of *Annona pickelii* (Annonaceae). **Biochemical Systematics and Ecology**, v. 41, p. 115-118, 2012.

FAOSTAT (2018). Food and agriculture organisation of the United Nation. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>>. Acesso em: 19 de abr. 2020.

FERNANDES, M. Z. L. C. M. et al. Efeito anti-helmíntico dos extratos aquoso e etanólico da *Annona squamosa*, L. (fruta-do-conde) sobre o nematoide *Ascaridia galli*. **Revista Brasileira de Plantas Mediciniais**, v. 11, n.2, p. 124-129, 2009.

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

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoides**. 1 ed., Viçosa: Editora UFV, 2010. 306p.

FERREIRA, F. R. Germoplasma de Annonáceas. In: SÃO JOSÉ, A. R.; VILAS BOAS, I.; MORAIS, O. M.; REBOUÇAS, T. N. H., ed. **Anonáceas: produção e mercado** (pinha, graviola, atemóia e cherimóia). Vitória da Conquista: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, p. 36-41, 1997.

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.

FONSECA, W. L. et al. Bioactivity of aqueous extracts of *Anadenanthera macrocarpa* to *Meloidogyne incognita* in cotton crops. **Australian Journal of Crop Science**, v. 11, n. 2, p. 156-161, 2017.

GARDIANO, C.G et al. Efeito de extratos aquosos de espécies vegetais sobre a multiplicação de *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira. **Arquivos do Instituto Biológico**, v.78, n.4, p.553-556, 2011.

GONZAGA, V. et al. Gênero *Pratylenchus*. In: OLIVEIRA, C. M. G.; SANTOS, M. A.; CASTRO, L. H. S. **Diagnose de Fitonematoides**. Campinas, SP: Millennium Editora, p. 71 - 98, 2016.

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

JONES, J. T. et al. Top ten plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. **Molecular Plant Pathology**, v. 14, n. 9, p. 946 - 961, 2013.

KOLOMBIA, Y. A. et al. Morphological and molecular characterisation of *Scutellonema* species from yam (*Dioscorea* spp.) and a key to the species of the genus. **Nematology**, v. 19, n. 7, p. 1-37, 2017.

KUHN, P.R. et al. Extratos aquosos de plantas daninhas, aromáticas e oleaginosas no controle de *Meloidogyne incognita*. **Nematropica**, v. 45, n. 2, p. 150, 2015.

KUMAR, C. D.; RAJENDRAN, K.; LOBO, R.; SHIWAIKAR, A. An identity based pharmacognostical profile of folium *Annona squamosa*. **Natural Product Science**, v. 11, n.4, p. 213-219, 2005.

KWOSEH, C.; PLOWRIGHT, R. A.; BRIDGE, J. The yam nematode: *Scutellonema bradys*. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CAB International, 2002. p. 221-228.

LEMOS, E. E. P. A produção de anonáceas no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. v. 36, p. 77-85, 2014.

LIMA, R. S. et al. Extratos aquosos de *Annona* spp. e *Croton heliotropiifolius* sobre *Scutellonema bradys* e prospecção química dos compostos. **Summa Phytopathologica**, v. 45, n. 2, p. 223-224, 2019.

LORDELLO, L. G. E. A nematosis of yam in Pernambuco, Brazil, caused by a new species of the genus *Scutellonema*. **Revista Brasileira de Biologia**, v. 19, p. 35-41, 1959.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. 5th ed. New York: Cornell University, p. 277, 1996.

MANICA, I. Taxonomia, morfologia e anatomia. In: MANICA, I. et al. **Frutas anonáceas: ata ou pinha, atemoia, cherimóia e graviola. Tecnologia de produção, pós-colheita e mercado**. Porto Alegre: Cinco Continentes, 2003. p. 23-26.

MARTINS, M.C.B.; SANTOS, C. D. G. Ação de extratos de plantas medicinais sobre juvenis de *Meloidogyne incognita* raça 2. **Revista Ciência Agronômica**, v. 47, n. 1, p. 135-142, 2016.

