

DOUGLAS BARBOSA CASTRO

**Uso de torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeiras e
implicações na variabilidade espacial da nematofauna e atributos do solo**

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2015**

DOUGLAS BARBOSA CASTRO

Uso de torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeiras e implicações na variabilidade espacial da nematofauna e atributos do solo

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Fitopatologia da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutor em Fitopatologia.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

Orientadora: Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa

Co-Orientadora: Dra. Sandra Roberta Vaz Lira Maranhão

**RECIFE-PE
FEVEREIRO-2015**

Uso de torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeiras e implicações na variabilidade espacial da nematofauna e atributos do solo

DOUGLAS BARBOSA CASTRO

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 27/02/2015.

ORIENTADORA:

Profa. Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa

EXAMINADORES:

Profa. Dra. Rosa de Lima Ramos Mariano

Dra. Mércia de Oliveira Cardoso

Profa. Dra. Lilian Margarete Paes Guimarães

Profa. Dra. Andréa Cristina Baltar Barros

**RECFE-PE
FEVEREIRO – 2015**

DEDICO

Aos meus pais, **Evaldo e Elizabeth**, pelo amor, apoio, ensinamentos e confiança depositada em mim durante todo esse tempo, e à minha esposa, **Priscila Antunes**, pelo amor e dedicação, especialmente nos momentos difíceis, os quais foram imprescindíveis para essa conquista.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a **Deus**, pois sem Ele nada é possível.

Aos meus pais, **Evaldo Miranda Castro** e **Elizabeth Almeida Barbosa Castro**, por toda a educação que deram por toda a minha vida; pela participação ativa em todas as minhas conquistas.

À minha esposa, **Priscila Antunes**, por ter ficado ao meu lado por todo esse tempo, longe de nossos familiares, longe de casa, lutando ao meu lado dia após dia, vencendo cada batalha incansavelmente! Tenho plena convicção de que não teria chegado até aqui sem ela ao meu lado!

Ao meu irmão **Leandro** pela amizade, pelas palavras certas nos momentos certos, aos amigos que mesmo distantes sempre se dispuseram a me ajudar quando precisei: **Airton Zem**, **Claudir Panda**, **Otávio Castro** e **Ítalo Coelho**.

À Professora **Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa**, pela orientação acadêmica, pela contribuição na minha formação, pela atenção, compreensão, paciência, por sempre estar presente quando precisei. A ela todo meu respeito e admiração como pessoa e profissional.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) e ao Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, pela oportunidade de cursar o Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

Aos professores do Departamento de Fitopatologia por todo apoio durante o curso, e ao professor **Dr. Abelardo Antônio de Assunção Montenegro**, do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pelos ensinamentos indispensáveis à realização deste trabalho, e à **Profa. Dra. Maria Betânia** e todos do Laboratório de Química do Solo, pela grande ajuda nas análises.

À Usina Cruangi, representada pelo Eng. Agrônomo **Bruno Chaves**, por conceder a torta de nim para a realização do experimento.

Ao produtor rural, **Sr. Geraldo**, por permitir a realização do trabalho em seu pomar, pelas conversas sempre muito agradáveis e pelos ensinamentos de grande valor.

Aos amigos **Diego Huggins** e **Ana Karina**, por terem me acompanhado durante todo o estudo, nas inesquecíveis viagens a Pesqueira-PE, nas análises de laboratório e estatísticas. **Matheus Silva** e **Mariana David**, pelas ajudas em campo. À **Mércia Cardoso**, por toda a atenção e preocupação, à **Thaís Fernanda**, **Patrícia Ângelo**, **Marcela Andrade**, **Lílian Palhares**, **Luana Silva**, **Alaim Souza** e **Sandra Maranhão** e todos os amigos que contribuíram de alguma forma para a realização deste trabalho!

SUMÁRIO

	página
RESUMO GERAL	vi
GENERAL ABSTRACT	vii
CAPÍTULO I – Introdução Geral	01
Referências Bibliográficas	13
CAPÍTULO II - Efeitos da torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeira no Agreste Pernambucano	20
Resumo	21
Abstract	21
Introdução	22
Materiais e Métodos	23
Resultados e Discussão	27
Conclusões	44
Referências Bibliográficas	45
CAPÍTULO III - Uso de torta de nim em goiabeiras no Agreste de Pernambuco: implicações na variabilidade espacial de fitonematoides e atributos do solo	50
Resumo	51
Abstract	51
Introdução	52
Materiais e Métodos	53
Resultados e Discussão	58
Conclusões	92
Referências Bibliográficas	93
CAPÍTULO IV – Conclusões Gerais	100

RESUMO GERAL

A cultura da goiabeira (*Psidium guajava*) é de grande importância econômica e social, especialmente para o semiárido do nordeste brasileiro. Danos severos causados pelo parasitismo por nematoides, principalmente os da espécie *Meloidogyne enterolobii*, são reportados em pomares de todo país, com elevados prejuízos. Os produtos à base de nim (*Azadirachta indica*) têm se mostrado uma alternativa para um manejo mais sustentável desses patógenos. Os objetivos do presente estudo foram: (a) avaliar os efeitos da incorporação da torta de nim nas comunidades de nematoides, na atividade microbiana do solo e nos atributos do solo e das plantas; (b) descrever a estrutura e a composição das comunidades de nematoides em área de pomar de goiabeiras recém-implantado; (c) avaliar variações nas distribuições espaço-temporal dos fitonematoides e atributos químicos do solo após a incorporação da torta de nim. O estudo foi conduzido em um pomar de goiabeiras localizado em um assentamento rural no agreste Pernambucano, o qual foi dividido em duas áreas; em uma delas foi aplicado o tratamento com a torta de nim. As avaliações foram feitas antes do tratamento, 90 e 180 dias após o início do tratamento. Procedeu-se com análises de estatística descritiva, covariância e geoestatística para os dados nematológicos, atributos do solo e nutricional de plantas. Os resultados obtidos indicaram que a torta de nim melhora a qualidade do solo, elevando os níveis de carbono orgânico, atividade microbiana e da microfauna. O tratamento foi eficaz em controlar os nematoides do gênero *Pratylenchus* presentes no solo, no entanto não foi eficaz contra *M. enterolobii*. A análise geoestatística revelou que o modelo esférico foi o que mais se ajustou às variáveis estudadas e que a maior parte das variáveis nematológicas não apresentou dependência espacial, caracterizando efeito pepita puro. Os mapas de isolinhas mostraram que a incorporação da torta de nim aumentou a variabilidade dos atributos químicos do solo; que a distribuição espacial de nutrientes importantes para o desenvolvimento radicular das plantas influenciou na distribuição de fitonematoides e permitiu concluir que a introdução de *M. enterolobii* na área se deu por meio de mudas infectadas.

Palavras-chaves: *Azadirachta indica*, matéria orgânica, *Meloidogyne enterolobii*, *Pratylenchus* spp., *Psidium guajava*, geoestatística.

GENERAL ABSTRACT

Guava (*Psidium guajava* L.) farming has a great economic and social importance, especially for the Brazilian semiarid region. Severe damage caused by nematodes parasitism, particularly *Meloidogyne enterolobii* is reported in orchards across the country, with heavy losses. Neem-based products (*Azadirachta indica*) have emerged as a sustainable management alternative of these pathogens. The objectives of this study were: (a) evaluate the effects of the neem cake in nematode communities, in the soil microbial activity, soil and plant properties; (b) describe the structure and the composition of nematode communities in guava orchard area recently implemented; (c) to assess variations in the spatial and temporal distributions of plant nematodes and chemical properties of the soil by incorporating the neem cake. The study was conducted in a guava orchard located in a rural settlement in Pernambuco State, Brazil, which was divided into two areas, one of which was applied neem cake treatment. The evaluations were done before treatment, 90 and 180 days after initiation of treatment. Descriptive statistics, covariance and geostatistics was proceeded for nematological data, soil properties and plants nutrition. The results indicated that the neem cake improves soil quality, increasing of organic carbon content, microbial activity and microfauna abundance. Neem cake was effective to control plant parasitic nematode *Pratylenchus*, however it was not effective against *M. enterolobii*. The geostatistical analysis revealed that the spherical model fitted for the most of variables studied. Most nematodes not present spatial dependence, featuring pure nugget effect. The contour maps showed that neem cake incorporation increased the variability of soil chemical properties; spatial distribution of essential nutrients for root growth influenced the distribution of plant parasitic nematodes; and the introduction of *M. enterolobii* in the study area was through infected seedlings.

Keywords: *Azadirachta indica*, organic matter, *Meloidogyne enterolobii*, *Pratylenchus* spp., *Psidium guajava*, geostatistics.

CAPÍTULO I

Introdução Geral

Uso de torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeiras e implicações na variabilidade espacial da nematofauna e atributos do solo

INTRODUÇÃO GERAL

A cultura da goiabeira

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma espécie frutífera, pertencente à família *Myrtaceae*, nativa dos trópicos da América. Devido às suas características de fácil adaptação a diferentes condições climáticas, se encontra amplamente distribuída por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo, mas tem preferência por regiões de clima seco (STONE, 1970). Apesar de existirem mais de 400 espécies de goiaba no mundo, poucas são plantadas comercialmente, com destaque para as variedades de polpa vermelha ‘Paluma’ e ‘Pedro Sato’ e entre as variedades de polpa branca a ‘Ogawa’ e ‘Kumagai’ (POMMER; MURAKAMI; WATLINGTON, 2006).

No Brasil, a cultura da goiabeira é predominantemente desenvolvida em propriedades de três a cinco hectares e com mão-de-obra familiar. Isto demonstra que essa cultura, como a maioria das frutíferas, é uma boa alternativa para os pequenos proprietários, contribuindo para valorizar o trabalho dos agricultores familiares (FRANCISCO, 2005). Ao irrigar a lavoura e fazer podas programadas é possível colher durante todo o ano, e com o devido manejo fitossanitário, é possível obter 800 frutos por planta adulta por ano, com produtividade superior a 40 toneladas por hectare (GONZAGA, 1990). Em 2011 a média brasileira foi de 21,5 toneladas por hectare, sendo que São Paulo e Pernambuco foram os maiores produtores, com quase 65% da produção nacional de goiabas (IBGE, 2015).

No nordeste do Brasil, a produção concentra-se nos perímetros irrigados de Pernambuco e Bahia, devido ao seu potencial hídrico, condições de solo favoráveis e a mecanização utilizada pelos grandes produtores. Outros perímetros da Região Nordeste possuem pouca expressão em termos de produção. A maior parte da goiaba produzida nesta região é direcionada para os grandes pólos culinários da Europa. França, Reino Unido e Países Baixos (FREITAS, 2010). A goiaba é também uma das principais matérias primas utilizadas pela indústria brasileira de conservas, permitindo várias formas de aproveitamento dos frutos (PIO et al., 2002).

Apesar do mercado da goiaba estar em expansão, com demanda crescente e preços bastante atrativos, a realidade da cultura revela algumas dificuldades; como a incidência de

patógenos, principalmente nematoides, e a pouca assistência técnica aos pequenos produtores, que representam uma parcela significativa na Região Nordeste (FREITAS, 2010). Contudo, as estimativas de área plantada, produção, produtividade, distribuição geográfica, incidência de pragas e doenças sobre a cultura da goiaba no Brasil e especialmente na região Nordeste são muito precárias e pouco confiáveis, pois as atividades agrícolas dos pequenos produtores são complexas e informais.

Fitonematoides

Os nematoides constituem, numericamente, o mais abundante grupo de animais multicelulares do planeta, e é estimado que exista um milhão de espécies (VIGLIERCHIO, 1991). Grande parte dos nematoides é de vida livre, no entanto, espécies parasitas de plantas são frequentemente encontradas infectando principalmente órgãos subterrâneos. Acredita-se que todas as espécies de plantas sejam atacadas por uma ou mais espécies de nematoides. Esses parasitas são responsáveis por perdas anuais estimadas em 13,5% para as 40 principais culturas do mundo, causando prejuízos de cerca de 358,24 bilhões de dólares por ano, baseados na produção e preços entre os anos de 2010 e 2013 (ABD-ELGAWAD, 2014).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* Goeldi, são de grande importância para a agricultura mundial, pois causam distúrbios fisiológicos nas plantas, resultando na formação de galhas radiculares. Este gênero ocorre em todo o mundo e, frequentemente, é encontrado em regiões de clima tropical ou subtropical. Possuem ampla gama de hospedeiros, englobando mais de 2000 espécies de plantas, o que inclui quase todas as plantas cultivadas. As plantas severamente atacadas por estes nematoides apresentam um volume reduzido de raízes e o sistema vascular completamente desorganizado devido à formação das galhas, comprometendo a absorção de água e nutrientes pela planta. Certas espécies de *Meloidogyne* promovem não só a formação de galhas, como também o desenvolvimento de raízes curtas e ramificadas, resultando em um sistema radicular limitado (MELAKEBERHAN et al., 1990).

Sintomas severos de meloidoginose em goiabeira foram primeiramente assinalados no Brasil em 1989 (MOURA; MOURA, 1989), registrado como agente etiológico a espécie *M. incognita*, em pomares localizados na Zona da Mata do Estado de Pernambuco. Posteriormente, novos casos foram registrados no Vale do Submédio São Francisco (Estados de Pernambuco e Bahia), nos municípios de Itápolis em São Paulo e em São João da Barra no Rio de Janeiro. Na época, a identificação das espécies mais comuns e agronomicamente importantes era feita pelo exame do padrão perineal de fêmeas e por testes de gama de hospedeiros. Entretanto, a identificação de *M. enterolobii* por meio dessas técnicas é uma

tarefa difícil, mesmo para taxonomistas experientes, devido às similaridades entre as características de padrão perineal e gama de hospedeiros deste nematoide com *M. incognita* (BRITO et al., 2004). Essa foi a razão pela qual se atribuiu a *M. incognita* raça 2, a causa da doença. Após o uso da técnica de eletroforese de isoenzimas esses nematoides tiveram a identificação corrigida para *M. enterolobii*, pelo fenótipo da isoenzima esterase (CARNEIRO et al., 2001) e confirmada pelo sequenciamento do DNA mitocondrial (BLOK et al., 2002).

Oficialmente, o primeiro relato de *M. enterolobii* em raízes de goiabeira no Brasil foi feito em 2001 (CARNEIRO et al., 2001), nas cidades de Petrolina (PE), Curaçá e Maniçoba (BA). Danos severos com elevados prejuízos econômicos são reportados em pomares comerciais de goiabeiras por todo o país (PEREIRA et al., 2009). No vale do submédio São Francisco, o ataque de *M. enterolobii* em goiabeira provocou em cerca de seis anos (2000/2006) a diminuição da área plantada de 6000 para 1668 hectares. Nos plantios que restam, a doença continua a avançar, a ponto dos especialistas estimarem uma redução contínua de 10% ao ano. Assim, a meloidoginose é uma ameaça muito concreta à permanência do negócio da goiaba nas principais regiões produtoras do país (RIBEIRO; CASTRO, 2007).

O parasitismo por *M. enterolobii* causa declínio generalizado da goiabeira, com sintomas característicos nas raízes (galhas, apodrecimento e ausência de raízes finas), na parte aérea (bronzamento, amarelecimento, queima dos bordos e queda das folhas) e, frequentemente provoca a morte da planta. A causa de tais sintomas pode ser explicada de forma semelhante aos processos envolvendo o parasitismo por *Meloidogyne* spp. em vários hospedeiros, isto é, alteração nos processos fisiológicos da planta (respiração/transpiração e fotossíntese), predisposição a patógenos secundários e obstrução dos vasos condutores, resultando em deficiências na translocação de água e nutrientes (GOMES et al., 2008).

Embora existam vários trabalhos sobre *M. enterolobii* no exterior, pouco se sabe sobre o manejo de áreas infestadas. Dado o alto grau de polifagismo, *M. enterolobii* não representa apenas um risco à exploração comercial da goiabeira, mas também às outras culturas (GUIMARÃES; MOURA; PEDROSA., 2003).

Os nematoide do gênero *Pratylenchus* Filipjev, são endoparasitas migradores de grande importância para a agricultura mundial, sendo superados apenas pelo nematoide do gênero *Meloidogyne*. É conhecido como o nematoide-das-lesões-radiculares devido às lesões que provocam no córtex das radículas durante o processo infeccioso. Essas lesões provocam danos irreversíveis às raízes, prejudicando a absorção de água e nutrientes, além de facilitarem o acesso de patógenos oportunistas (WEISCHER; BROWN, 2001). Infectam

preferencialmente as radículas, ovopositando durante seu caminhar. Quando não encontram mais células vivas no córtex, eles migram para outra raiz (MELAKEBERHAN, 2004).

A identificação do gênero *Pratylenchus* é relativamente simples. Com efeito, todas as espécies do grupo são vermiformes, exibem região labial baixa e esclerotizada, campo lateral geralmente com quatro linhas, sobreposição ventral das glândulas esofagianas sobre o intestino, além do fato de que as fêmeas de todas as espécies são monodelfas, prodelfas com a vulva situada no terço posterior do corpo (MAI; MULLIN, 1996). Em uma revisão, Gonzaga (2006) considerou 69 espécies válidas e 28 espécies *inquirendae*. Porém, o número de espécies descritas desse gênero vem aumentando, alcançando 89 espécies (CASTILLO; VOLVLAS, 2007; INSERRA et al., 2007; MIZUKUBO; SUBBOTIN et al., 2008; TROCCOLI et al., 2008; PALOMARES-RIUS et al., 2010). Dentre as espécies já descritas, apenas seis são encontradas com maior frequência no Brasil: *P. brachyurus* Godfrey, *P. coffeae* Zimmermann, *P. jaehni* Inserra, Duncan, Troccoli, Dunn, Santos e Vovlas, *P. penetrans* Cobb e *P. zaeae* Graham (ANDRADE, 2010).

Espécies de *Pratylenchus* são frequentemente associadas a prejuízos em frutíferas, principalmente na cultura da gravioleira (*Annona muricata* L.), na qual a espécie *P. coffeae* causa o sintoma conhecido como morte súbita, caracterizado por lesões escuras na região do colo da planta, logo abaixo do nível do solo (CAMPOS et al., 2002). No estado de Pernambuco, essa doença leva a prejuízos de até 50% (MOURA et al., 1999). Outra cultura bastante suscetível aos nematoides de lesões radiculares é o abacaxizeiro, especialmente a *P. brachyurus* (DINARDO-MIRANDA; SPIRONELLO; MARTINS, 1996). Em citros, além de *P. coffeae* e *P. brachyurus*, as espécies *P. vulnus* Allen e Jensen e *P. jaehni* são consideradas de grande importância para a cultura (FERRAZ, 1999; CALZAVARA et al., 2007).

No Brasil, o primeiro relato de *Pratylenchus* em raízes de goiabeiras foi feito por Ruas et al. (2009), nos municípios de Itápolis, Bauru e Matão – SP, em pomares da cultivar Paluma que exibiam sintomas de depauperamento, tais como redução no crescimento, folhas pequenas, em menor número e arroxeadas, raízes sem galhas, exibindo áreas necróticas. Tanto os sintomas na parte aérea como os danos provocados se assemelham aos causados pela espécie *M. enterolobii*, conhecida por sua agressividade à goiabeira.

A espécie *P. brachyurus* já foi relatada infectando raízes de goiabeiras na região do noroeste do Paraná, não sendo encontrada, todavia, nas amostras de solo (DIAS-ARIEIRA et al., 2010). Piedrahita e Zapata (2010) encontraram espécimes de *Pratylenchus* em 40% das amostras de raízes de goiabeiras de um pomar de 3 anos de idade, no município de Manizales,

Colômbia. Em um estudo realizado por Calvazara (2007), goiabeiras se comportaram como resistente à espécie *P. jaehni*, contudo os danos e perdas provocados na cultura ainda não foram bem estudados. Diversos trabalhos já detectaram *Pratylenchus* em amostras de raízes de goiabeiras, embora os danos não tenham sido estimados (DIAS-ARIEIRA et al., 2010; PIEDRAHITA; ZAPATA, 2010). O ataque de nematoides fitoparasitas é mais problemático para as plantas no estágio de muda, no qual grande número de plantas morre no canteiro e outras nem resistem ao transplântio (NETSCHER; SIKORA, 1990).

O nim (*Azadirachta indica*)

O nim (*Azadirachta indica*) é árvore da família *Meliaceae*, que atinge 7 a 20 metros de altura. É originária da Península Índica, sendo também encontrada na Ásia e África (MARTINEZ, 2002). É uma planta perene, de rápido crescimento, que pode atingir uma altura de até 25 metros em condições ambientais adequadas. Uma árvore de 15 anos de idade pode render uma média de 20 Kg frutos, que corresponde a cerca de 2 Kg de sementes. Embora o clima tropical seja o ideal, o nim é extremamente resistente e capaz de se adaptar a condições severas (RADWANSKI; WICKENS, 1981). Durante séculos, produtores rurais indianos usaram essa planta para controlar pragas e doenças. As folhas são usadas para proteger grãos e roupas contra insetos e o óleo da semente é usado como inseticida e medicamento para o tratamento de doenças da pele e malária (LEY; DENHOLM; WOOD, 1993).