MATEUS, M.A.F. et al. Extratos aquosos de plantas medicinais no controle de *Meloidogyne incognita* (Kofoed e White, 1919) Chitwood, 1949. **Bioscience Journal**, v. 30, n. 3, p. 730-736, 2014.

MESQUITA, A. S. Inhame na Bahia: a produção no caminho da competitividade. **Bahia Agrícola**, v. 4, n. 2, p. 39-48, 2001.

MESQUITA, A. S. Inhame e taro: Cenário internacional, brasileiro e baiano. **Bahia Agrícola**, v. 5, n. 2, p. 54-64. 2002.

MORAIS, L. A. S.; GONÇALVES, G. G.; BETTIOL, W. Óleos essenciais no controle de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Planta**, v.17, p. 257-304, 2009.

MOURA FILHO, G.; CRUZ, C. D. **Fcalc for Windows v.1.2: Programa para cálculo do F corrigido em análises de regressão**: Teste dos coeficientes. Viçosa: UFV, 2000. Software.

MOURA, R. M. Doenças do Inhame-da-Costa. In: AMORIM, L. et al. **Manual de Fitopatologia**: doenças das plantas cultivadas. 5 ed. Ouro Fino - MG: Agronômica Ceres, 2016. v. 2, p. 477-483.

MOURA, R. M.; MOURA, A. M. Ocorrência da pratilencose do inhame no Estado da Paraíba. **Nematologia Brasileira**, v. 13, p. 51-58, 1989.

MOURA, R. M.; MONTEIRO, A. R. *Pratylenchus coffeae* on yams in Brazil. **Fitopatologia Brasileira**, v.20, p. 256, 1995.

MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; GUIMARÃES, L. M. P. Novos dados sobre a etiologia da casca-preta do inhame no Nordeste do Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 25, p. 235-237, 2001.

MOURA, R. M.; TEIXEIRA, L. M. S. Aspectos morfológicos de *Scutellonema bradys* (Steiner & LeHew, 1933) Andrássey, 1958 (Nematoda: Hoplolaiminae). **Fitopatologia Brasileira**, v. 5, p. 359-367, 1980.

MUNIZ, M. F. S. et al. Intensity of dry rot disease of yam in the state of Alagoas, Brazil. **Nematropica**, v. 42, n.2, p. 198-200, 2012.

NASCIMENTO, W. F. et al. Distribution, management and diversity of the endangered Ameridian yam (*Dioscorea trifida* L.). **Brazilian Journal of Biology**, v. 75, n.1, p. 104-113, 2015.

NEVES, W. S. et al. Atividade de extratos de alho (*Allium sativum*), mostarda (*Brassica campestris*) e pimenta malagueta (*Capsicum frutescens*) sobre eclosão de juvenis de *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, v. 29, n.2, p. 273-278, 2005.

NOBRE, S. A força da cultura do inhame em Alagoas. 2012. Disponível em: <[http://www.sebrae.com.br/uf/alagoas/areas-de-atuacao/agronegocios/cultura-doinhame/integra\\_bia/ident\\_unico/4140](http://www.sebrae.com.br/uf/alagoas/areas-de-atuacao/agronegocios/cultura-doinhame/integra_bia/ident_unico/4140)>. Acessado em: 24 de novembro de 2018.

NORONHA, M. A. Principais doenças do inhame (*Dioscorea cayenensis*) nos Tabuleiros Costeiros do Nordeste. **Comunicado Técnico**, Embrapa Tabuleiros Costeiros, Aracaju, SE. 2014.

OOSTENBRINK, M. **Major characteristics of the relation between nematodes and plants**. Wageningen: Mededelingen Landbouwhogee School, 46 p., 1966.

PAZ FILHO, E. R. **Purpureocillium lilacinum (Lilacel®) e extratos aquosos de Azadirachta indica e de Annona spp. no tratamento de mudas de bananeira infectadas por nematoides**. 2019. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo, 2019.