Na Índia, um estudo sistemático quanto ao uso de formulações de nim contra fitonematoides começou na década de 1960, quando a maioria dos trabalhos foi registrada. Ele é viável em formulações caseiras simples como pó de sementes, folhas secas, extratos aquosos, óleos e tortas de qualquer parte da planta (JAVED et al., 2007). Esses produtos tem sido efetivos no manejo de muitas espécies de nematoides fitoparasitas em testes in vitro, casas de vegetação e plantios comerciais (AKHTAR; ALAM, 1993; AKHTAR; MAHMOOD, 1994).

O efeito de nim contra nematóides se deve, provavelmente, à presença de várias substâncias químicas limonoides triterpenoides e tetranortriterpenoides, tais como azadiractina, nimbin, salanin, nimbidin, entre outras (LEY; DENHOLM; WOOD, 1993). Já foi relatado o controle de mais de 100 espécies de insetos, ácaros e nematóides por esses compostos (FERRAZ; VALE, 2001).

Um extrato de nim contendo 10% de azadiractina foi nematicida a juvenis de *Meloidogyne javanica* Chitwood em solo arenoso alcalino (pH 8,5) em concentrações maiores

que $0,05 \text{ g Kg}^{-1}$, ou maiores que $0,17 \text{ g.Kg}^{-1}$ para o produto formulado (OKA et al., 2007). Esses princípios bioativos em extratos de nim já foram relatados por diversos autores (JAVED et al., 2008). Efeitos na eclosão de ovos e mortalidade de juvenis também já foram relatados (SIDDIQUI; ALAM, 1989). Usando extrato concentrado de sementes em testes *in vitro* e *in vivo*, foi verificada que a mortalidade de juvenis do nematóide do cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe) cresce exponencialmente com as doses, atingindo a mortalidade máxima com uma concentração de $73,5 \text{ mg.L}^{-1}$ do extrato. As atividades foram atribuídas a sete tetranortriterpenoides: azadiractina H, azadiractina A, azadiractina B, desacetil-nimbin, desacetil-salanin, nimbin e salanin (SILVA et al., 2008). A imersão das raízes em extratos de nim é capaz de inibir o desenvolvimento de *M. incognita*, independente de este ser inoculado antes ou depois do tratamento das raízes. A imersão teve efeito curativo, agindo sobre os nematóides que já estavam nas raízes, reduzindo a infecção posterior. A ação sobre os nematóides continuou mesmo quando as raízes foram lavadas logo após o tratamento com o extrato, mostrando possuir um efeito residual (JAVED et al, 2007; AKHTAR; MAHMOOD, 1994). Alam, Ahmad e Khan (1980) sugeriram que compostos fenólicos absorvidos por raízes de tomateiros expostas ao nim, devem induzir tolerância contra nematoides.

Além do efeito supressivo aos nematoides, a torta de nim serve como fertilizante (AKHTAR; MAHMOOD, 1996; OKA 2010). No entanto, um efeito direto dos compostos nematicidas da torta (limonoides), que podem estar presentes em baixas concentrações após a extração do óleo, sobre nematoides ainda não foi bem demonstrado. Uma vez que as tortas são ricas em nutrientes, outros compostos nematicidas, como a amônia, que pode ser gerada durante sua degradação, pode estar envolvida na supressão dos nematoides (OKA, 2010).

Geoestatística

A Geoestatística foi desenvolvida pelo Engenheiro de Minas D. G. Krige e o estatístico H. S. Sichel na África do Sul, quando constataram que a estatística clássica não era suficiente para explicar os dados de concentração de ouro em áreas de mineração. Eles não conseguiam achar sentido nas variâncias encontradas se não levassem em consideração a distância entre as amostras. Desenvolveram então, empiricamente, uma técnica própria de estimação, definida como sendo uma função espacial numérica que apresenta uma variação de um local para o outro, como uma continuidade espacial aparente e que não pode ser representada por uma função matemática simples (VIEIRA, 2000).

A distribuição dos nematoides no campo tem sido descrita como do tipo agregada, isso implica em uma dependência espacial dos dados (FERRIS; WILSON, 1987). A estatística convencional não é adequada para análise de dados correlacionados espacialmente (WALLACE; HAWKINS, 1994), pois não considera a dependência espacial entre a intensidade da doença em um indivíduo e sua vizinhança. Como exemplos, citam-se as análises estatísticas descritivas de ‘quadrats’, testes de ‘run’ e ‘doublet’, índice VM (variância/média) e lei de Taylor (BERGAMIN FILHO et al., 2004, CAMPBELL; MADDEN, 1990). Seria então necessário utilizar metodologias estatísticas capazes de considerar a distância entre amostras para quantificar e representar a dependência espacial com estimação ótima, conforme é preconizado na teoria das variáveis regionalizadas, base dos fundamentos da geoestatística (SILVA et al., 2000). A teoria fundamental da geoestatística é a esperança de que, na média, as amostras próximas no tempo e espaço sejam mais similares entre si do que as que estiverem distantes (ISAACS; SRIVASTAVA, 1989).

Existem dois métodos geoestatísticos que são usados como ferramentas para mensurar a distribuição espacial de nematoides: o variograma ou semivariograma e a krigagem. O semivariograma define o tipo e a força da associação espacial. Em um extremo, não há associação espacial entre quaisquer dois pontos analisados, implicando em uma independência de dados. No outro extremo, os dados devem mostrar um alto grau de continuidade entre pontos, onde a medição em qualquer ponto é altamente preditiva de outros pontos próximos a ele. Na prática, normalmente fica-se entre os extremos, com alguma variabilidade puramente aleatória e alguma continuidade espacial. A continuidade espacial se manifesta como uma correlação entre amostras que diminui à medida que a distância entre elas aumenta e deixa de existir completamente quando a distância é grande suficiente para que as amostras sejam estatisticamente independentes. A distância em que as amostras se tornam estatisticamente independentes são denominadas como raio de influência da amostra (WALLACE; HAWKINS, 1994). A dependência espacial é analisada, segundo Isaacs e Srivastava (1989), pela expressão:

Eq. 1. Equação de análise da dependência espacial

$$\gamma(h) = \frac{1}{2 N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z_{(xi)} - Z_{(xi+h)}]^2$$

onde:

$\gamma(h)$ - é o valor do semivariância para a distância h;

$Z(x_i)$ - é o valor amostrado na posição x_i ;

$Z(x_i+h)$ - representa o valor da mesma variável para alguma distância h (ou “lag”), em qualquer direção;

h - é a distância entre medições;

N - número de pares de valores analisados.

O semivariograma é construído a partir da plotagem de dados de semivariâncias em função das distâncias entre as amostras (Figura 1). A partir de certa distância a semivariância tende a se estabilizar num valor igual à variância média, esta região do gráfico recebe o nome de silo ou patamar. A distância entre o início do semivariograma e o começo do patamar determina o raio de influência da amostra (RIA). Ao extrapolarmos a curva do semivariograma para a distância zero, podemos chegar a um valor não-nulo de semivariância, denominado “Efeito Pepita”. O efeito pepita pode ser atribuído a erros de medição ou ao fato de que os dados não foram coletados a intervalos suficientemente pequenos, para mostrar o comportamento espacial subjacente do fenômeno em estudo. Quando não ocorre associação espacial entre as amostras, chama-se de “efeito pepita puro” (WALLACE, 1994).

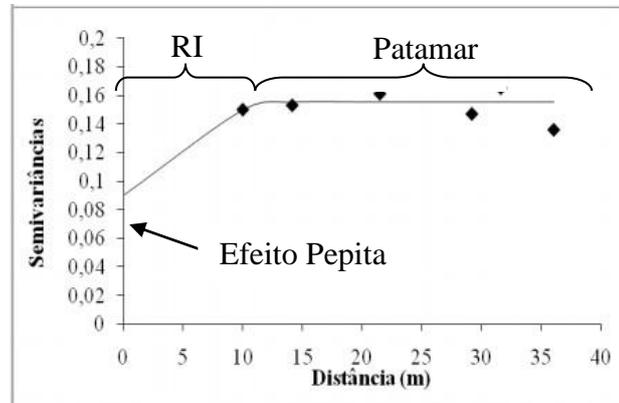


Figura 1. Gráfico exemplo de semivariograma

Na análise do semivariograma os cálculos são realizados em várias direções, sendo desenhados em um gráfico, sendo nele verificada a possibilidade das variáveis estudadas possuírem a propriedade de anisotropia ou isotropia. A anisotropia é a não homogeneidade da distribuição das variâncias em ângulos diferentes no espaço, ou seja, quando ele for diferente para alguma direção de h . Neste caso, o variograma deve sofrer transformações antes de ser usado e a análise deve ser feita para várias direções, determinando-se os eixos de maior e menor anisotropia. Caso o semivariograma apresente uma forma semelhante em todas as

direções do espaço, só dependendo de h , diz-se que a estrutura é isotrópica, sem direções privilegiadas de variabilidade (BARROS, 2010).

A krigagem usa informações a partir do variograma para encontrar os pesos ótimos a serem associados às amostras com valores conhecidos que irão estimar pontos desconhecidos. Nessa situação o método fornece, além dos valores estimados, o erro associado a tal estimação, o que o distingue dos demais algoritmos de interpolação. É entendida como uma série de técnicas de análise de regressão que procura minimizar a variância estimada a partir de um modelo prévio, que leva em conta a dependência estocástica entre os dados distribuídos no espaço. Dentre os métodos de estimativas comumente empregados, o método geoestatístico da krigagem pode ser considerado como o melhor estimador linear sem viés, cujo objetivo é a minimização da variância da estimativa (LANDIM, 2002).

Caswell e Chellemi (1986) estudaram a distribuição espacial de *Rotylenchulus reniformis* em um campo de abacaxi no Havá e concluíram que a distribuição espacial era fortemente agregada. Os autores computaram o variograma e ajustaram o modelo esférico com um raio de alcance de 10 m. Chen e Bird (1992), também usaram a geoestatística para estudar a distribuição de *P. penetrans* em campo de batata, usando uma malha de 100 x 100 m, ajustaram o modelo esférico, com a direção noroeste representando baixa densidade populacional e revelando uma anisotropia. Webster e Boag (1992) estudaram a distribuição espacial de *Globodera rostochiensis* Wollenweber e *Heterodera avenae* Wollenweber em campos de batata no leste da Escócia, baseados em cistos viáveis extraídos da superfície do solo e concluíram que não havia evidências de anisotropia; o semivariograma mostrou a mesma forma esférica em todas as amostragens, resultando num raio de alcance efetivo de 60 m. Wallace e Hawkins (1994) estudaram a aplicação da geoestatística para avaliar dados do solo e de nematoides de 200 amostras coletadas do horizonte “A” de um campo de alpiste no norte do Estado de Minnesota, EUA e observaram que os dados do solo e do nematoide seguiram um modelo de semivariograma esférico, com baixa variabilidade aleatória associada aos dados do solo e grande variabilidade associada aos dados de nematoides. Em um estudo de distribuição espacial conduzido em campos de algodão, no Brasil, o modelo esférico isotrópico foi o que melhor se ajustou para *R. reniformis*, no início do cultivo, com um raio efetivo de 8,5 m. No final da colheita, nova análise foi realizada e detectou forte anisotropia, aumento da população, aumento da agregação (reboleiras) e uma considerável disseminação do nematoide, causada pelo cultivo. Através de “krigagem” ordinária, foi possível gerar mapas, os quais demonstraram regiões de maior concentração destas espécies para a área

estudada, servindo como base para a elaboração de estratégias de manejo. (FARIAS et al., 2002).

Barros (2010) estudou a estrutura e a dependência espacial de *Meloidogyne* spp. e *P. zae* em cana-de-açúcar antes e após o corte e após aplicação de vinhaça e encontrou dependência espacial para todas as variáveis. Observou que alguns atributos físicos e químicos do solo se correlacionavam com as densidades populacionais de nematoides. Concluiu ainda que a aplicação da vinhaça reduziu o número de agregados e da densidade populacional dos nematoides. Os resultados obtidos por Costa (2010) corroboram com a tese de que a vinhaça diminui a densidade de nematoide em cultivos de cana-de-açúcar. Houve também, correlação dos atributos químicos do solo com a população de nematoides, indicando que, mesmo de forma indireta, esses atributos podem ser bons indicadores da atividade microbiana do solo.

Diferentes estratégias de manejo tais como a rotação de culturas, cultivares resistentes, aplicação de matéria orgânica, fitoquímicos e nematicidas tem sido implementadas para evitar a redução da produtividade. Entretanto, esta prática deveria considerar a variabilidade espacial e temporal desses nematoides. Uma amostragem sistemática é comumente usada para caracterizar a distribuição espaço-temporal dos nematoides (EVANS et al., 2002).

A aplicação de nematicidas em doses uniformes por campos inteiros para controlar fitonematoides é a prática de manejo mais comum entre agricultores. Todavia, uma aplicação precisa do nematicida apenas nas áreas infestadas trará ao agricultor uma grande redução nos custos assim como uma redução dos impactos ambientais. O sucesso desse manejo sítio-específico requer uma caracterização precisa da variabilidade espacial das populações de nematoides, identificação de zonas homogêneas que requerem dose similar do nematicida, bem como os atributos relacionados com a distribuição espacial do nematoide (ORTIZ, 2010). Desta forma, a avaliação da variabilidade espacial desses patógenos é uma importante ferramenta na determinação de estratégias de manejo do solo que procuram aumentar a produtividade agrícola. Dentro das novas tecnologias com potencial a ser usado no manejo de pragas, a agricultura de precisão, através do georreferenciamento das populações, é uma ferramenta que pode ser usada tanto no monitoramento quanto no controle de pragas (ROGGIA, 2009).

Análise de Covariância

A análise de covariância é utilizada quando, em um experimento com duas ou mais variáveis, pelo menos uma variável independente não está a níveis predeterminados. Ela faz

uso dos conceitos da análise de variância e de regressão. Alguns dos principais usos da covariância são: (1) controlar o erro e aumentar a precisão; (2) ajustar as médias da variável dependente para as diferenças no conjunto de valores da variável independente correspondente; (3) ajudar na interpretação dos dados, especialmente no que concerne à natureza dos efeitos do tratamento (STEEL, TORRIE; DICKEY, 1997).

O uso da covariância para controlar erros é um meio de aumentar a precisão pela redução da variância do erro, em que os efeitos do tratamento podem ser medidos por remoção, pela regressão, de certos efeitos que não podem ou não foram controlados efetivamente pelo desenho do experimento. Por exemplo, em um experimento para comparar o efeito de várias rações no ganho de peso de animais, esses animais possivelmente terão pesos iniciais diferentes. Se o peso inicial for correlacionado ao ganho de peso, uma parte do erro experimental para o ganho de peso pode ser resultado das diferenças de peso iniciais. Pela análise de covariância, a contribuição que pôde ser atribuída aos pesos iniciais, pode ser eliminada do erro experimental para ganho de peso (STEEL, TORRIE; DICKEY, 1997).

A covariância deve ser aplicada em campos em que há distribuição heterogênea dos dados a serem analisados, seja por ter sofrido alterações na variabilidade por experimentações anteriores ou pelas características naturais desses dados. Em tais casos, perde-se a implicação da causalidade de um experimento delineado e a análise de covariância está mais próxima de descrever a construção do modelo. O uso da covariância também pode ser um substituto para o uso de blocos para controlar gradientes na área experimental (FEDERER; SCHLOTTFELDT, 1954).

Os objetivos do presente estudo foram: (a) avaliar os efeitos da incorporação da torta de nim nas comunidades de nematoides, na atividade microbiana do solo e nos atributos do solo e das plantas; (b) descrever a estrutura e a composição das comunidades de nematoides em área de pomar de goiabeiras recém-implantado; (c) avaliar variações nas distribuições espaço-temporal dos fitonematoides e atributos químicos do solo pela incorporação da torta de nim.

Referências Bibliográficas

ABD-ELGAWAD, M. M. M. Plant-parasitic nematode threats to global food security. In: International Congress of Nematology, 6. 2014. Cidade do Cabo, África do Sul. **Resumos...** Nematology Society of Southern Africa (NSSA), 2014. p. 161.

ALAM, M. M.; AHMAD, M.; KHAN, A. M. Effect of organic amendment on the growth and chemical composition of tomato, eggplants and chilli and their susceptibility to attack by *Meloidogyne incognita*. **Plant Soil**, v. 57, p. 231-236, 1980.

AKHTAR, M.; ALAM, M. M. Utilization of waste materials in nematode control: A review. **Bioresource Technology**, v. 45, n. 1, p. 1-7, 1993.

AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Potentiality of phytochemicals in nematode control: A review. **Bioresource Technology**, v. 47, n. 3, p. 189-201, 1994.

AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Control of plant-parasitic nematodes with organic and inorganic amendments in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 4, n. 3, p. 243-247, 1996.

ANDRADE, E. P. **Caracterização molecular de espécies de *Pratylenchus* que ocorrem no Brasil e a reação de acessos de milho a *P. zae* e *P. brachyurus***. 2010. 68 f. Tese de doutorado. Universidade de Brasília, Brasília. 2010.

BARROS, P. A. **Variabilidade espacial de atributos químicos e biológicos do solo sob cultivo de cana-de-açúcar**. 2010. 81 f. Tese de doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife. 2010.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; AMORIM, L.; JESUS JUNIOR, W. C. Análise espacial de epidemias. In: Vale, F.X.R., Jesus Junior, W.C. & Zambolim, L. (Eds.) **Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas**, Belo Horizonte: Editora Perffil, 2004. pp. 193-240.

BLOK, V. C.; WISHART, J.; FARGETTE, M.; BERTHIER, K.; PHILLIPS, M. S. Mitochondrial DNA differences distinguishing *Meloidogyne mayaguensis* from the major species of tropical root-knot nematodes. **Nematology**, v. 4, p. 773-781, 2002.

BRITO, J.; POWERS, T. O.; MULLIN, P. G.; INSERRA, R. N.; DICKSON, D. W. Morphological and molecular characterization of *Meloidogyne mayaguensis* isolates from Florida. **Journal of Nematology**, v. 36, p. 232-240, 2004.

CALZAVARA, S. A.; SANTOS, J. M.; FAVORETO, L. Resistência de porta-enxertos cítricos a *Pratylenchus jaehni* (Nematoda: Pratylenchidae). **Nematologia Brasileira**, v. 31, n. 1, p. 7-11, 2007.

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

CAMPOS, V. P.; CAMPOS, J. R.; SILVA, L. H. C. P.; DUTRA, M. R. Manejo de doenças causadas por nematoides em frutíferas. In: ZAMBOLIM, L. (Ed.). **Manejo integrado: fruteiras tropicais - doenças e pragas**. Viçosa, MG: Suprema Gráfica e Editora, 2002. p.185-238.

CARNEIRO, R. D. M. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. Primeiro Registro de *Meloidogyne mayaguensis* em Goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 25, p. 223-228, 2001.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae): Diagnosis, Biology, Pathogenicity and Management. **Nematology Monographs and Perspectives**, v. 6. Brill, Leiden-Boston. pp. 529, 2007.

CASWELL, E. P.; CHELLEMI, D. A. A geostatistical analysis of spatial pattern of *Rotylenchulus reniformis* in a Hawaiian pineapple field. **Journal of Nematology**, v. 18, n. 4, p. 603, 1986.

CHEN, J.; BIRD, G. W. Geostatistical studies of a geo-referenced *Pratylenchus penetrans-Solanum tuberosum* continuum. **Journal of Nematology**, v. 24, n. 4, p. 586, 1992.

COSTA, C. S. **Efeitos da Aplicação de Vinhaça nas Propriedades Físicas, Química e População de Nematoides do Solo Coberto por Palhico de Cana-de-açúcar, sob manejo mecanizado**. 2010. 94f. Tese (Doutorado), Universidade Federa Rural de Pernambuco, Recife.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; FURLANETTO, C.; SANTANA, S. M.; BARIZÃO, D. A. O.; RIBEIRO, R. C. F.; FORMENTINI, H. M. Fitonematoides Associados a Frutíferas na Região Noroeste do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 4, p. 1064-1071, 2010.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; SPIRONELLO, A.; MARTINS, A. L. L. Reação de variedades de abacaxi a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, v. 20, n. 1, p. 1-7, 1996.

EVANS, K.; WEBSTER, R. M.; HALFORD, P. D.; BARKER, A. D.; RUSSELL, M. D. Site-specific management of nematode - Pitfalls and practicalities. **Journal of Nematology**, v. 34, n. 3, p. 194-199, 2002.

FARIAS, P. R. S.; SÁNCHEZ-VILLA, X.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; FERRAZ, L. C. C. B.; SOLÍS-DELFIN, J. Using Geostatistical Analysis to Evaluate the Presence of *Rotylenchulus reniformis* in Cotton Crops in Brazil: Economic Implications. **Journal of Nematology**, v. 34, n. 3, p. 232-238, 2002.

FEDERER, W. T.; SCHLOTTFELDT, C. S. The use of covariance to control gradients in experiments. **Biometrics**, v. 10, n. 2, p. 282-290, 1954.

FERRAZ, L. C. C. B. Gênero *Pratylenchus*: os nematoides das lesões radiculares. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 7, p. 157-195, 1999.

FERRAZ, S.; VALE, L. A. C. D. **Controle de Fitonametóides por Plantas Antagônicas**. Viçosa. 2001. 73 p. (Cadernos Didáticos)

FERRIS, H.; WILSON, L. T. Concepts and principles of population dynamics. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. **Vistas on nematology: a commemoration of the twenty-fifth anniversary of the society of Nematologists**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p. 372-376.

FRANCISCO, V. L. F. **A cultura da Goiaba em São Paulo**. 2005. Disponível em <www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1902> Acesso em 18 de janeiro de 2014.

FREITAS, G. A. Produção e Área Colhida de Goiaba no Nordeste. **Informe Rural ETENE**, ano IV, n. 24, dez., 2010.

GOMES, V. M., SOUZA, R. M., SILVA, M. M.; DOLINSKI, C. Caracterização do Estado Nutricional de Goiabeiras em Declínio Parasitadas por *Meloidogyne mayaguensis*. **Nematologia Brasileira**, v. 32, p. 154-160, 2008.

GONZAGA, L. N. **Cultura da goiabeira**. Petrolina. PE: Embrapa – CPATSA. (Embrapa – CPATSA. Circular Técnica 23). 1990. 26 p.

GUIMARÃES, L. M.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Parasitismo de *Meloidogyne mayaguensis* em diferentes Espécies Botânicas. **Nematologia Brasileira**, v. 27, p. 139-145, 2003.

INSERRA, R. N. TROCCOLI, A.; BERNARD, E. C.; DUNN, D.; DUNCAN, L. W. *Pratylenchus hipperastri* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) from Amaryllis in Florida with notes on *P. scribneri* and *P. hexincisus*. **Nematology**, v. 9, p. 25-42, 2007.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo Agropecuário e Produção Agrícola Municipal. Banco de dados agregados. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em 24 de janeiro de 2015.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford New York: University Press, 1989. 600 p.

JAVED, N.; GOWEN, S. R.; INAM-UL-HAQ, M.; ABDULLAH, K.; SHAHINA, F. Systemic and persistent effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations against root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica* and their storage life. **Crop Protection**, v. 26, p. 911-916, 2007.

JAVED, N.; ANWAR, S. A.; FYAS, S.; KHAN, M. M.; ASHFAQ, M. Effects of Neem Formulations Applied as Soil Drenching on the Development of Root-knot Nematode *Meloidogyne Javanica* on Roots of Tomato. **Pakistan Journal of Botany**, v.40, n. 2, p.905-910, 2008.

LANDIM, P. M. B.; STURARO, J. R. Krigagem Indicativa aplicada à elaboração de mapas probabilísticos de riscos. Geomatemática. Texto Didático 6, DGA, IGCE, UNESP/Rio Claro, 2002. Disponível em <http://www.rc.unesp.br/igce/aplicada/textodi.html>. Acesso em: 16 jan. 2015.

LEY, S. V.; DENHOLM, A. A.; WOOD, A. The Chemistry of Azadirachtin. **Natural Product Reports**, v.10, p. 109-157, 1993.

LIMA, I. M.; COSTA, H.; MARTINS, M. V. V.; COSTA, A.; SANTANA, D. B.; VENTURA, J. A.; OLIVEIRA, E. B.; SANTANA, E. N.; SERRANO, L. A. L. Novos focos de *Meloidogyne mayaguensis* em goiabeiras no Estado do Espírito Santo. In: **Congresso Brasileiro de Fruticultura, 20.; Annual Meeting of the Interamerican Society for Tropical Horticulture, 54.**, Vitória. INCAPER: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2008. 5p.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G. **Plant parasitic nematodes: a pictorial key to genera**. Ithaca: Cornell University Press, 1996, p. 277.

MARTINEZ, S. S. (Ed.). **O nim *Azadirachta indica***: natureza, usos múltiplos,

produção. Londrina: Instituto Agronômico do Paraná, 2002. 142p.

MELAKEBERHAN, H. Physiological interactions between nematodes and their host plant. In: CHEN, Z. X.; DICKSON, D. W (Eds.), **Nematology: Advance and Perspectives**, p. 771-794, 2004.

MIZUKUBO, T.; SUGIMURA, K. UESUGI, K. A new species genus *Pratylenchus* from chrysanthemum in Kyushu, western Japan (Nematoda: Pratylenchidae). **Japanese Journal of Nematology**, v. 37, p. 63-74, 2007.

MOURA, R. M.; MOURA, A. M. Meloidogynose da Goiabeira: Doença de alta severidade no estado de Pernambuco, Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 13, p. 13-19, 1989.

NETSCHER, C.; SIKORA, A. R. Nematode Parasites of Vegetables. p.237-283 In: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (Eds.) **Plant Parasitic Nematodes in Subtropical and Tropical Agriculture**. C.A.B International. 1990.

OKA, Y.; TKACHI, N.; SHUKER, S.; YERUMIYAHU, U. Enhanced Nematicidal Activity of Organic and Inorganic Ammonia-Releasing Amendments by *Azadirachta indica* Extracts. **Journal of Nematology**, v. 39, n. 1, p. 9-16, 2007.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p. 101-115, 2010.

ORTIZ, B. V.; PERRY, C.; GOOVAERTS, P.; VELLIDIS, G.; SULLIVAN, D. Geostatistical modeling of the spatial variability and risk areas of southern root-knot nematodes in relation to soil properties. **Geoderma**, v. 165, n. 3-4, p. 243-252, 2010.

PALOMARES-RIUS, J. E.; CASTILLO, P.; LIÉBANAS, G.; VOVLAS, N.; LANDA, B. B.; NAVAS-CORTÉS, J.A. Description of *Pratylenchus hispaniensis* n. sp. From Spain and considerations on the phylogenetic relationship among selected genera in the family Pratylenchidae. **Nematology**, v. 12, p. 429-451, 2010.

PEREIRA, F. O. M.; SOUZA, R. M.; SOUZA, P. M.; DOLINSKI, C.; SANTOS, G. K. Estimativa do Impacto Econômico e Social Direto de *Meloidogyne mayaguensis* na Cultura da Goiaba no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 33, p. 176-181, 2009.

PIEDRAHITA, O. A. G.; ZAPATA, J. C. Identificación de Nematodos Fitoparásitos em Guayabo (*Psidium guajava* L.), em el Municipio de Manizales (Caldas), Colombia. **Revista de la Academia Colombiana de Ciencias**, v. 34, n. 130, p. 117-125, 2010.

PIO, R. **Cultura da goiabeira**. Lavras, 2002. 32 p. (Boletim de Extensão)
POMMER, C. V.; MURAKAMI, K. R. N.; WATLINGTON, F. Goiaba no mundo. **O Agrônomo**, v. 58, p.22-26, 2006.

RADWANSKI, S. A.; WICKENS, G. E. Vegetative Fallows and Potential Value of the Neem Tree (*Azadirachta indica*) in the Tropics. **Economic Botany**, v. 35, n. 4, p. 398-414, 1981.

RAMMAH, A.; HIRSCHMANN, H. *Meloidogyne-Mayaguensis* N-Sp (Meloidogynidae), a Root-Knot Nematode from Puerto-Rico. **Journal of Nematology**, v. 20, p. 58-69, 1988.

RIBEIRO, M.; CASTRO, J. M. C. **Pesquisadores debatem produção de mudas de goiabeiras livres de nematoides**. 2007. Disponível em <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/outubro/2a-semana/pesquisadores-debatem-a-producao-de-mudas-de-goiabeiras-livres-de-nematoides>> Acesso em 18 de janeiro de 2013.

ROGGIA, R. C. R. K. **Distribuição espacial e temporal de percevejos da soja e comportamento de *Piezodorus guildinii* (Westwood, 1837) (Hemiptera: Pentatomidae) na soja (*Glycine max* (L.) Merrill) ao longo do dia**. 2009, 128 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Federal de Santa Maria, Rio Grande do Sul, 2009.

RUAS, A. R.; BARBOSA, B. F. F.; BECARO, C. K.; ALMEIDA, E. J.; SOARES, P. L. M.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* em pomares de goiabeira no Estado de São Paulo. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Nematologia, Maceió – AL. **Resumos...** p. 326, 2009.

SIDDIQUI, M. A.; ALAM, M. M. Effect of root-exudates of neem and Persian lilac on plant parasitic nematodes. **Anzeiger für Schädlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz**, v. 62, n. 2, p. 33-35, 1989.

SILVA, E. A.; SILVA, J. F. V.; MONICO, J. F. G.; HIROMOTO, D. M. Perspectivas no manejo e controle localizado de doenças das culturas: uma abordagem no manejo do nematóide de cisto da soja. In: BORÉM, A.; GIÚDICE, M. P.; QUEIROZ, D. M.; MANTOVANI, E. C.; FERREIRA, L. R.; VALE, F. X. R.; GOMIDE, R. L. (Eds.) **Agricultura de Precisão**, 2000. p. 409-453.

SILVA, J. C. T.; OLIVEIRA, R. D. L.; JHAM, G. N.; AGUIAR, N. D. C. Effect of neem seed extracts on the development of Soybean Cysts Nematode. **Tropical Plant Pathology**, v. 33, n. 3, p. 171-179, 2008.

STEEL, R. G. D.; TORRIE, J. H.; DICKEY, D. A. **Principles and procedures of statistics: A biometrical approach**. 3a. ed. Estados Unidos da América: McGraw-Hill companies, 1997, 666 p.

STONE, B. The flora of Guam. **Micronesica**, v. 6, p. 454–455, 1970.

SUBBOTIN, S. A.; RAGSDALE, E. J.; MULLENS, T.; ROBERTS, A.; MUNDO-OCAMPO, M.; BALDWIN, J. G. A phylogenetic framework for root lesion nematodes of genus *Pratylenchus* (Nematoda): Evidence from 18S and D2-D3 expansion segments of 28S ribosomal RNA genes and morphological characters. **Molecular Phylogenetics and Evolution**, v. 48, p. 491-505, 2008.

TROCCOLI, A.; DE LUCA, F.; HANDOO, Z. A.; DI VITO, M. Morphological and molecular characterization of *Pratylenchus lentis* n. sp. (Nematoda: Pratylenchidae) from Sicily. **Journal of Nematology**, v. 40, p. 190-196, 2008.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; SCHAEFER, G. R. (Eds.). **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2000. v. 1, p.1-54.

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

WALLACE, M. K.; HAWKINS, D. M. Applications of geostatistics in plant nematology. **Journal of Nematology**, v. 26, p. 626-634, 1994.

WEBSTER, R.; BOAG, B. 1992. Geostatistical analysis of cyst nematodes in soil. **Journal of Soil Science**, v. 43, p. 583–595, 1992.

WEISCHER, B.; BROWN, D. J. F. **Conhecendo os nematoides: nematologia geral**. Tradução de FERRAZ, L. C. C. B. Moscou: Pensoft, 2001. 209 p.

CAPÍTULO II

Efeitos da torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeira no Agreste Pernambucano

Efeitos da torta de nim no manejo de fitonematoides em goiabeira no Agreste Pernambucano

Resumo

A incorporação de torta de nim no manejo agrícola vem sendo associada ao controle de diversos fitonematoides, além da melhoria da qualidade química, física e biológica do solo. Esse trabalho teve como objetivo avaliar a influência da incorporação da torta de nim no manejo de fitonematoides importantes para a cultura da goiabeira (*Psidium guajava*) e efeitos na atividade microbiana do solo e atributos químicos do solo e nutrição da planta. Para isso, um pomar de goiabeiras no município de Pesqueira, no Agreste Pernambucano, com seis meses de implantado, foi dividido em duas áreas de tamanhos iguais, tomando-se uma, aleatoriamente, para incorporação de torta de nim a 25 cm de profundidade, em duas aplicações, na dose de 1 kg/planta por aplicação. Foram avaliadas 48 plantas por área em três períodos: antes do início do estudo, 90 dias após a primeira e segunda aplicação da torta (180 dias após a primeira). Análises de covariância mostraram que a torta de nim promoveu melhoria da qualidade do solo, elevando os níveis de carbono orgânico, nitrogênio total do solo, atividade microbiana e da densidade populacional dos nematoides de vida livre. As goiabeiras da área tratada com nim apresentaram maiores níveis de cálcio e magnésio nas folhas. A incorporação do nim reduziu a densidade populacional de *Pratylenchus*; no entanto, a dose aplicada não foi eficaz no controle de *Meloidogyne enterolobii*.

Palavras-chave: *Azadirachta indica*, *Meloidogyne enterolobii*, *Pratylenchus*, *Psidium guajava*, qualidade de solo, nutrição de planta.

Abstract

The use of neem amendments in agricultural management has been associated to control of many plant parasitic nematodes in addition to improving in soil chemical, physical and biological quality. The objective of this work was to evaluate effects of neem cake application on plant parasitic nematodes, microbial activity and chemical attributes of soil, and plant nutrition, in guava (*Psidium guajava*) orchard under semiarid conditions. Therefore, six months orchard was spliced into two equal areas, being one randomly picked up for twice application of neem cake at 1 kg/plant 25 cm deep. Evaluations were carried up in 48 plants per area 90 days after the first and the second application of neem cake (180 days after the first application). Covariance analyses showed neem cake improved soil quality increasing organic carbon and soil total nitrogen levels besides the increase in microbial activity

indicated by increase in both soil C-CO₂ evolution and free living nematodes density. In treated area, plants presented higher calcium and magnesium in leaves and lower *Pratylenchus* density; however neem cake did not affect *Meloidogyne enterolobii* density.

Keywords: *Azadirachta indica*, *Meloidogyne enterolobii*, *Pratylenchus*, *Psidium guajava*, soil quality, plant nutrition.

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) pertencente à família *Myrtaceae*, nativa dos trópicos da América, amplamente distribuída em regiões tropicais e subtropicais, desenvolve-se em diversos tipos de clima e solo (GUTIÉRREZ; MITCHELL; SOLIS, 2008, RODRIGUEZ et al, 2004). No Brasil, extensas áreas apresentam condições edafoclimáticas favoráveis à produção comercial de goiaba, especialmente no Nordeste, onde a fruticultura apoia-se em condições climáticas singulares, combinando temperatura elevada e insolação constante com baixa umidade relativa do ar. Além do mais, diversos pólos de agricultura irrigada, como o vale do Submédio São Francisco, favorecem a exploração da goiabicultura no Nordeste, que vem se expandindo de forma significativa, com alto rendimento e frutos com qualidade superior, tornando a região uma das principais produtoras do País (NETO et al., 2013).

De grande importância para a agricultura mundial, os nematoides do gênero *Meloidogyne* Goeldi causam distúrbios fisiológicos nas plantas, formando galhas radiculares e prejudicando a absorção de água e nutrientes. No Brasil, a espécie *M. enterolobii* Yang e Eisenback, altamente agressiva à goiabeira, teve o primeiro relato na cultura em 2001 nos municípios de Petrolina (PE), Curaçá e Maniçoba (BA) (CARNEIRO et al., 2001). Danos severos são reportados em pomares comerciais por todo o país, com elevados prejuízos econômicos, principalmente no vale do submédio São Francisco. Estudos realizados em diferentes regiões do país confirmaram que o nematoide foi responsável pelo extermínio de cerca de cinco mil hectares de pomares em todo o Brasil, com perdas diretas estimadas em mais de US\$ 70 milhões (PEREIRA et al., 2009). Os danos podem ser ainda maiores quando o *M. enterolobii* encontra-se associado a nematoides do gênero *Pratylenchus*, já relatado em regiões produtoras de goiaba do Brasil (RUAS et al., 2009), embora a dinâmica do parasitismo e os eventuais danos que causa às goiabeiras necessitem de estudos.

Diante da ineficácia de nematicidas químicos, alto custo e risco ambiental e à saúde do homem, tentativas de controlar esses fitonematoides têm sido feitas buscando-se plantas resistentes e pela incorporação de extratos vegetais que emitem fitoquímicos alelopáticos aos fitonematoides. Estudos *in vitro* e em casas de vegetação têm demonstrado que os bioativos

da árvore de nim, *Azadirachta indica* A. Juss (Família *Meliaceae*) são efetivos no manejo de diversos fitonematoides. Este sucesso é atribuído a uma lista de compostos de alta complexidade, triterpenoides, ou mais especificamente, limonoides (JAVED et al., 2007, 2008). Além disso, a incorporação de materiais orgânicos causa forte impacto nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, criando um ambiente favorável a microrganismos antagonistas a fitonematoides (JAVED, 2008).

O objetivo do presente estudo foi avaliar os efeitos da incorporação de torta de nim na atividade microbiana do solo, atributos químicos do solo e da planta, e nas comunidades de nematoides, especialmente os de importância agrícola para a goiabicultura.

Materiais e Métodos

Área Experimental

O experimento foi realizado em um pomar de goiabeiras com aproximadamente seis meses de implantação, localizado em um assentamento rural na sub-bacia do Rio Ipanema no município de Pesqueira-PE (Figura 1). A área experimental foi de 0,84 ha e se situa entre as coordenadas 8° 23.835' e 8° 23.903' de latitude sul e 36° 51.515' e 36° 51.475' de longitude oeste. O solo da área foi descrito de acordo com Corrêa e Ribeiro (2001) como predominantemente Neossolo Regolítico, com teores médios de 751,32 g kg⁻¹, 169,13 g kg⁻¹ e 79,55 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. O clima da região, segundo a classificação de Köppen (1948), é do tipo BSh (quente, semiárido) (KÖPPEN, 1948). A temperatura média anual é de 23° C, precipitação média anual de 700 mm e evapotranspiração média anual de 2000 mm (SANTOS et al., 2012). Antes da implantação do experimento, foram realizadas amostragens exploratórias a fim de detectar a presença de nematoides dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*.



Figura 1. Localização do município de Pesqueira, no Estado de Pernambuco, Brasil.

Instalação e Condução do Experimento

A área experimental foi dividida em duas áreas de dimensões semelhantes (área 1 e área 2). Em cada área foi delimitada malha de amostragem regular de 8×6 , com espaçamento médio de 10 m entre pontos, e cada ponto constituído por uma goiabeira tomada a cada duas anteriores, totalizando 8 goiabeiras por linha. As linhas foram tomadas de forma intercalada, uma a uma, totalizando seis linhas por área experimental, de forma que em cada área foram avaliadas 48 goiabeiras (Figura 2). A área 1, escolhida aleatoriamente, teve as goiabeiras tratadas com torta de nim, em duas aplicações. Em cada aplicação abriu-se trincheiras ao redor da planta, na área de projeção da copa, de aproximadamente 25 cm de profundidade, alocando-se uniformemente o produto na dose de 1 kg/planta, fechando-se as trincheiras com solo.

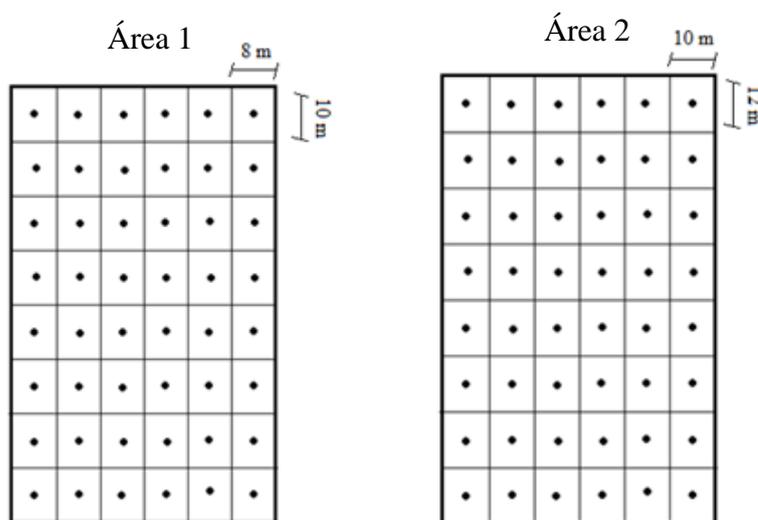


Figura 2. Representação gráfica das malhas de amostragem compreendendo 48 pontos em cada área.

A torta de nim utilizada foi cedida pela Usina Cruangi, localizada no município de Timbaúba, Zona da Mata Pernambucana. O composto orgânico foi analisado quanto aos teores de macro e micronutrientes (Tabela 1).

Tabela 1. Teores de macro e micronutrientes na torta de nim empregada no experimento

Amostra	N	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn
Torta de Nim	23,92	14,335	0,569	0,966	1,145	1,049	0,512	1,041

N – Nitrogênio; K – potássio; Na – sódio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Zn – zinco; Cu – Cobre; Mn – manganês.

Durante o período experimental, o pomar foi irrigado via gotejamento, de acordo com a necessidade, e não recebeu qualquer tipo de fertilizante químico. O controle de plantas invasoras foi feito manualmente.