PERESSIN, V. A.; FELTRAN, J. C. Inhame. In: AGUIAR, A. T.E.; GONÇALVES, C.; PATERNIANI, M. E. A. G. Z.; TUCCI, M. L. S. A.; CASTRO, C. E. F. **Instruções agrícolas para as principais culturas econômicas**. 7 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 2014. 452 p.

PINHEIRO, J. B. **Nematoides em hortaliças**. Embrapa, Brasília – DF, 194 p., 2017.

PINHEIRO, J. B.; PEREIRA, R. B.; MADEIRA, N. R. **Manejo de nematoides na cultura do inhame-cará (Dioscorea spp.)**. (Circular Técnica). Embrapa, Brasília, DF. 2016.

SACHAN, A. et al. In vitro ovicidal assessment of methanol, ethyl acetate and chloroform extracts of *Annona squamosa* and *Chenopodium album* against caprine gastrointestinal nematodiosis. **Journal of Parasitic Diseases**, v. 39, n.1, p.62-66, 2015.

SANTOS, E. S. et al. **Cultivo do inhame em base agroecológica**. EMEPA: João Pessoa - PB, 60 p., 2012.

SANTOS, E. S. et al. Inhame (*Dioscorea* sp.): tecnologias de produção e preservação ambiental. **Tecnologia e Ciência Agropecuária**, v. 1, n. 1, p. 31-36, 2007.

SANTOS, E. S. et al. **Inhame e preservação ambiental**. João Pessoa – PB, Embrapa, Emepa. 2006.

SANTOS FILHO, L. C. **Efeito de extratos de *Croton* spp. sobre *Scutellonema bradys* e *Pratylenchus* sp. e caracterização fitoquímica de extratos de *C. heliotropiifolius***. 2019. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2019.

SILVA, G. S. Métodos alternativos de controle de fitonematoides. **Revisão Anual de Patologia de Plantas – RAPP**, v. 19, p. 81-152, 2011.

SILVA, L. R. G. et al. Spatially structured morphological and molecular diversity among *Dioscorea cayenensis* and *D. rotundata* yam accessions. **Plant Genetics**, v. 13, p. 2766-2771, 2016.

SILVA, L. R. G. et al. Isolation and characterization of microsatellites for the yam *Dioscorea cayenensis* (Dioscoreaceae) and cross-amplification in *D. rotundata*. **Genetics and Molecular Research**, v. 13, n. 2, p. 2766-2771, 2014.

SIQUEIRA, M. V. B. M. Inhame (*Dioscorea* spp): uma cultura ainda negligenciada. **Horticultura Brasileira**, v. 27, n. 2, p. 4075-4090, 2009.

STANGARLIN, J.R.; KUHN, O.J.; SCHWAN-ESTRADA, K.R.F. Controle de doenças de plantas por extratos de origem vegetal. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.16, p.265-304, 2008.

STEINER, G. A nematosis of yams caused by a new species of *Hoplolaimus*. **Plant Disease Reporter**, v. 15, 121 p., 1931.

STEINER, G.; LEHEW, R. R. *Hoplolaimus bradys* n. sp. (Tylenchidae, Nematodes), the cause of a disease of yam (*Dioscorea* sp.). **Zoologischer Anzeiger**, v. 101, p. 260-264, 1933.

TAIZ, L. Metabolismo secundário e defesa vegetal. In: TAIZ, L.; ZEIGER, E. (Ed.). **Fisiologia Vegetal**. 3. ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. p. 309-332.

VAN DESSEL, P. et al. In vitro nematocidal effect of endophytic *Fusarium oxysporum* against *Radopholus similis*, *Pratylenchus goodeyi* and *Helicotylenchus multicinctus*. **Nematropica**, v. 41, n. 2, p. 154-160, 2011.

VIZZOTTO, M.; KROLOW, A. C.; WEBER, G. E. B. **Metabólitos secundários encontrados em plantas e sua importância**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, p. 7-15, 2010.