Amostragens de Solo, Raízes e Folhas

Para as análises químicas e nematológicas de solo e raiz, foram coletados cerca de 2 Kg de solo + 20g de raízes de cada ponto da malha, na camada de 0-25 cm. As coletas foram realizadas em três períodos: I) Primeira coleta (c1), imediatamente antes da aplicação da torta de nim; II) Segunda coleta (c2), 90 dias após “c1” e; III) Terceira coleta (c3), 90 dias após “c2”, totalizando 180 dias experimentais. A aplicação da torta de nim foi feita imediatamente após a primeira (c1) e segunda coleta (c2). Para as análises químicas das folhas, foi coletado o 4º par de folhas de oito ramos de cada goiabeira. Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, protegidas de fontes de calor, identificadas e levadas aos laboratórios de Fitonematologia, de Química do Solo e de Nutrição Mineral, todos da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Análises Nematológicas

As amostras de solo foram homogeneizadas, processadas, e os nematoides extraídos a partir de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964). A suspensão de nematoides foi mantida sob refrigeração (4-6 °C) até o momento da contagem e identificação dos nematoides em lâmina de Peters, com auxílio de um microscópio óptico (100x). Os resultados foram contabilizados em número de espécimes por 300 cm³ de solo. Os nematoides endoparasitas foram extraídos das raízes das goiabeiras pelo método da trituração em solução de hipoclorito de sódio a 0,5% (BONETTI; FERRAZ, 1981).

Os nematoides foram classificados de acordo com o hábito alimentar em nematoides de vida livre ou fitoparasitas; para os nematoides fitoparasitas, a identificação foi feita em nível de gênero usando-se a chave de Mai et al. (1996). Para diagnóstico de espécies de *Meloidogyne*, fêmeas foram extraídas das raízes das goiabeiras para estudo do fenótipo enzimático de esterase. Seguiu-se a metodologia de Ornstein (1964) e Davis (1964) para a corrida, mas a revelação das esterases baseou-se em Alfenas et al. (1991).

Análises Químicas

O teor de carbono orgânico total no solo foi determinado por oxidação da matéria orgânica via úmida, conforme descrito em Yeomans e Bremner (1988). Esse método consiste em digerir 0,5 g de terra fina seca ao ar (TFSA) passada por peneira de 60 mesh em 5 mL de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,167 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, por 30 minutos em bloco digestor a 170 °C. Após o resfriamento, os extratos são transferidos para erlenmeyers de 250mL de capacidade e tem o volume completado para 80 mL com água deionizada. Para a titulação, 3 mL da solução indicadora ferroin foi adicionada a cada extrato e procede-se a titulação com solução de sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) 0,20 M. Foram realizadas provas em branco, com e sem aquecimento, para cálculo do teor de carbono orgânico pela fórmula:

$$CO = \frac{\left\{ \left[\frac{(Vba - Vam)(Vbn - Vba)}{Vbn} \right] + (Vba - Vam)[M](3)(100) \right\}}{Ms}$$

CO = carbono orgânico ($dag\ kg^{-1}$);

Vba = volume gasto na titulação do branco com aquecimento;

Vbn = volume gasto na titulação do branco sem aquecimento;

Vam = volume gasto na titulação da amostra;

[M] = molaridade do sulfato ferroso;

Ms = massa da amostra de solo em miligrama.

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) do solo foi realizada utilizando-se 10 g de TFSA em água (1:2,5), que foi agitada por 1 minuto e, após 1 hora, feita nova agitação e a leitura em pHmetro calibrado com soluções padrão.

A atividade microbiana do solo foi estimada pela taxa de evolução C-CO₂ (GRISI, 1978). As amostras de solo (100 g) foram acondicionadas em potes plásticos no momento das amostragens e imediatamente levadas ao laboratório, onde foram colocados com outro pote contendo 10 mL 0,5N KOH em câmara de vidro totalmente vedada durante 15 dias a 25 °C ± 2 °C em ambiente protegido da luz. O CO₂ absorvido pelo KOH foi determinado por titulação com HCl 0,1N, usando fenolftaleína e laranja de metila como indicadores.

Os teores de sais solúveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) do solo foram determinados a partir dos seus respectivos extratos de saturação. Um espectrofotômetro de absorção atômica com chama foi utilizado para leitura dos cátions bivalentes e um fotômetro de chama para os cátions monovalentes (EMBRAPA, 2009).

A análise nutricional das plantas foi realizada a partir de 0,1g das amostras de folhas secas em estufa, submetidas à digestão nítrica em forno de microondas Mars6 (CEM®), com

software específico que permite o controle da temperatura e pressão durante o processo da digestão, realizando todo o processo em sistema fechado. Para leitura dos macronutrientes monovalentes (Na^+ e K^+) foi utilizado um fotômetro de chama, e para os macronutrientes bivalentes (Ca^{2+} e Mg^{2+}) e micronutrientes (Zn, Cu e Mn), um espectrofotômetro de absorção atômica, de acordo com os métodos propostos por EMBRAPA (2009).

O nitrogênio total foi quantificado nas amostras de solo e folhas submetidas à digestão sulfúrica. Para as folhas pesou-se 0,1 g das amostras secas e trituradas e para o solo 0,5 g de TFSA, as amostras foram colocadas em tubos digestores e foi adicionada 1g da mistura de sais (100 g de Na_2SO_4 + 10 g de CuSO_4 + 1 g de selênio metálico), 1 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após 2 horas a 250 °C em bloco digestor, as amostras foram resfriadas naturalmente até a temperatura ambiente e, após adição de NaOH concentrado, passadas por um destilador de nitrogênio. A leitura do N (dag kg^{-1}) foi feita por titulação com HCl (EMBRAPA, 2009).

Análise Estatística

Foi realizada análise estatística descritiva dos dados, através da avaliação de medidas de tendência central (média) e dispersão (desvio padrão, coeficiente de variação), abundância e dominância. Os dados nutricionais das goiabeiras foram submetidos à análise de variância, bem como de aderência à distribuição normal, segundo o teste de Kolmogorov-Smirnov a 5% de significância. Os dados nematológicos foram transformados para $\log_{10}(x + 1)$ para assumir condição de normalidade. Os dados foram submetidos à análise de covariância (ANCOVA), utilizando o software SAS[®], versão 9.2 (SAS INSTITUTE, 2008) e os gráficos foram gerados utilizando o pacote Car do software R, versão 3.1.2 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015).

Resultados e Discussão

Efeito da torta de nim sobre as populações de nematoide

Os gêneros de fitonematoídeos encontrados com maior frequência nas áreas de estudo foram *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e *Meloidogyne*, os quais são de importância econômica devido aos danos que causam às plantas. Para o gênero *Meloidogyne* os resultados revelaram um perfil isoenzimático VS1-VS1, típico de *M. enterolobii* (XU et al., 2004).

Houve aumento da abundância de todos os nematoídeos em ambas as áreas. Entretanto, devido ao decréscimo da dominância de ectoparasitas e endoparasitas na área tratada, a dominância dos nematoídeos de vida livre aumentou 163% da primeira para a terceira coleta,

elevando sua dominância de 26,88% para 37,11%. Um aumento menos expressivo (+95,24%) na abundância desse grupo de nematoides foi detectado na área 2, sem torta de nim, em que a dominância saiu de 41,82% na coleta 1 para 27,03% na coleta 3 (Tabela 2).

Tabela 2. Abundância, média e dominância dos nematoides associados a um pomar de goiabeiras no semiárido pernambucano, com e sem incorporação da torta de nim, em três períodos de amostragem.

Nematoide Coleta	AREA 1 (Com Nim)			AREA 2 (Sem Nim)		
	A	Média±DP	D (%)	A	Média±DP	D (%)
Vida Livre						
Coleta 1	8161	170,02 ± 199,4	26,88	7882	164,2 ± 191,98	41,82
Coleta 2	13637,5	284,11 ± 173,4	37,6	10900,5	227,1 ± 195,6	38,18
Coleta 3	21467,5	447,24 ± 397,3	37,11	15389	320,6 ± 291,7	27,03
Fitoparasitas						
Coleta 1	22215	462,8 ± 720,8	73,13	10964,5	228,43 ± 179,4	58,18
Coleta 2	22633,5	471,53 ± 608,2	62,4	17649	367,7 ± 282,6	61,82
Coleta 3	36375,5	757,82 ± 843,5	62,8	41539,95	865,41 ± 1050	72,96
Endoparasitas						
Coleta 1	9544	198,3 ± 334,4	31,42	4293	89,44 ± 93,82	22,78
Coleta 2	12039	250,81 ± 437,5	33,19	7887,5	164,32 ± 150,8	27,6
Coleta 3	22391,5	466,5 ± 566,18	38,71	22979,5	478,74 ± 773,9	40,36
Ectoparasitas						
Coleta 1	12671	264 ± 404,3	41,71	6671,5	138,99 ± 149,1	35,4
Coleta 2	10594	220,72 ± 264,8	29,3	9761,5	203,36 ± 199,5	34,2
Coleta 3	13984	291,33 ± 354,9	24,17	18560,45	386,68 ± 377,7	32,6
Meloidogyne						
Coleta 1	2483	51,72±142,61	8,17	2528	53,79±83,82	13,41
Coleta 2	4187	87,23±272,17	11,54	3553	74,01±119,31	12,44
Coleta 3	5312	110,66±223,93	9,22	9710	202,28±276,23	17,08
Pratylenchus						
Coleta 1	7062	147,11±138,94	23,25	1765	37,55±46,98	9,37
Coleta 2	7852	163,58±246,18	21,65	4335	90,31±116,97	15,18
Coleta 3	16985	353,84±545,03	29,49	13305	277,18±407,84	23,4
Rotylenchulus						
Coleta 1	8938	186,20±366,93	29,42	1599	34,01±50,99	8,48
Coleta 2	5022	104,63±148,19	13,85	2757	57,43±74,34	9,66
Coleta 3	9315	194,06±306,63	16,18	9247	192,64±276,23	16,26

A (abundância): soma do número de nematoides em 48 amostras de 300 cm³ de solo, Média ± DP: Média e desvio padrão de nematoides por 300 cm³ de solo, D (%): dominância de cada táxon expresso em porcentagem.

Para os nematoides fitoparasitas, apesar do aumento na abundância (+63,74%) na área 1, a dominância caiu de 73,13% para 62,8%, devido ao aumento na abundância de nematoides de vida livre nesta área. Na área 2, os fitoparasitas tiveram um grande aumento na abundância

(+279%) e na dominância, partindo de 58,18% na coleta 1 para 72,96% na coleta 3 (Tabela 6). Portanto, apesar do aumento de abundância de todos os nematoides em ambas as áreas, a área tratada com torta de nim favoreceu a proliferação de nematoides de vida livre mais do que a área não tratada, onde esse grupo de nematoides perdeu dominância para os fitonematoides.

A análise de covariância para os dados nematológicos (Tabela 3) avaliou se existiu efeito de população inicial (FV- Pi), do tratamento com a torta de nim (FV – Nim) e se existiu interação (Nim × Pi). Quando existe interação, as linhas de regressão para área 1 e 2 possuem inclinações diferentes (Figura 3), indicando que o efeito do tratamento variou em função da população inicial. Quando não há efeito de interação, a inclinação é igual para área tratada e não tratada. Neste caso, a diferença entre os valores de intercepto das funções Y_N e Y_{SN} está relacionada à distância entre as linhas de regressão para os dados das duas áreas de estudo e, quanto maior essa distância, maior a possibilidade de haver diferença para o tratamento.

Tabela 3. Análises de covariância dos dados nematológicos em áreas de pomar de goiabeiras no semiárido pernambucano, em relação à aplicação de torta de nim.

FV	0-90		0-180	
Vida Livre				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	2,21	0,1410 ^{ns}	4,58	0,0351*
Pi	0,29	0,5888 ^{ns}	0,50	0,4801 ^{ns}
Nim x Pi	0,05	0,8194 ^{ns}	0,02	0,8830 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 2,1391 - 0,0254 X$ $Y_{SN} = 2,2619 - 0,0254 X$		$Y_N = 2,5835 - 0,02864 X$ $Y_{SN} = 2,4273 - 0,02864 X$	
Fitoparasitas				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	0,19	0,6606 ^{ns}	1,28	0,2604 ^{ns}
Pi	3,25	0,0747 ^{ns}	3,66	0,0591 ^{ns}
Nim x Pi	1,09	0,2996 ^{ns}	0,07	0,7880 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 1,9447 + 0,1931 X$ $Y_{SN} = 1,9891 + 0,1931 X$		$Y_N = 2,1395 + 0,2179 X$ $Y_{SN} = 2,2553 + 0,2179 X$	
Endoparasitas				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	0,53	0,4705 ^{ns}	9,18	<0,0001*
Pi	2,35	0,1289 ^{ns}	2,41	0,1238 ^{ns}
Nim x Pi	0,23	0,6325 ^{ns}	0,03	0,8605 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 1,6166 + 0,1569 X$ $Y_{SN} = 1,7297 + 0,1569 X$		$Y_N = 2,1994 + 0,1004 X$ $Y_{SN} = 2,2546 + 0,1004 X$	
Ectoparasitas				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	0,23	0,6310 ^{ns}	2,97	0,0884 ^{ns}
Pi	7,92	0,0060*	2,67	0,1056 ^{ns}
Nim x Pi	0,02	0,9010 ^{ns}	0,20	0,6587 ^{ns}

Regressão	$Y_N = 1,5826 + 0,2444 X$ $Y_{SN} = 1,6321 + 0,2444 X$	$Y_N = 1,8693 + 0,1626 X$ $Y_{SN} = 2,0589 + 0,1626 X$		
<i>Meloidogyne</i>				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	1,48	0,2262 ^{ns}	0,60	0,4417 ^{ns}
Pi	12,82	0,0006*	30,69	<0,0001*
Nim x Pi	0,42	0,5205 ^{ns}	0,00	0,9889 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 0,5629 + 0,3413 X$ $Y_{SN} = 0,8087 + 0,3413 X$		$Y_N = 0,6541 + 0,5672 X$ $Y_{SN} = 0,8149 + 0,5672 X$	
<i>Pratylenchus</i>				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	0,27	0,6067 ^{ns}	3,21	0,0453*
Pi	6,49	0,0125*	2,92	0,0913 ^{ns}
Nim x Pi	0,35	0,5561 ^{ns}	0,56	0,4567 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 1,2362 + 0,2533 X$ $Y_{SN} = 1,1373 + 0,2533 X$		$Y_N = 1,8278 + 0,2546 X$ $Y_{SN} = 1,8664 + 0,2546 X$	
<i>Rotylenchulus</i>				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	0,97	0,3269 ^{ns}	1,63	0,1887 ^{ns}
Pi	9,87	0,0023*	6,04	0,0159*
Nim x Pi	4,26	0,0420*	0,04	0,8432 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 1,4651 + 0,0556 X$ $Y_{SN} = 0,8207 + 0,4352 X$		$Y_N = 1,3877 + 0,2546 X$ $Y_{SN} = 1,3445 + 0,2546 X$	

0-90 dias – colunas referentes às análises de covariância entre a primeira e segunda coleta; 0-180 dias – colunas referentes às análises de covariância entre a primeira e terceira coleta. Nim – tratamento (área 1 – com nim; área 2 – sem nim); Pi – População inicial; Nim x Pi – interação entre população inicial e tratamento; Y_N – regressão de covariância para área com nim (área 1); Y_{SN} – regressão de covariância para área sem nim (área 2). * significativo pelo teste F (erro Tipo III) a 5%; ^{ns} - Não significativo pelo teste F a 5%. Interação não significativa implica em valores de parâmetro iguais para as regressões.

A análise de covariância, ajustada para as diferentes populações iniciais, indicam que o tratamento com a torta de nim afetou a população de nematoides de vida livre de 0-180 dias, promovendo maior incremento desse grupo na área tratada (Tabela 3 e Figura 3).

Estudos revelam que a incorporação de compostos orgânicos no solo influencia a comunidade de microrganismos do solo e, conseqüentemente, a comunidade de nematoides de vida livre (HOLLAND; COLEMAN, 1987; FERRIS; VENETTE; SCOW, 2004; GRUVER et al., 2010). Solos com maiores teores de matéria orgânica suportam maiores populações de bactérias e fungos, favorecendo a proliferação de nematoides de vida livre que se alimentam desses organismos, corroborando os resultados encontrados no presente estudo.

O grupo dos nematoides fitoparasitas foi o mais representativo em ambas as áreas da primeira à última coleta, com dominâncias iniciais de 73,13% (área 1) e 58,18% (área 2). Ao final do experimento, a dominância deste grupo trófico caiu para 62,8% na área tratada e aumentou na área não tratada, atingindo dominância de 72,96% (tabela 2), indicando algum

efeito da incorporação da torta de nim na densidade populacional dos fitoparasitas, mas que não foi detectado pela análise de covariância (Tabela 3).

Os nematoides fitoparasitas podem ser classificados de acordo com a relação alimentar estabelecida com a planta em ectoparasita, endoparasita e semi-endoparasita. Os endoparasitos encontrados na área experimental foram dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*. *Rotylenchulus* foi o único semi-endoparasita encontrado, contrastando com o grande número de gêneros ectoparasitos presentes na rizosfera: *Helicotylenchus*, *Trichodorus*, *Paratrichodorus*, *Xiphinema*, *Criconemella*, *Hemicycliophora*, *Tylenchus*, *Tylenchulus*, *Longidorus*, *Tylenchorynchus*, *Hoplolaimus* e *Belonolaimus*. Subsídios sobre a importância dos nematoides ectoparasitas para a goiabeira são escassas, os gêneros *Rotylenchulus*, *Tylenchorynchus*, *Tylenchus* e *Helicotylenchus* já foram encontrados associados às raízes de goiabeiras, porém não há informações sobre eventuais danos e prejuízos causados por esses nematoides (KORAYEM et al., 2014).

As populações de nematoides ectoparasitas mostraram tendência a manter-se estáveis na área 1 durante todo o período experimental, com pequenas variações em abundância nas diferentes épocas de coleta. Em função do incremento de nematoides de vida livre, os ectoparasitos perderam dominância ao longo do tempo, saindo de 41,71% para 24,17% ao final do experimento. Na área 2, a abundância dos ectoparasitas aumentou em 178,2%, acompanhando o crescimento das populações dos nematoides de vida livre, consequentemente, a dominância deste grupo se manteve praticamente estável, com diferença de 1,8% entre a primeira e terceira coleta (Tabela 2). A análise de covariância ajustada para as diferentes populações iniciais (Tabela 3) não detectou diferença entre os tratamentos, mostrando que, nas condições do experimento, a torta de nim não influenciou a população de nematoides ectoparasitas.

Ao contrário dos nematoides ectoparasitas, os endoparasitas aumentaram tanto em abundância quanto em dominância no decorrer do experimento nas duas áreas, sendo o incremento mais expressivo na área 2, de 435,3% e 134,6% na área 1, que se refletiram maiores dominâncias desse grupo nas duas áreas ao fim do experimento (Tabela 2). De fato, a análise ajustada para as diferentes populações iniciais (Tabela 3) detectou maior crescimento populacional dos endoparasitas na área 2 depois de 180 dias da primeira aplicação do nim, indicando que a incorporação da torta de nim promoveu o controle desse grupo de nematoides na área 1.

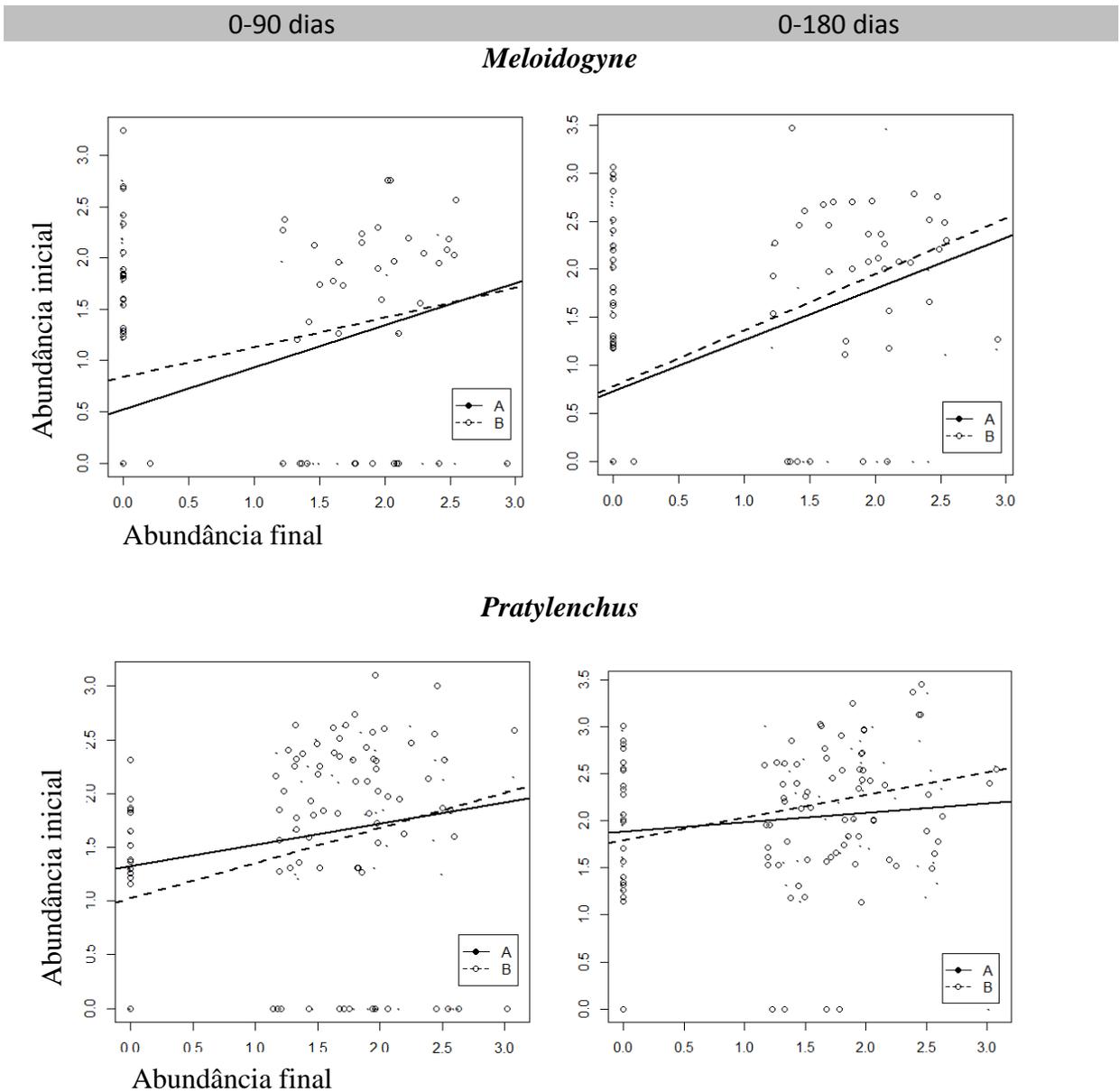
Considerado o gênero mais importante para a goiabeira no semiárido pernambucano, *Meloidogyne* apresentou maior abundância e dominância ao fim do experimento nas duas

áreas experimentais (Tabela 2). A análise de covariância ajustada para as diferentes populações iniciais não detectou nenhuma influência da incorporação da torta de nim sobre a população de *Meloidogyne* durante o período de estudo (Tabela 3).

Diversos estudos relatam a eficácia de extratos de nim no combate a outras espécies de *Meloidogyne* (OKA, 2010; ABBASI et al., 2005). Oka et al. (2007) observaram que a torta de nim foi eficaz, mesmo em doses baixas (1-2 ton ha⁻¹); avaliando extratos de nim com 10% de azadiractina, detectaram efeito nematicida para *M. javanica* em solo arenoso (pH 8,5) para concentrações maiores que 0,05 g Kg⁻¹. Javed et al. (2007) concluíram que a torta de nim possui efeito sistêmico e persistente, pois foi capaz de inibir o desenvolvimento de *M. incognita* na dose de 3% p/p, independente deste ser inoculado antes ou depois do tratamento das raízes de tomateiro. A imersão das raízes em extrato aquoso de nim teve efeito curativo, agindo sobre os nematoides que já haviam penetrado, reduzindo a infecção posterior. A ação sobre os nematoides continuou mesmo quando as raízes foram lavadas logo após o tratamento com o extrato, mostrando possuir um efeito residual. Em goiabeiras, outros estudos não detectaram efeito nematicida na torta de nim. Almeida et al. (2011), em um ensaio em casa de vegetação, concluíram que a torta de nim é uma boa promotora de crescimento para goiabeiras, mas não teve efeito nematicida, corroborando os resultados deste estudo.

A população de *Pratylenchus* não sofreu redução na área tratada em quaisquer épocas de amostragem, embora o aumento na abundância deste nematoide tenha sido menor na área com a torta de nim (+140% na área 1 contra +654% na área 2), conforme Tabela 2. No início do experimento, a abundância de *Pratylenchus* era menor na área 2 e atingiu os mesmos patamares da área 1 ao final do experimento (Tabela 2). A análise de covariância confirma que a densidade populacional de *Pratylenchus* foi afetada pela aplicação da torta de nim aos 180 dias (Tabela 3), apresentando menor crescimento populacional. Esse resultado, entretanto, deve ser olhado com cautela, pois as informações obtidas na literatura científica sobre o uso de produtos à base de nim para o controle de fitonematoides são controversas, especialmente em estudos de campo. Por exemplo, embora diversas pesquisas relatem efeito nematicida do nim (JOTHI et al., 2004; ABBASI et al, 2005; FERRAZ et al. 2010), os efeitos podem ter sido indiretos, pela melhoria da qualidade do solo, com o aumento nos teores de matéria orgânica e consequente aumento na comunidade microbiana (AKHTAR, 1998). Oliveira et al. (2005), ao avaliarem a ação de produtos químicos e naturais sobre a população de *Pratylenchus brachyurus*, na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* sp.), concluíram que o óleo de nim não possui efeito nematicida consistente, mostrando, algumas vezes, populações do nematoides maiores que a testemunha.

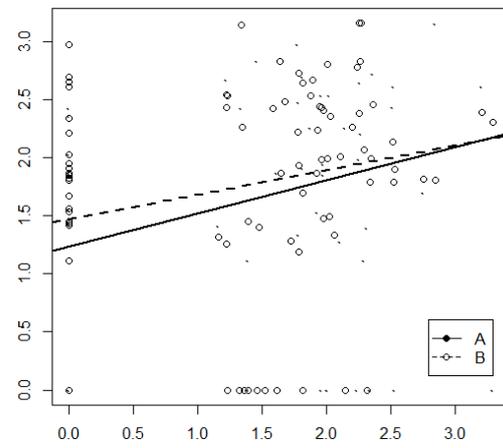
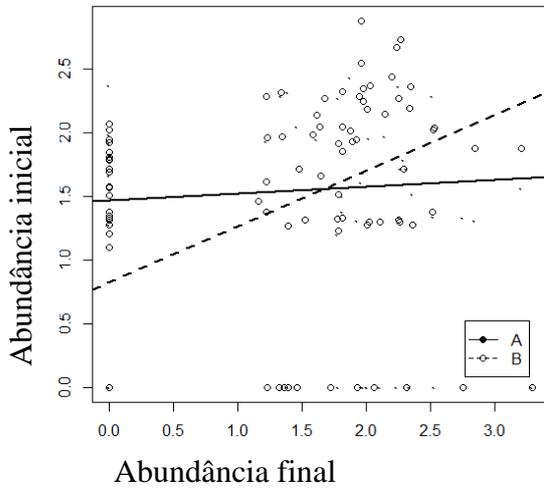
Dentre os nematoides analisados, *Rotylenchulus* foi o único a apresentar interação entre o tratamento e população inicial (Pi), embora o efeito da torta de nim isoladamente não tenha sido significativo em nenhum dos tempos analisados. A interação indica que a eficácia do tratamento variou em função da população inicial. Ao analisar o gráfico da covariância para 0-90 dias para *Rotylenchulus* (Figura 3), observa-se diferença entre as inclinações das curvas de regressão para a área 1 e 2, sinalizando que na área tratada, regiões com menor população inicial cresceram mais que as regiões com maior população inicial, enquanto na área 2, regiões com maior população inicial tiveram um incremento maior. Portanto, conclui-se que o tratamento é eficaz em controlar *Rotylenchulus* quando a população se encontra em densidade mais elevada.



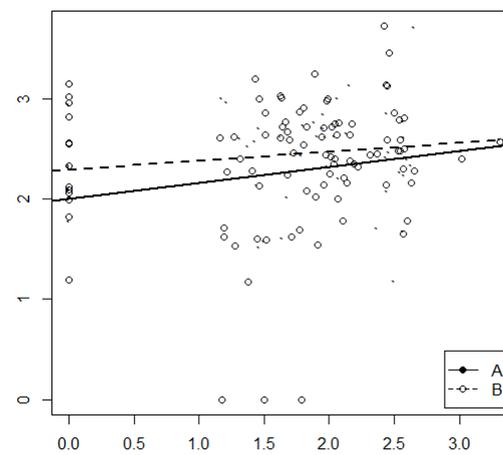
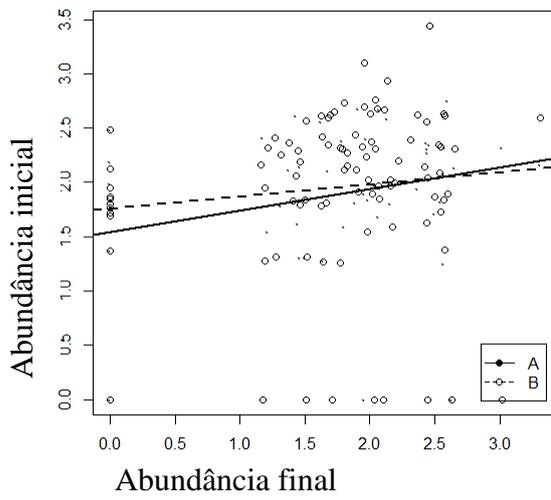
0-90 dias

0-180 dias

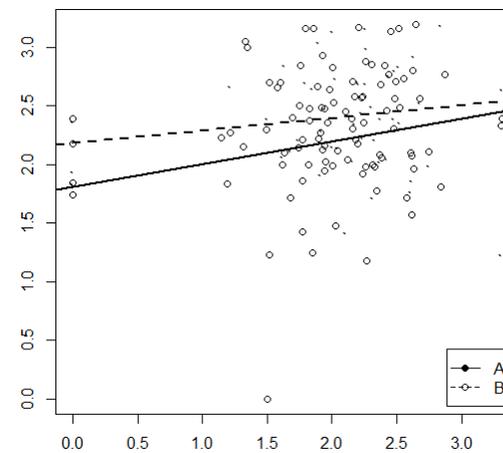
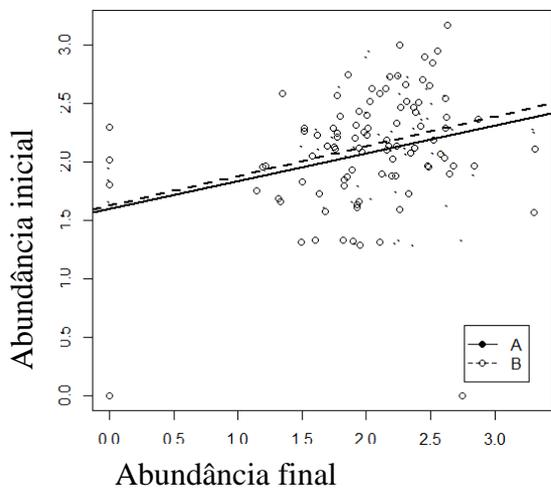
Rotylenchulus



Endoparasitas



Ectoparasitas



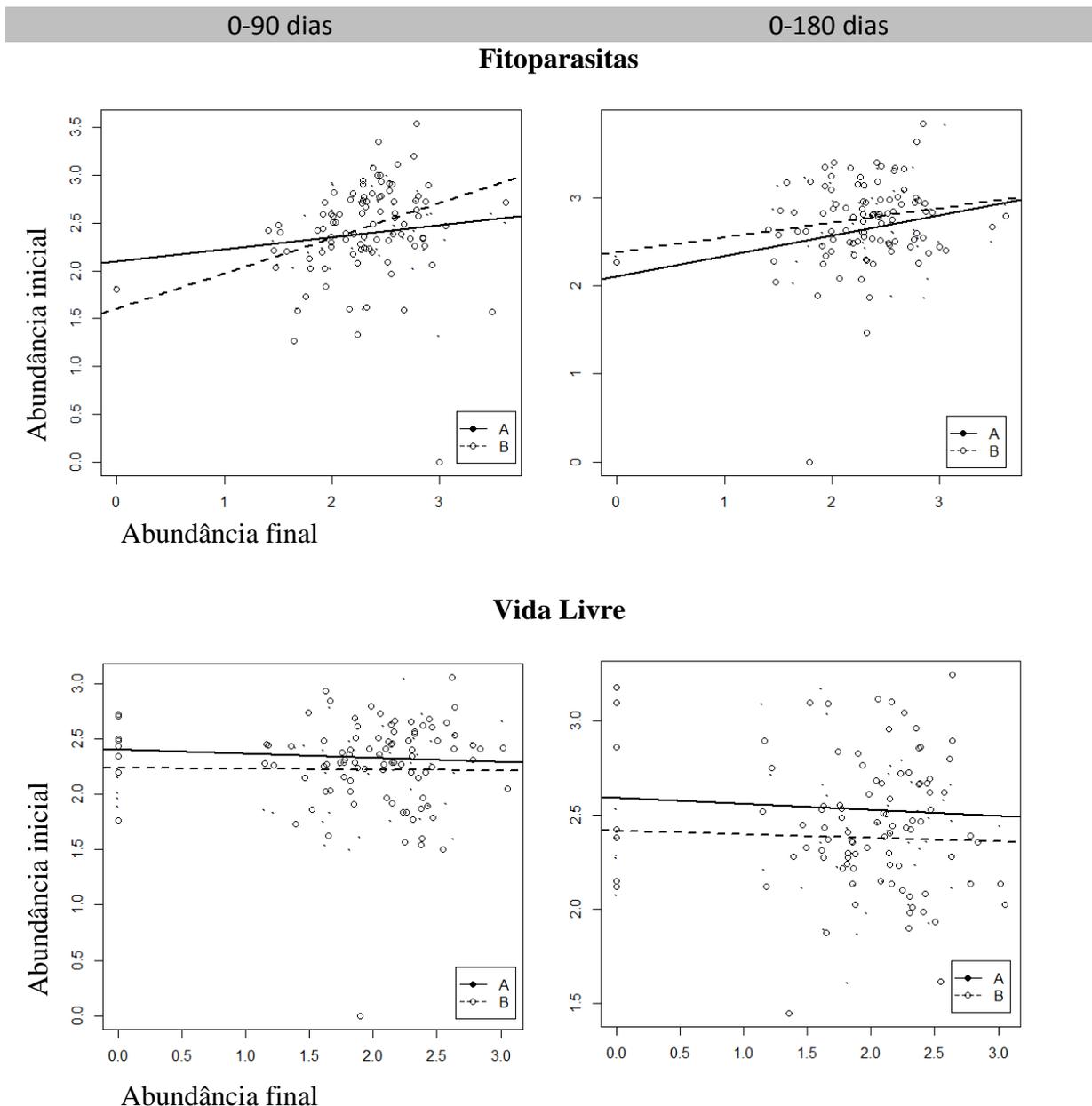


Figura 3. Gráficos de covariâncias dos dados nematológicos. Eixo X – Abundância inicial; Eixo Y – abundância final. Linha contínua (A) representa a regressão de covariância para a área 1 e linha tracejada (B) para a área 2. Pontos dispersos nos gráficos são respostas para a área 1 e círculos sem preenchimento são respostas para a área 2. Gráficos à esquerda: análise de 0 a 90 dias; gráficos à direita: análise de 0 a 180 dias.

Efeitos da torta de nim nos atributos químicos do solo e na nutrição da planta

Os resultados da análise descritiva para os atributos químicos do solo se encontram resumidos na Tabela 4. O teste de Kolmogorov-Smirnov (KS) apontou normalidade para a maioria dos dados analisados. Os valores de coeficiente de variação (CV) mostraram que as

variáveis químicas foram bastante heterogêneas, exceto pH, que apresentou baixa variabilidade (<12%) de acordo com os limites propostos por Warrick e Nielsen (1980).

Tabela 4. Resumo descritivo de atributos do solo de pomar de goiabeira no Agreste Pernambucano com (área 1) e sem (área 2) aplicação de torta de nim.

		Área 1				Área 2			
		Média	CV(%)	Curtose	KS	Média	CV(%)	Curtose	KS
C-CO₂	Coleta 1	10,67	74,87	-0,41	*	17,21	108,20	8,79	*
	Coleta 2	12,81	89,97	4,17	ns	16,25	75,05	5,26	*
	Coleta 3	19,01	66,23	2,67	*	20,57	73,07	5,64	ns
CO	Coleta 1	0,45	37,29	0,08	*	0,38	45,23	-0,16	*
	Coleta 2	0,73	12,48	-0,03	*	0,64	17,35	0,34	*
	Coleta 3	0,87	15,61	0,66	*	0,69	22,23	-0,43	*
pH	Coleta 1	7,21	8,23	0,32	*	7,16	3,91	-0,02	*
	Coleta 2	6,17	7,86	-0,25	*	6,32	7,60	0,01	*
	Coleta 3	7,23	6,62	-0,52	ns	7,56	4,20	0,42	*
K⁺	Coleta 1	0,98	49,04	1,41	*	1,00	48,01	-0,07	ns
	Coleta 2	0,90	24,81	-0,23	*	1,13	42,90	1,45	*
	Coleta 3	1,24	53,30	0,38	*	1,30	60,07	-0,42	Ns
Na⁺	Coleta 1	4,00	46,14	0,98	*	3,62	45,84	0,70	ns
	Coleta 2	2,29	36,58	0,16	ns	2,43	45,22	0,05	ns
	Coleta 3	15,09	67,32	-0,02	ns	16,46	72,07	-0,48	ns
Mg⁺²	Coleta 1	1,84	52,98	-1,04	*	1,83	62,80	0,44	*
	Coleta 2	2,51	77,43	-0,53	ns	3,51	88,75	4,31	*
	Coleta 3	3,43	29,22	-0,20	*	3,62	32,46	0,35	ns
Ca⁺²	Coleta 1	2,90	34,48	0,48	*	1,74	45,21	0,05	*
	Coleta 2	1,65	81,30	0,72	ns	3,03	124,61	19,95	ns
	Coleta 3	3,13	30,83	0,20	*	5,24	27,04	0,06	*
NT	Coleta 1	0,61	16,78	-0,3287	ns	0,56	17,04	-0,39	*
	Coleta 2	6,22	17,70	1,3008	ns	5,32	10,17	-0,14	ns
	Coleta 3	7,73	22,66	0,3240	ns	5,83	23,62	0,23	ns

CV – Coeficiente de variação; C-CO₂ – Evolução C-CO₂ (mg CO₂); CO – Carbono orgânico (dag kg⁻¹); pH – Potencial hidrogeniônico; CE – Condutividade elétrica do extrato de saturação (dS m⁻¹); K⁺ – Potássio (cmolc L⁻¹); Na⁺ – Sódio (cmolc L⁻¹); Mg⁺² – Magnésio (cmolc L⁻¹), Ca⁺² – Cálcio (cmolc L⁻¹), e NT – Nitrogênio total (g Kg⁻¹). Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns– não significativo; * - significativo. Coletas 1, 2 e 3 aos 0, 90 e 180 dias do início do experimento, respectivamente.

A análise de covariância para os atributos do solo (tabela 5) avaliou se houve efeito do teor inicial (FV – Ti), do tratamento com a torta de nim (FV – Nim) e se existiu interação entre tratamento e teor inicial (FV – Nim x Ti). Os gráficos de covariância ilustram efeitos de interação (indicados pela inclinação das linhas de regressão) e do tratamento (distâncias entre as linhas) (figura 4). Na ausência de interação, os parâmetros são estatisticamente iguais, ou seja, a variação do teor final não depende do teor inicial. Neste caso, a diferença entre os tratamentos são analisados pelos valores do intercepto.

Inicialmente, as médias de respiração microbiana foram menores na área 1, comparando-se com a área 2 (Tabela 4). A aplicação da torta de nim aumentou a evolução C-CO₂ na área 1 aos 90 dias, aos 180 dias já não foi possível detectar diferença entre as áreas (Tabela 5). A medição da respiração microbiana é uma forma de estimar o nível de atividade dos microrganismos do solo, a qual reflete a velocidade de decomposição da matéria orgânica ou de algum material adicionado ao solo. A aplicação de derivados do nim aumenta a população de organismos decompositores, em detrimento de outros, balanceando a comunidade microbiana no solo, levando a um aumento de nematoides de vida livre que, com o tempo, reflete um decréscimo natural da atividade microbiana (GRUVER et al., 2010; (PEN-MOURATOV; SHUKUROV; STEINBERGER, 2010).

A incorporação de torta de nim aumentou os níveis de carbono orgânico do solo tanto de 0-90 quanto de 0-180 dias (Tabela 5). Esse acúmulo maior de carbono no solo é benéfico, não apenas em relação à agricultura, mas também representa sequestro do dióxido de carbono atmosférico. A incorporação de torta de nim também resultou em maior conteúdo de nitrogênio total do solo (0-90 dias); esse incremento pode ser atribuído à qualidade (composição nutricional) do resíduo incorporado (OGUNWOLE et al., 2010). Maiores conteúdos de nitrogênio total no solo, na maioria dos casos significa uma menor relação C:N, que é um indicativo das taxas de decomposição no solo. O incremento de carbono orgânico e nitrogênio total são indicativos de melhorias na qualidade do solo, portanto, pode-se dizer que a torta de nim contribuiu para a melhoria da qualidade do solo. Akhtar e Alam (1993) reportaram que, adicionalmente aos efeitos nematicidas, os compostos triterpenoides presentes no nim melhoram a utilização de nitrogênio no solo.

Tabela 5. Análise de covariância de atributos do solo em áreas de pomar de goiabeira no semiárido pernambucano, em relação à aplicação de torta de nim.

FV	0-90 dias		0-180 dias	
	F	Pr>F	F	Pr>F
Evolução C-CO₂ (mg CO₂)				
Nim	4,88	0,0296*	4,07	0,2935 ^{ns}
Pi	2,64	0,1079 ^{ns}	0,17	0,9427 ^{ns}
Nim x Pi	0,99	0,3217 ^{ns}	0,23	0,6330 ^{ns}
Regressão	Y _N = 1,021 + 0,2134 X Y _{SN} = 0,8643 + 0,2134 X		Y _N = 1,1127 - 0,0333 X Y _{SN} = 1,2941 - 0,0333 X	
Carbono orgânico (dag kg⁻¹)				
Nim	66,08	<,0001*	0,74	0,3908*
Pi	61,58	<,0001*	1,62	0,2060*

Nim x Pi	0,02	0,8976 ^{ns}	1,15	0,2855*
Regressão	$Y_N = 0,9017 - 0,00869 X$ $Y_{SN} = 0,4111 - 0,00869 X$		$Y_N = 0,6283 + 0,1233 X$ $Y_{SN} = 0,6073 + 0,1233 X$	
pH				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	0,02	0,8924 ^{ns}	9,62	0,0026*
Pi	2,25	0,1369 ^{ns}	0,28	0,5978 ^{ns}
Nim x Pi	0,00	0,9624 ^{ns}	3,35	0,0705 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 6,3874 + 0,1172 X$ $Y_{SN} = 6,4793 + 0,1172 X$		$Y_N = 5,8783 + 0,0574 X$ $Y_{SN} = 7,2169 + 0,0574 X$	
K⁺ (cmolc L⁻¹)				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	4,97	0,0282*	4,03	0,0477*
Pi	0,36	0,5500 ^{ns}	0,00	0,9902 ^{ns}
Nim x Pi	0,00	0,9622 ^{ns}	1,55	0,2169 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 1,78 - 0,0918 X$ $Y_{SN} = 1,1304 - 0,0918 X$		$Y_N = 1,1308 + 0,00114 X$ $Y_{SN} = 1,4876 + 0,00114 X$	
Na⁺ (cmolc L⁻¹)				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	4,47	0,0373*	21,69	<0,0001*
Pi	0,63	0,4311 ^{ns}	1,26	0,2644 ^{ns}
Nim x Pi	0,66	0,4186 ^{ns}	1,23	0,2709 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 16,0009 - 0,2101 X$ $Y_{SN} = 5,5173 - 0,2101 X$		$Y_N = 2,6528 - 0,04294 X$ $Y_{SN} = 16,4277 - 0,04294 X$	
Mg⁺² (cmolc L⁻¹)				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	4,24	0,0423*	5,69	0,0191*
Pi	0,01	0,9089 ^{ns}	8,45	0,0046 ^{ns}
Nim x Pi	0,08	0,7750 ^{ns}	7,42	0,0077*
Regressão	$Y_N = 4,2024 - 0,01717 X$ $Y_{SN} = 2,2324 - 0,01717 X$		$Y_N = 1,8863 + 0,6888 X$ $Y_{SN} = 3,6763 + 0,0225 X$	
Ca⁺²(cmolc L⁻¹)				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	18,37	<0,0001*	17,01	<0,0001*
Pi	6,61	0,0117 ^{ns}	5,99	0,0163*
Nim x Pi	0,38	0,5391 ^{ns}	5,04	0,0272*
Regressão	$Y_N = 3,0385 + 0,0821 X$ $Y_{SN} = 1,8603 + 0,0821 X$		$Y_N = 0,4681 + 0,824 X$ $Y_{SN} = 5,1349 + 0,03574 X$	
Nitrogênio total (g Kg⁻¹)				
	F	Pr>F	F	Pr>F
Nim	29,58	<0,0001*	2,72	0,1022 ^{ns}
Pi	0,28	0,5979 ^{ns}	4,80	0,0310*
Nim x Pi	0,31	0,5792 ^{ns}	0,66	0,4184 ^{ns}
Regressão	$Y_N = 0,07981 + 0,0207 X$ $Y_{SN} = 0,004583 + 0,0207 X$		$Y_N = 0,05494 + 0,3508X$ $Y_{SN} = 0,03898 + 0,3508X$	

0-90 dias – colunas referentes às análises de covariância entre a primeira e segunda coleta; 0-180 dias – colunas referentes às análises de covariância entre a primeira e terceira coleta. Nim – tratamento (área 1 – com nim; área 2 – sem nim); Pi – teor/nível inicial; Nim × Pi – interação entre teor/nível inicial e tratamento.*significativo pelo teste F a 5% (erro Tipo III); ^{ns} - Não significativo pelo teste F a 5%.

Embora por muito tempo a goiabeira tenha sido considerada uma planta rústica e pouco exigente em relação à nutrição do solo, a aplicação de fertilizante promove aumento

substancial na produção (YADAVA, 1996; NATALE, 1993). As requisições nutricionais da cultura em macronutrientes, de acordo com algumas pesquisas (WAGH e MAHAJAN, 1985; CHHIBBA et al., 1987), obedecem à seguinte ordem: N>K>>>P. No Brasil, Sobrinho et al. (1961) indicam a seguinte ordem de exigência: K>N>>>P.

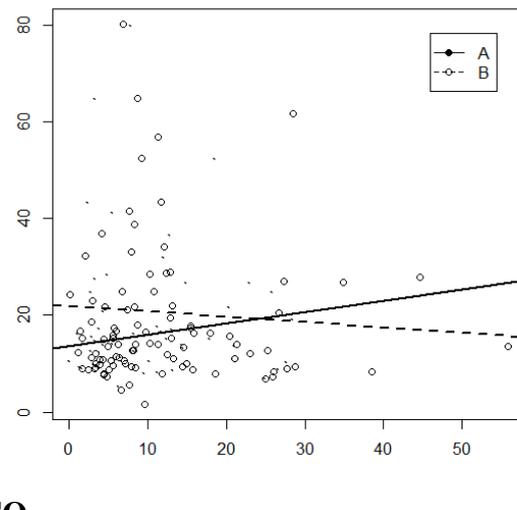
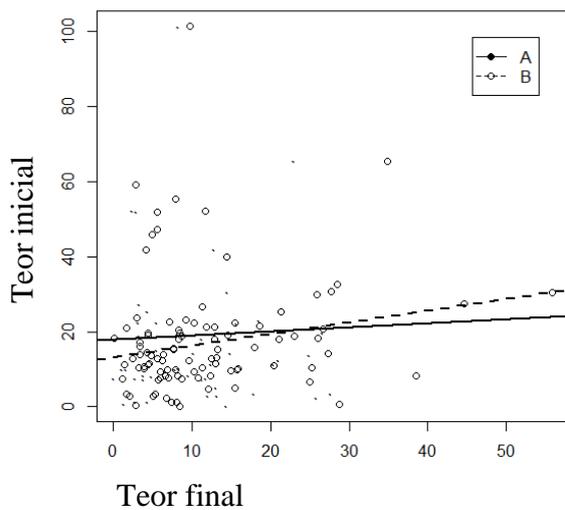
A incorporação de materiais orgânicos ao solo melhora a estrutura e, conseqüentemente, a capacidade de retenção de água e de aeração, promovendo maior troca de cátions e favorecendo o desenvolvimento das plantas (AKHTAR; MALIK, 2000). A incorporação de extratos vegetais, como a torta de nim, promove aumento da atividade microbiana no solo e proliferação de diversos microrganismos, aumentando o carbono orgânico do solo (MAITHANI et al., 2011). Além disso, extratos vegetais fornecem nutrientes importantes. Ogunwole et al. (2010), estudando os efeitos da incorporação de compostos orgânicos vegetais nas propriedades físicas e químicas do solo, observaram melhora nos níveis de carbono orgânico, nitrogênio total, fósforo, cálcio e magnésio. No presente estudo, os efeitos da torta de nim sobre os teores de sódio, cálcio e magnésio não foram consistentes, pois quando foram analisados de 0 - 90 dias houve maior incremento desses nutrientes na área 1 (com nim) e para 0-180 dias o maior incremento foi observado para a área 2 (sem nim) (Tabela 5).

Neste estudo, os valores médios de pH ficaram abaixo de 7,0 apenas na segunda coleta, e atingiu o maior valor (pH médio de 7,56) na terceira coleta da área 2 (Tabela 4). A incorporação da torta de nim na área 1 influenciou a manutenção do pH, visto que um maior aumento foi detectado para a área 2, conforme resultados análise de covariância (Tabela 5). A goiabeira desenvolve-se bem em solos bem drenados, com pH variável de 4,0 a 8,0, no entanto, melhores resultados têm sido encontrados em valores de pH entre 5,0 a 6,5. Pomares implantados em solos com valores de pH superiores a 7,0 tem manifestado sintomas de deficiência de ferro (MANICA, 2000). Abbasi et al. (2005), testando a torta de nim para controle de fitonematoides e fungos fitopatogênicos, observaram aumento significativo no pH do solo na dose de 3% (massa/massa de solo). Uyovbisere e Elemo (2002), estudando os efeitos do nim na fertilidade do solo, observaram acúmulo carbono orgânico e diminuição do pH do solo, corroborando os resultados deste trabalho. Ogunwole et al. (2010), comparando os efeitos de diversos compostos orgânicos nas propriedades físicas e químicas de solos de savana no oeste africano, verificaram que respostas no pH do solo variam de acordo com o material orgânico utilizado.

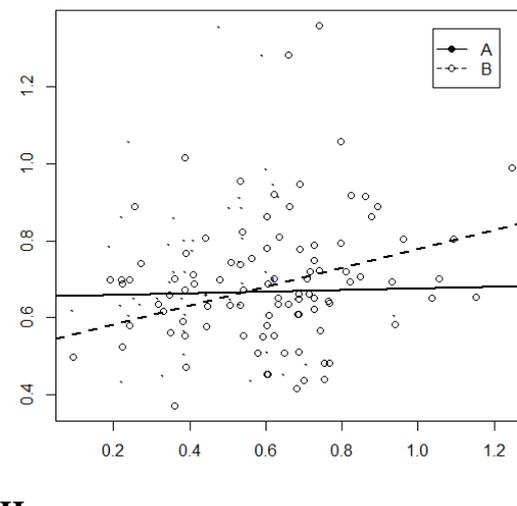
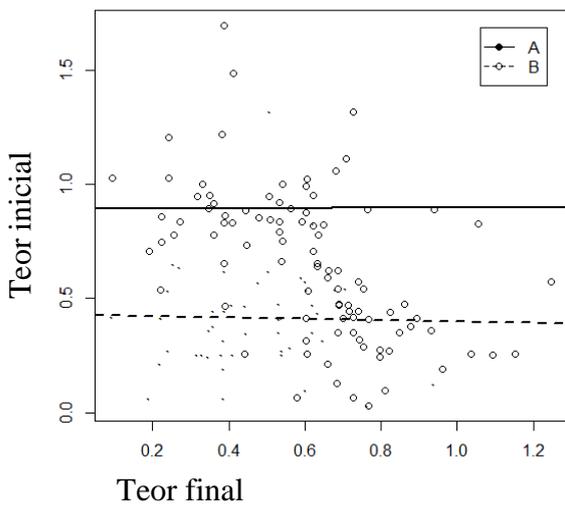
0-90 dias

0-180 dias

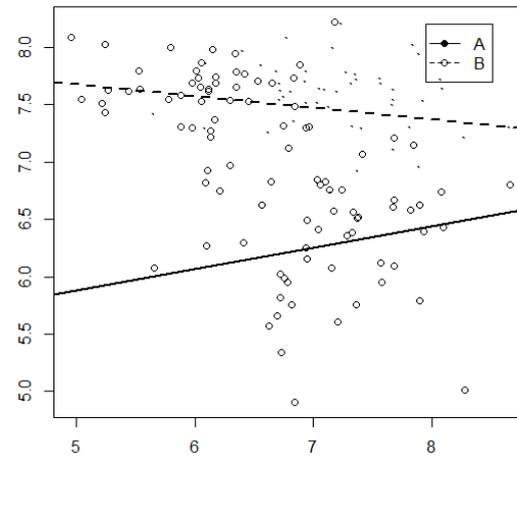
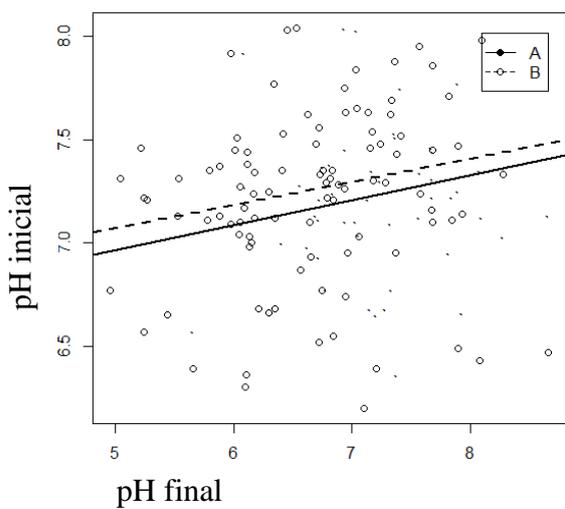
C-CO₂



CO



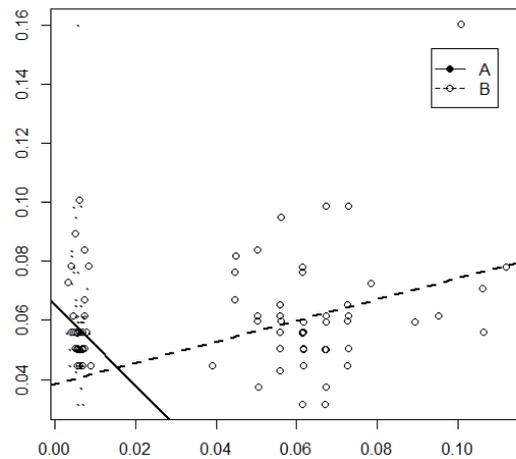
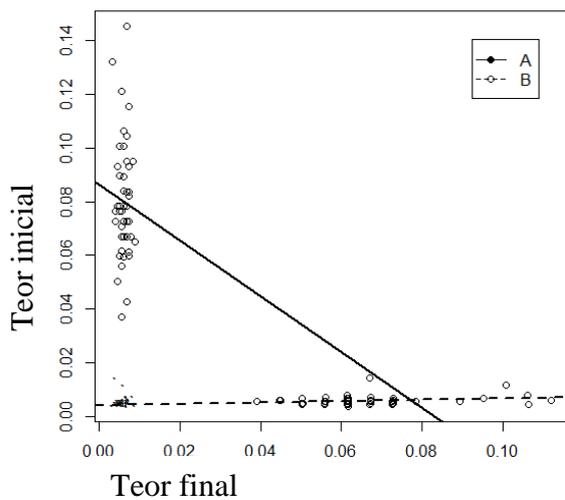
pH



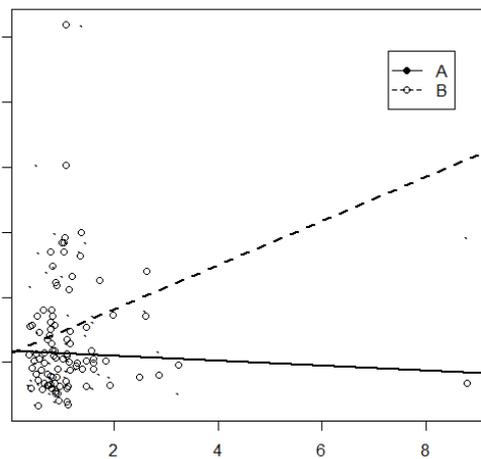
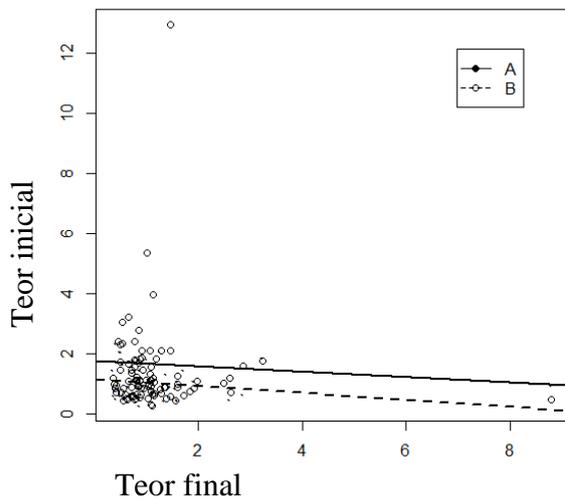
0-90 dias

0-180 dias

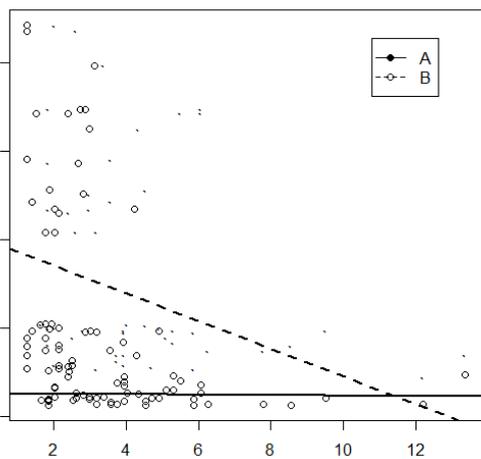
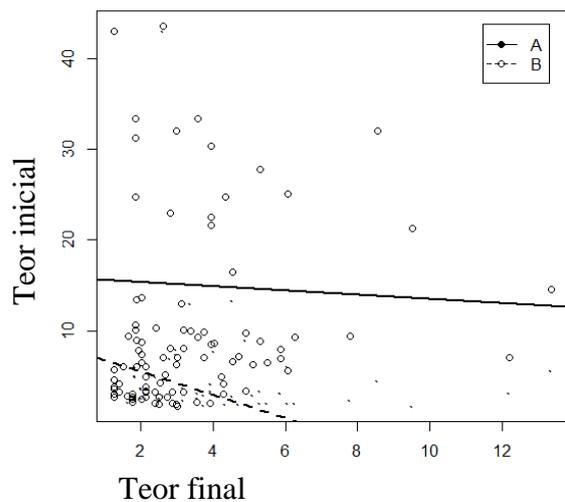
N



K⁺



Na⁺



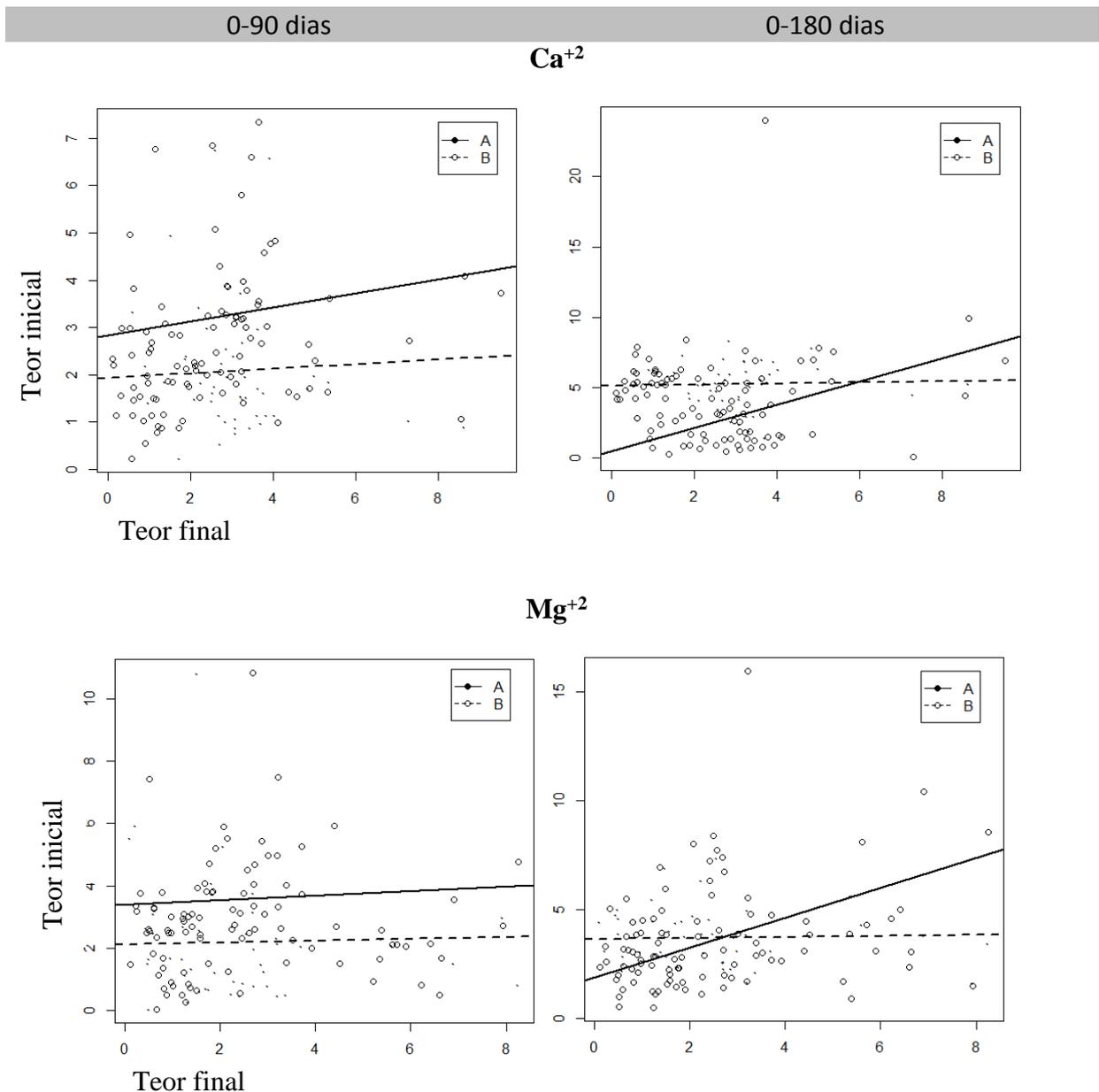


Figura 4. Gráficos de covariância para atributos do solo. C-CO₂ – Evolução C-CO₂ (mg CO₂); CO – Carbono orgânico (dag kg⁻¹); pH – Potencial hidrogeniônico; K⁺ – Potássio (cmolc L⁻¹); Na⁺ – Sódio (cmolc L⁻¹); Mg⁺² – Magnésio (cmolc L⁻¹), Ca⁺² – Cálcio (cmolc L⁻¹), e N – Nitrogênio (cg Kg⁻¹). Pontos representam os resultados da área 1 (com nim) e círculos vazios são referentes a área 2 (sem nim). As linhas são as regressões de mínimos quadrados para os 2 tratamentos, sendo A – área 1 e B – área 2. Os gráficos situados à esquerda representam a análise de covariância entre os variáveis da coleta 1 e 2 (0 - 90 dias) e os gráficos à direita, entre as coletas 1 e 3 (0 - 180 dias).

Como parâmetro para a avaliação do estado nutricional do das goiabeiras, os teores de macronutrientes (g kg⁻¹) considerados adequados para a cultura da goiaba segundo Quaggio et

al. (1997), são: N (13 - 16), P (1,4 - 1,6); K (13 - 16); Ca (9 - 15); Mg (2,4 - 4,0). Para a cultivar Paluma a partir do terceiro ano de idade, em pleno florescimento são: para macronutrientes (g kg⁻¹): N (20 - 23); P (1,4 - 1,8); K (14 - 17); Ca (7 - 11); Mg (3,4 - 4,0); S (2,5 - 3,5) e para micronutrientes (mg kg⁻¹): B (20 - 25); Cu (20 - 40); Fe (60 - 90); Mn (40-80); Zn (25 - 35) (NATALE et al., 1996; NATALE et al., 2002).

Tabela 6. Teores de macro e micronutrientes presentes nas folhas das goiabeiras nas áreas de cultivo sob tratamento com torta de nim (área 1) e sem torta de nim (área 2).

Tratamento	N	Ca ⁺²	Mg ⁺²	K ⁺	Na ⁺	Zn ⁺²	Cu ⁺	Mn ⁺²
	-----g kg ⁻¹ -----							
Área 1	13,39	5,24	1,81	22,89	0,64	0,99	0,385	1,094
Área 2	14,54	3,39	1,34	27,01	0,57	1,01	0,386	1,131
Pr>F	0.0841 ^{ns}	0,000*	0,000*	0,0001*	0,151 ^{ns}	0.5972 ^{ns}	0.0928 ^{ns}	0.5430 ^{ns}

N – nitrogênio; Ca⁺² – cálcio; Mg⁺² – magnésio; K⁺ – potássio; Na⁺ – sódio; Zn⁺² – zinco; Cu⁺ – cobre; Mn⁺² – manganês. * - significativo pela análise de variância a 5%; ^{ns} – não significativo.

Com relação aos teores de nutrientes nas folhas de goiabeira para fins de diagnose, observa-se ampla variação nas informações apresentadas na literatura, provavelmente devido às diferentes recomendações dadas quanto ao método de amostragem, havendo divergência quanto ao tipo de ramo, quanto à época de amostragem e quanto ao par de folhas a ser coletado (NATALE, 2003). Entre os macronutrientes, o nitrogênio e o potássio possuem papel fundamental para a nutrição das plantas; nitrogênio, por ser constituinte essencial das proteínas e interferir diretamente no processo fotossintético, pela participação na molécula de clorofila, e o potássio, por ser o cátion em maior concentração nas plantas, sendo um nutriente com relevantes funções fisiológicas e metabólicas como ativação de enzimas, fotossíntese, translocação de assimilados e também absorção de nitrogênio e síntese protéica, tornando-se, portanto, nutrientes imprescindíveis em sistema de utilização intensiva de solo (ANDRADE et al., 2000).

Os teores de nitrogênio e potássio nas folhas das goiabeiras (tabela 6) ficaram dentro da faixa do ideal segundo Quaggio (1997), no entanto, não se pode atribuir esse fato à incorporação da torta de nim no solo, visto que os teores de nitrogênio não foram diferentes entre as plantas das diferentes áreas (p>0,05). Apesar dos resultados da análise de solo terem demonstrado que a torta de nim favoreceu o aumento do nitrogênio total aos 90 dias, isso não se refletiu na nutrição da planta, o que pode ser explicado pelo fato de que no solo o nitrogênio é encontrado tanto na forma orgânica quanto na mineral, havendo um predomínio da orgânica sobre a mineral, que não é prontamente absorvida pelas raízes (MALAVOLTA et al., 1997). Para Piza Jr. e Kavati (1994), as adubações nitrogenadas para a produção de

goiabas variam de 400 a 1250 gramas de nitrogênio por planta, durante o ciclo, dependendo do estado vegetativo da planta, da idade e do vigor do pomar. Considerando as duas aplicações da torta de nim e seu teor de nitrogênio (23,92 g kg⁻¹), a adição total de nitrogênio foi de 47,84 g, muito abaixo do recomendado, indicando o incremento do nitrogênio do solo provavelmente se deu pelo incremento na comunidade microbiana e da matéria orgânica do solo.

Os teores de potássio foram maiores nas folhas das goiabeiras da área 2 (p<0,05), que não receberam o tratamento. Corroborando com esses resultados, as análises de solo demonstraram que ocorreu maior aumento nos níveis de potássio da primeira para a terceira coleta na área 2 em relação a área 1 (tabela 5), justificando a melhor nutrição por potássio das plantas daquela área. O Brasil é caracterizado por solos contendo, em sua grande maioria, baixos teores de K⁺, os quais não atendem às demandas das principais plantas cultivadas. Portanto, uma adubação que forneça potássio é de grande importância (OLIVEIRA et al.,2005). Natale et al. (1996), estudando os efeitos da adubação potássica, observou que a produção máxima ocorreu quando a dose máxima foi aplicada, de 635g de K₂O por planta e a um teor foliar de 18,9 g kg⁻¹. Comparativamente, os teores foliares encontrados no presente estudo, de 22,89 g kg⁻¹ e 27,01g kg⁻¹ para as áreas 1 e 2, respectivamente, ficaram situados na faixa do ideal. A aplicação de nim na área 1 forneceu 28,67 g de K, muito abaixo do recomendado, não sendo suficiente para aumentar os níveis deste nutriente tanto no solo quanto na planta. Portanto, as diferenças nutricionais quanto ao teor de potássio nas folhas das goiabeiras entre a área 1 (com nim) e área 2 (sem nim) se deveu por fatores alheios ao tratamento aplicado.

Conclusões

Os resultados obtidos permitem concluir que a incorporação de torta de nim ao solo:

- Melhora a qualidade do solo, elevando os níveis de carbono orgânico, atividade microbiana e microfauna, representada pelos nematoides de vida livre;
- Embora, de maneira geral, não afete o estado nutricional das plantas, aumenta os teores de cálcio e magnésio nas folhas;
- Não é eficiente para controle de *M. enterolobii*, mas reduz, mesmo que indiretamente, as populações de *Pratylenchus*;
- É mais eficiente contra nematoides após a segunda aplicação (90+90 dias), mas as melhorias na qualidade do solo são mais rápidas.

Referências Bibliográficas

- ABBASI, P. A.; RIGA, E.; CONN, K. L.; LAZAROVITS, G. Effect of neem cake soil amendment on reduction of damping-off severity and population densities of plant-parasitic nematodes and soilborne plant pathogens. **Canadian Journal of Plant Pathology**, v. 27, n. 1, p. 38-45, 2005.
- AKHTAR, M. Biological control of plant-parasitic nematodes by neem products in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 7, n. 3, p. 219-223, 1998.
- AKHTAR, M.; ALAM, M. M. Utilization of waste materials in nematode control: a review. **Bioresource Technology**, v. 45, p. 1-7, 1993.
- AKHTAR, M.; MALIK, A. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: A review. **Bioresource Technology**, Amsterdam, v. 74, n. 1, p. 35-47, 2000.
- ALFENAS, A. C.; PETERS, L.; BRUNE, W.; PASSADOR, G. C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 242p.
- ALMEIDA, A. M.; SOUZA, R. M.; GOMES, V. M.; MIRANDA, G. B. Greenhouse and Field assessment of different organic compounds against guava-parasitic *Meloidogyne enterolobii*. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 67-74, 2012.
- ANDRADE, A. C.; FONSECA, D. M.; GOMIDE, J. A.; ALVAREZ V. H.; MARTINS, C. E.; SOUZA, D. P. H. Produtividade e valor nutritivo do capim elefante cv. Napier sob doses crescentes de nitrogênio e potássio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.29, n.6, p.1589-1595, 2000.
- BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 553, 1981.
- CARNEIRO, R. D. M. G.; MOREIRA, W. A.; ALMEIDA, M. R. A.; GOMES, A. C. Primeiro Registro de *Meloidogyne mayaguensis* em Goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v.25, p. 223-228, 2001.
- CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R. **Levantamento pedológico detalhado do vale aluvial da Fazenda Nossa Senhora do Rosário (Pesqueira-PE)**. Recife: UFRPE/UFPE/CNPq/BNB. 2001. 35p. (Relatório Técnico).

DAVIS, B. J. B. **Disk electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins.** Annals of the New York Academy of Sciences, v. 21, p. 404-427, 1964.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** Distrito Federal-DF – Embrapa Solos, 2. Ed. 2009, 623p.

HARGREAVES, G. H. **Climatic zoning for agricultural production in northeast Brazil.** Logan: Utah State University, 1974, 6p.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo Sustentável de Fitonematoides,** Viçosa: UFV, 2010. p.71-85.

FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; SCOW, K. M. Soil management to enhance bacterivores and fungivores nematode populations and their nitrogen mineralization function. **Applied Soil Ecology**, v. 25, n. 1, p. 19-35, 2004.

GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.

GRUVER, L. S.; WEIL, R. R.; ZASADA, I. A.; SARDANELLI, S.; MOMEN, B. Brassicaceous and rye cover crops altered free-living soil nematode community composition. **Applied Soil Ecology**, v.45, n. 1, p. 1-12, 2010.

GUTIÉRREZ, R. M. P.; MITCHELL, S.; SOLIS, R. V. *Psidium guajava*: A review of its traditional uses, phytochemistry and pharmacology. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 117, p. 1-27, 2008.

HOLLAND, E. A.; COLEMAN, D. C. Litter placement effects on microbial and organic matter dynamics in an agroecosystem. **Ecology**, New York, v. 68, n. 2, p. 425-433, 1987.
JAVED, N.; GOWEN, S. R.; INAM-UL-HAQ, M.; ANWAR, S. A. Protective and Curative effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations on the development of root-knot nematode *Meloidogyne javanica* in roots of tomato plants. **Crop Protection**, v. 26, p. 530-534, 2007.

JAVED, N.; ANWAR, S. A.; FYAZ, S.; KHAN, M. M.; ASHFAQ, M. Effects of Neem Formulations Applied as Soil Drenching on the Development of Root-Knot Nematode *Meloidogyne javanica* on Roots of Tomato. **Pakistan Journal of Botany**, v. 40, n. 2, p. 905-910, 2008.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, p. 692-695, 1964.

JOTHI, G.; BABU, R. S.; RAMAKRISHNAN, S.; RAJENDRAN, G. Management of root lesion nematode, *Pratylenchus delattrei* in crossandra using oil cakes. **Bioresource Technology**, v. 93, n. 3, p. 257-259, 2004.

KÖPPEN, W. **Climatologia**. México: Fundo de cultura Venezuelana, 1948. 278p

KORAYEM, A. M.; YOUSSEF, M. M. A.; MOHAMED, M. M. M.; LASHEIN, A. M. S. A survey of Plant Parasitic Nematodes Associated with different Plants in North Sinai. **Middle East Journal of Agriculture Research**, v. 3, n. 3, p. 522-529, 2014.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**, 5^a ed. Cornell University Press, Ithaca, 1996.

MAITHANI, A.; PARCHA, V.; PANT, G.; DHULIA, I.; KUMAR, D. *Azadirachta indica* (neem) leaf: A review. **Journal of Pharmacy Research**, v. 4, n. 6, p. 1824-1827, 2011

MALAVOLTA, E. **Manual de Nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres, 2006. 638p

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. **Goiabeira: calagem e adubação**. Jaboticabal: FUNEP, 1996. 22p.

NATALE, W.; COUTINHO, E. L. M.; BOARETTO, A. E.; PEREIRA, F. M. Nutrients foliar content for high productivity cultivars of guava in Brazil. **Acta Horticulturae**, v.594, p.383-386, 2002.

OLIVEIRA, F. S.; ROCHA, M. R.; REIS, A. J. S.; MACHADO, V. O. F.; SOARES, R. A. B. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematoide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 3, p. 171-178, 2005.

OGUNWOLE, J. O.; IWUAFOR, E. N. O.; ECHE, N. M.; DIELS, J. Effect of organic and inorganic soil amendments on soil physical and chemical properties in a west Africa savanna agroecosystem. **Tropical and Subtropical Agroecosystems**, v. 12, p. 247-255, 2010.

ORNSTEIN, L. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 121, p. 321-349, 1964.

QUAGGIO, J. A.; RAIJ, B. V.; PIZA JÚNIOR, C. T. Frutíferas. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. p.121-125. (Boletim Técnico, 100).

MANICA, I. Importância econômica. In: MANICA, I.; ICUMA, I. M.; JUNQUEIRA, N. T. V.; SALVADOR, J. O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. (eds.). **Fruticultura tropical 6: goiaba**. Cinco Continentes, Porto Alegre, p. 9-22, 2000.

NATALE, W. Calagem, adubação e nutrição da cultura da goiabeira. In: ROZANE, D. E.; COUTO, F. A. (Eds.) **Cultura da Goiabeira: Tecnologia e Mercado**. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa, p. 303-331, 2003.

NETO, J. D.; MACIEL, J. L.; ALVES, A. S.; AZEVEDO, C. A. V.; FERNANDES, P. D.; LIMA, V. L. A. Teores de macronutrientes em folhas de goiabeira fertirrigada com nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 9, p. 962-968, 2013.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p. 101-115, 2010.

OKA, Y.; TKACHI, N.; SHUKER, S.; YERUMIYAHU, U. Enhanced Nematicidal Activity of Organic and Inorganic Ammonia-Releasing Amendments by *Azadirachta indica* Extracts. **Journal of Nematology**, v. 39, n. 1, p. 9-16, 2007.

ORNSTEIN, L. **Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins**. Annals of the New York Academy of Sciences, v. 121, p. 321-349, 1964.

PEN-MOURATOV, S.; SHUKUROV, N.; STEINBERGER, Y. Soil free-living nematodes as indicators of both industrial pollution and livestock activity in Central Asia. **Ecological Indicators**, v. 10, n. 5, p. 955-967, 2010.

PEREIRA, F. O. M.; SOUZA, R. M.; SOUZA, P. M.; DOLINSKI, C.; SANTOS, G. K. Estimativa do Impacto Econômico e Social Direto de *Meloidogyne mayaguensis* na Cultura da Goiaba no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 33, p. 176-181, 2009.
PIZA JR., C. T.; KAVATI, R. **A cultura da goiaba de mesa**. Campinas, CATI, 1994. 28p (Boletim Técnico, 219).

R DEVELOPMENT CORE TEAM. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <<http://www.R-project.org/>> Acesso em: 6 jan. 2015.

RODRIGUEZ, N. N., VALDES-INFANTE, J., BECKER, D., VELAZQUEZ, B., COTO, O., RITTER, E. Morphological, agronomic and molecular characterization of Cuban accessions of guava (*Psidium guajava* L.). **Journal of Genetics & Breeding**, v. 58, p. 79–90, 2004.

RUAS, A. R.; BARBOSA, B. F. F.; BECARO, C. K.; ALMEIDA, E. J.; SOARES, P. L. M.; SANTOS, J. M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* em pomares de goiabeira no Estado de São Paulo. **Nematologia Brasileira**, v. 33, n. 4, p. 326, 2009.

SANTOS, K. S.; MONTENEGRO, A. A. A.; ALMEIDA, B. G.; MONTENEGRO S. M. G. L.; ANDRADE, T. S.; FONTES JÚNIOR, R. V. P. variabilidade espacial de atributos físicos em solos de vale aluvial no semiárido de Pernambuco. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, p.828-835, 2012.

STATISTICAL ANALYSIS SYSTEMS INSTITUTE. SAS INSTITUTE. **SAS/STAT® 9.2 User's Guide**. Version 9.2, Cary, NC: SAS Institute Inc., 2008. 584p.

UYOVBISSERE, W. O.; ELEMU, K. A. Effect of tree foliage of locust bean (*Parkia biglobosa*) and neem (*Azadirachta indica*) on soil fertility and productivity of maize in a savanna alfisol. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 62, n. 2, p. 115-122, 2002.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Application of soils physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.

XU, J. H.; LIU, P. L.; MENG, Q. P.; LONG, H. Characterization of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism. **European Journal of Plant Pathology**, v. 110, p. 309-315, 2004.

YEATS, G. W.; BONGERS, T.; GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. Feeding habitats in soil nematode families and genera – an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315-331, 1993.

YADAVA, U.L. Guava (*Psidium guajava* L.): an exotic tree fruit with potential in the southeastern United States. **HortScience**, v. 31, n. 5, p. 789-794, 1996.

YEOMANS, J. O.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

Uso de torta de nim em goiabeiras no Agreste de Pernambuco: implicações na variabilidade espacial de fitonematoides e atributos do solo

Uso de torta de nim em goiabeiras no Agreste de Pernambuco: implicações na variabilidade espacial de fitonematoides e atributos do solo

Resumo

Considerando a importância do cultivo de goiabeiras (*Psidium guajava*) para o nordeste do Brasil e os prejuízos causados por nematoides, especialmente os da espécie *Meloidogyne enterolobii*, buscou-se alternativa à base de nim para manejo mais sustentável do patógeno. Este trabalho avaliou a influência da aplicação da torta de nim na dinâmica espacial da nematofauna e atributos químicos de um Neossolo Regolítico em pomar de goiabeiras recém-implantado, em duas áreas (área 1 – com nim; área 2 – sem nim) e três períodos: antes da aplicação do nim, 90 dias após a primeira aplicação e 90 dias após a segunda aplicação (180 dias após a primeira). Assim, 96 amostras de solo e raízes foram coletadas, em duas malhas regulares de 8×6 pontos amostrais e realizadas análises químicas e nematológicas. O modelo esférico foi o que melhor se ajustou às variáveis estudadas, seguido pelo gaussiano, com alcances que variaram de 12 a 60,5 m. A maior parte das variáveis nematológicas não apresentou dependência espacial, caracterizando efeito pepita puro. A incorporação da torta de nim aumentou a variabilidade das distribuições espaciais dos nematoides e dos atributos do solo. A análise de eletroforese de isoenzimas para os nematoides extraídos das raízes das goiabeiras revelou a presença da espécie *M. enterolobii* e o nim manteve os níveis de infecção mais baixos em relação à área não tratada. O mapa de isolinhas para infecção de raízes por *M. enterolobii* mostrou padrão de agregação moderado a forte, em pontos isolados da área, o que sugere a introdução do patógeno na área por meio de mudas infectadas.

Palavras-chave: *Azadirachta indica*, Manejo, Matéria orgânica, *Meloidogyne enterolobii*, *Pratylenchus*, *Psidium guajava*.

Abstract

Considering the relevant importance to Northeastern Brazil of guava (*Psidium guajava*) cultivation under semi-arid conditions along with the high losses due to nematode parasitism, mainly *Meloidogyne enterolobii*, a sustainable alternative for nematode management was searched using neem amendments. Effects on nematode assemblages and soil chemical attributes due to application of neem cake in soil were evaluated in a guava orchard spliced into two areas (area 1 – with neem; area 2 – without neem) at three periods: before the first application of neem, 90 days after the first application and 90 days after the second application (180 days after de first application). A regular 8×6 point mesh was designed in

each area for nematode and chemical samplings. Geostatistics analysis pointed out the spherical model as the best fit to the variables studied followed by the Gaussian model, with range from 12 to 60.5 m. Most of nematode variables did not show spatial dependence, describing purely nugget model. Isoenzyme analyses in acrylamide gel detected *Meloidogyne enterolobii* parasiting guava roots. Isoline maps described moderate to strong aggregation for this endoparasite in isolate points of the area suggesting *M. enterolobii* introduction through contaminated seedlings.

Keywords: *Azadirachta indica*, nematode management, organic matter, *Meloidogyne enterolobii*, *Pratylenchus*, *Psidium guajava*.

Introdução

A goiabeira (*Psidium guajava* L.) é uma fruteira rústica, pertence à família das *Myrtaceae*, tendo origem nos trópicos americanos, possivelmente entre o México e o Peru, onde ainda pode ser encontrada em forma silvestre. Sua capacidade de dispersão e rápida adaptação a diferentes ambientes possibilitaram a presença em amplas áreas tropicais e subtropicais do globo, sendo considerada praga em algumas regiões (MENZEL, 1985). No Brasil, a cultura da goiabeira é predominantemente desenvolvida com mão-de-obra familiar, em propriedades de três a cinco hectares, o que evidencia sua importância econômica e social (FRANCISCO, 2005). A goiaba é uma das frutas tropicais mais populares e de maior aceitação no País, todavia seu consumo é pequeno, não indo além de 380 gramas/pessoa/ano. Apreciada tanto fresca como processada industrialmente em forma de doces, compotas, geleias e sucos, é rica em açúcares, sais minerais, vitamina C, licopeno, fibras e betacaroteno. As variedades mais produzidas são ‘Paluma’, que se destina à indústria, e ‘Pedro-Sato’ para consumo *in natura* (GOMES, 2007).

O estado de Pernambuco é o segundo maior produtor de goiabas do Brasil, responsável por quase 32% da produção total, sendo superado apenas pelo estado de São Paulo (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2013). Com manejo de irrigação e fitossanitário adequados, os pomares podem alcançar produtividades superiores a 40 ton/ha, contudo, metade dessa produtividade tem sido registrada no país. Estima-se que grande parte das perdas é devido à presença de fitonematoides, em especial aos dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*. A espécie *Meloidogyne enterolobii* Yang e Eisenback é altamente agressiva às goiabeiras e danos severos são reportados em pomares comerciais por todo o país, com elevados prejuízos econômicos. No vale do submédio São Francisco, o

parasitismo do nematoide provocou, em seis anos, redução de mais de 70% da área plantada (RIBEIRO; CASTRO, 2007). A constatação da presença do nematoide das lesões radiculares, *Pratylenchus* spp. em conjunto com *M. enterolobii* é preocupante, pois os efeitos destrutivos são potencializados.

A despeito da necessidade de modelos agrícolas menos prejudiciais ao ambiente, o controle químico é a estratégia mais comumente utilizada, mesmo sem nematicidas registrados para a cultura da goiabeira. Conseqüentemente, a preocupação com o uso desses agroquímicos tem aumentado, não somente pelos riscos ao homem e ambiente, mas pelos incrementos nos custos de produção (CAMPOS; SOUZA; SOUZA, 1998). Técnicas alternativas de manejo estão sendo bastante estudadas, dentre elas, a incorporação de matéria orgânica ao solo como método supressor de pragas agrícolas (OKA, 2010). Produtos derivados do Nim (*Azadirachta indica*), incluindo óleo, torta e outros produtos comerciais tem sido efetivos no controle de muitas espécies de fitonematoides em ensaios controlados (AKHTAR; ALAM, 1993; AKHTAR; MAHMOOD, 1994).

Por outro lado, a maior eficiência das estratégias de manejo de fitonematoides exige intervenção localizada nas áreas infestadas, pois levaria ao agricultor redução de custos sem perdas na eficiência de controle. No entanto, a distribuição espacial dos nematoides no campo tem sido descrita como agregada (FERRIS; WILSON, 1987). Vários estudos já demonstraram a tendência natural dos nematoides se desenvolverem em reboleiras, devido às características reprodutivas, de disseminação e disponibilidade de alimentos, o que implica em dependência espacial dos dados (FERRIS, 1985; MCSORLEY, 1987). Desse modo, a estatística convencional não é adequada para análise de dados dessa natureza, pois as populações de nematoides no campo estão correlacionadas espacialmente (WALLACE; HAWKINS, 1994). A geoestatística é uma importante ferramenta para o conhecimento da dependência espacial dos nematoides, elaboração de mapas de suas distribuições espaciais, bem como compreensão da dinâmica ecológica das espécies encontradas em relação ao habitat e recursos alimentares.

Este estudo teve por objetivos: (a) descrever a estrutura e a composição das comunidades de nematoides em área de pomar de goiabeiras recém-implantado; (b) avaliar as variações nas distribuições espaço-temporal dos fitonematoides e atributos químicos do solo após a incorporação da torta de nim.

Materiais e Métodos

O experimento foi conduzido em um pomar comercial de goiabeiras ‘Paluma’, com aproximadamente seis meses de implantação, localizado em assentamento rural na sub-bacia

do Rio Ipanema no município de Pesqueira, PE. A área experimental possui 0,84 ha e se situa entre as coordenadas 8° 23.835' e 8° 23.903' de latitude sul e 36° 51.515' e 36° 51.475' de longitude oeste. O solo da área foi descrito de acordo com Corrêa e Ribeiro (2001) como predominantemente Neossolo Regolítico, com teores médios de 751,32 g kg⁻¹, 169,13 g kg⁻¹ e 79,55 g kg⁻¹ de areia, silte e argila, respectivamente. O clima da região, segundo a classificação de Köppen, é do tipo BSh (extremamente quente, semiárido), a precipitação anual média é de 787,58 mm (entre 1961 e 2009) com desvio padrão de 236,7 e evapotranspiração potencial anual média de 1683 mm (HARGREAVES, 1974). Amostragens de solo foram realizadas previamente, onde foi constatada a presença de nematoides dos gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus*.

A implantação do pomar foi realizada pelo produtor entre os meses de setembro e outubro de 2012 em uma área de 8.515,6 m². A área experimental foi dividida em duas áreas de igual tamanho, área 1 e área 2, e as malhas de amostragem montadas de acordo com a posição das plantas, de forma alternada nos eixos X e Y, totalizando 48 (6×8) pontos por área (Figura 1), cada uma com aproximadamente 200 plantas. O experimento foi realizado durante os meses de abril a outubro de 2013, após análise exploratória.

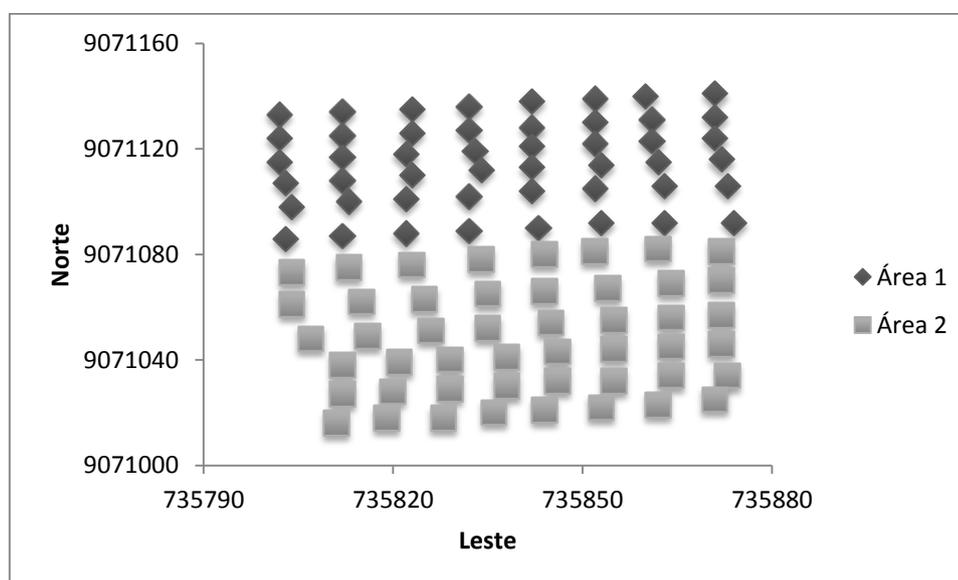


Figura 1. Representação gráfica das malhas de amostragem compreendendo 48 pontos na área 1 (A) e 48 na área 2 (B).

A área 1, escolhida ao acaso, teve as goiabeiras tratadas com torta de nim em duas aplicações. Em cada aplicação abriu-se trincheiras ao redor da planta, na área de projeção da

copa, de aproximadamente 25 cm de profundidade, alocando-se uniformemente o produto na dose de 1 kg/planta e, por fim, as trincheiras foram fechadas com solo.

A torta de nim utilizada foi cedida pela Usina Cruangi, localizada no município de Timbaúba, Zona da Mata Pernambucana. O composto orgânico foi analisado quanto aos teores de macro e micronutrientes (Tabela 2).

Tabela 1. Teores de macro e micronutrientes da torta de nim empregada no experimento

Amostra	N	K	Na	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn
	-----g kg ⁻¹ -----							
Torta de Nim	23,92	14,335	0,569	0,966	1,145	1,049	0,512	1,041

N – Nitrogênio; K – potássio; Na – sódio; Ca – cálcio; Mg – magnésio; Zn – zinco; Cu – Cobre; Mn – manganês.

Durante todo o período experimental, o pomar foi irrigado via gotejamento, de acordo com a necessidade, e não recebeu nenhum tipo de fertilizante químico. O controle de plantas invasoras foi feito manualmente, sem aplicação de herbicidas comerciais.

Obtenção das amostras de Solo e Raízes

Para realização das análises de caracterização químicas e nematológicas, foram coletados cerca de 2 kg de solo e 20 g de raízes de cada ponto da malha, a uma profundidade de 0-25 cm, todavia não foi possível proceder com a amostragem de raízes na primeira coleta, devido ao estágio de desenvolvimento das plantas. As coletas foram realizadas nas duas áreas em três períodos: I) Primeira coleta, no início do estudo (c1); II) Segunda coleta (c2), 90 dias após “c1” e III) Terceira coleta (c3), 90 dias após “c2”, totalizando 180 dias experimentais. A aplicação da torta de nim foi feita imediatamente após a primeira (c1) e segunda coleta (c2). Após as coletas, as amostras foram acondicionadas em sacos plásticos, protegidas de fontes de calor, identificadas e levadas aos laboratórios de Fitonematologia e Química do Solo, ambos na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE).

Análises Nematológicas

As amostras de solo foram homogeneizadas, processadas e os nematoides foram extraídos a partir de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga (JENKINS, 1964) e as amostras foram mantidas sob refrigeração (4-6 °C). A contagem e caracterização dos nematoides foram realizadas em lâmina de Peters, com auxílio de um microscópio de luz (100x). Os resultados foram contabilizados em número de espécimes por 300 cm³ de solo. Os

nematoides fitoparasitas foram extraídos das raízes das goiabeiras pelo método da trituração em solução de hipoclorito de sódio a 2%, conforme Bonetti e Ferraz (1981).

Os nematoides foram classificados em fitoparasitas e vida livre; e para os fitoparasitas, a identificação foi feita em nível de gênero usando-se a chave de Mai et al. (1996). Para diagnóstico de espécies de *Meloidogyne*, fêmeas foram extraídas das raízes das goiabeiras para estudo do fenótipo enzimático de esterase. Seguiu-se a metodologia de Ornstein (1964) e Davis (1964) para a corrida, mas a revelação das esterase baseou-se em Alfenas et al. (1991).

Análises Químicas

O teor de Carbono Orgânico total (CO) total foi determinado por oxidação da matéria orgânica via úmida, conforme descrito em Yeomans e Bremner (1988). Esse método consiste em digerir 0,5 g de terra fina seca ao ar (TFSA) em 5 mL de solução de dicromato de potássio ($K_2Cr_2O_7$) 0,167 M e 7,5 mL de ácido sulfúrico (H_2SO_4) concentrado, por 30 minutos em bloco digestor a 170 °C. Após o resfriamento, o extratos são titulados com solução de sulfato ferroso amoniacal ($Fe(NH_4)_2(SO_4)_2 \cdot 6H_2O$) 0,20 M, com solução indicadora Ferroin.

A determinação do potencial hidrogeniônico (pH) do solo foi realizada utilizando-se 10 g de TFSA em água (1:2,5), que foi agitada por 1 minuto e, após 1 hora, feita nova agitação e a leitura em pHmetro calibrado com soluções padrão.

A atividade microbiana do solo foi estimada pela taxa de evolução C-CO₂ (GRISI, 1978). As amostras de solo (100 g) foram acondicionadas em potes plásticos no momento das amostragens e imediatamente levadas ao laboratório, onde foram colocadas com outro pote contendo 10 mL 0,5N KOH em câmara de vidro totalmente vedada durante 15 dias a 25 °C ± 2 °C em ambiente protegido da luz. O CO₂ absorvido pelo KOH foi determinado por titulação com HCl 0,1N, usando fenolftaleína e laranja de metila como indicadores.

Os teores de sais solúveis (Na^+ , K^+ , Ca^{2+} e Mg^{2+}) do solo foram determinados a partir dos seus respectivos extratos de saturação. Um espectrofotômetro de absorção atômica com chama foi utilizado para leitura dos cátions bivalentes e um fotômetro de chama para os cátions monovalentes, de acordo com EMPRABA (2009).

O nitrogênio total (NT) foi quantificado nas amostras de solo a partir de 0,5 g de TFSA, as amostras foram colocadas em tubos digestores e foi adicionada 1 g da mistura preparada de sais (100 g de Na_2SO_4 + 10 g de $CuSO_4$ + 1 g de selênio metálico), 1 mL de peróxido de hidrogênio e 2 mL de ácido sulfúrico concentrado. Após 2 horas a 250 °C em bloco digestor, as amostras foram resfriadas naturalmente até a temperatura ambiente e, após

adição de NaOH concentrado, passadas por um destilador de nitrogênio. A leitura do N (dag kg⁻¹) foi feita por titulação com HCl diluído (EMBRAPA, 2009).

Análise Estatística

Foi realizada análise estatística descritiva dos dados, como valores de máximo, mínimo, média, mediana coeficiente de variação, desvio padrão e curtose. Entende-se por curtose de uma distribuição seu grau de achatamento, em geral medido em relação à distribuição normal, em que: se o coeficiente de curtose = 0 a distribuição é mesocúrtica, se o coeficiente de curtose < 0 platicúrtica e se o coeficiente de curtose > 0 leptocúrtica (SILVA et al., 2010). A análise de Kolmogorov-Smirnov foi usada para testar a normalidade dos dados.

A classificação da variabilidade dos atributos analisados foi feita segundo proposta de Warrick e Nielsen (1980), sendo classificados como de baixa (CV < 12%), média (12% < CV > 24%) ou alta variabilidade (CV > 24%).

A análise da dependência espacial foi realizada por meio do ajuste do semivariograma clássico construído a partir da estimativa das semivariâncias (JOURNEL, 1989), como descrito na Equação abaixo (Eq. 1), com o auxílio da ferramenta GEO-EAS (ENGLUND; SPARKS, 1991). Os parâmetros representados no semivariograma clássico que são apresentados no gráfico são: efeito pepita (C₀), patamar (C₀+ C₁) e o alcance (a).

Eq. 1

$$\gamma(h) = \frac{1}{2N(h)} \sum_{i=1}^{N(h)} [Z(x_i) - Z(x_i + h)]^2$$

onde:

$\gamma(h)$ - Valor estimado da semivariância dos dados experimentais;

$Z(x_i + h)$ e $Z(x_i)$ - Valores observados da variável regionalizada;

$N(h)$ - Número de pares de observações;

h - distância entre pontos.

Os dados foram ajustados a semivariogramas experimentais e em seguida testados a modelos esférico, gaussiano e exponencial. O ajuste matemático possibilitou definir os seguintes parâmetros: efeito pepita (C₀), alcance da dependência espacial (A) e patamar (C₀+C₁). São apresentados a seguir, os três modelos teóricos considerados (Eq. 2, 3 e 4).

Eq2. Modelo Esférico:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1,5 \frac{h}{a} - 0,5 \left(\frac{h}{a} \right)^3 \right], 0 < h < a$$

e

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1, h > a$$

Eq3. Modelo Gaussiano:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{h^2}{a^2} \right)} \right], h \neq 0$$

Eq4. Modelo Exponencial:

$$\hat{\gamma}(h) = C_0 + C_1 \left[1 - e^{-\left(\frac{h}{a} \right)} \right], h \neq 0$$

Os modelos ajustados serão submetidos à validação cruzada, utilizando-se o critério de *Jack-Knifing* (VAUCLIN et al., 1983), observando os valores das médias próximas a zero e do desvio padrão próximo a unidade, e também, será observado o valor do coeficiente de determinação (R^2). O grau dependência espacial foi avaliado a partir da classificação proposta por Cambardella et al. (1994), na qual um determinado atributo pode exibir forte, moderada ou fraca dependência espacial, em função da relação entre o efeito pepita e o patamar de seu semivariograma ajustado. Com valores inferiores a 25% caracterizando forte dependência espacial, entre 25% e 75% moderada, enquanto que acima de 75% fraca dependência. Os parâmetros da função de semivariância com ajuste dos modelos teóricos foram usados na construção de mapas de isolinhas das propriedades estudadas pelo processo de krigagem, visando definir zonas de variabilidade semelhantes e dividir a área por sub-regiões mais homogêneas. Para confecção dos mapas de isolinhas foi utilizado o software Surfer 9.9.785 (GOLDEN SOFTWARE, 1999).

Resultados e Discussão

Os resultados da estatística descritiva referente aos nematoides e química de solo e nematoide de raiz encontram-se nas Tabelas 2, 3 e 4, respectivamente.

Para os nematoides de solo foram apresentados os gêneros fitoparasitas prevalentes nas amostras considerados importantes para cultura da goiabeira (Tabela 2). Os resultados do teste de Kolmogorov-Smirnov indicaram que os nematoides não apresentaram distribuição normal, exceto *Pratylenchus* na área 2 – coleta 3. O grande número de amostras sem detecção

de espécimes fitoparasitas contribuiu para a não normalidade dos dados. A análise conjunta dos valores das médias, medianas, coeficientes de assimetria, curtoses e os testes Kolmogorov-Smirnov, reforçou a hipótese da não normalidade dos dados analisados. Os valores, de média e mediana, pouco próximos podem indicar não normalidade dos dados, pois caracterizam uma distribuição assimétrica (LIMPET; STAHEL, 2011). A maioria dos valores de curtose para nematoides apresentaram distribuição leptocúrtica, que apresenta uma maior concentração de valores em torno da média e das caudas quando comparada à distribuição normal (ZAR, 1999). Quando os nematoides foram agrupados em endoparasitas, ectoparasitas, parasitas de plantas e de vida livre, o teste de Kolmogorov-Smirnov indicou distribuição normal mais vezes.

Tabela 2. Resumo descritivo dos nematoides em duas áreas, com (área 1) e sem (área 2) adição de torta de nim, em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) antes da aplicação do nim (coleta 1), 90 dias após a primeira aplicação (coleta 2) e 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3).

Variáveis	Máx	Mín	Média	Mediana	Curtose	CV(%)	DP	KS
Área 1 – Coleta 1								
<i>Meloidogyne</i>	2,9355	0	0,6034	0	-0,3298	157,2881	0,9491	ns
<i>Rotylenchulus</i>	3,2907	0	1,6345	1,9442	-0,4947	58,3151	0,9531	ns
<i>Pratylenchus</i>	3,0785	0	1,5786	1,8268	-0,5910	58,6711	0,9262	ns
Endoparasitas	3,3137	0	1,8019	1,9590	0,4686	46,5753	0,8392	*
Ectoparasitas	3,3137	0	2,0866	2,2174	3,9168	32,6281	0,6808	ns
Fitoparasitas	3,6146	0	2,3635	2,4162	4,9310	24,5607	0,5805	*
Vida livre	3,0149	0	1,8514	2,0679	1,2438	41,6551	0,7712	*
Total	3,6745	1,67	2,5961	2,5642	0,3376	15,9307	0,4136	*
Área 1 – Coleta 2								
<i>Meloidogyne</i>	3,2412	0	0,7689	0	-0,8042	133,0668	1,0231	ns
<i>Rotylenchulus</i>	2,8779	0	1,5559	1,8256	-0,1454	52,5729	0,8180	ns
<i>Pratylenchus</i>	3,1012	0	1,6362	1,8542	-0,5859	57,9660	0,9484	ns
Endoparasitas	3,4398	0	1,8994	2,0530	0,7732	46,8336	0,8895	ns
Ectoparasitas	3,1727	0	2,0927	2,1303	5,6561	27,7905	0,5816	ns
Fitoparasitas	3,5394	0	2,4011	2,4749	5,1579	24,3197	0,5839	ns
Vida livre	2,9350	0	2,3376	2,4129	16,4832	18,8633	0,4409	ns
Total	3,6357	0	2,7050	2,7549	15,5943	19,1360	0,5176	ns
Área 1 – Coleta 3								
<i>Meloidogyne</i>	3,0630	0	1,0081	0,5880	-1,4863	108,7211	1,0960	ns
<i>Rotylenchulus</i>	3,1556	0	1,7022	1,8949	-0,3648	55,3684	0,9425	ns
<i>Pratylenchus</i>	3,4532	0	1,9622	2,0990	0,1082	47,9716	0,9413	ns
Endoparasitas	3,4598	0	2,2851	2,4165	2,7702	34,0297	0,7776	ns

Ectoparasitas	3,1684	0	2,1259	2,2272	3,1927	33,4729	0,7116	ns
Fitoparasitas	3,6348	0	2,5459	2,7016	5,4117	30,6268	0,7797	ns
Vida livre	3,2445	0	2,4233	2,4170	8,7730	25,3769	0,6150	ns
Total	3,6709	0	2,8424	2,9413	11,3578	24,1058	0,6852	ns
Área 2 – Coleta 1								
<i>Meloidogyne</i>	2,5276	0	0,9602	1,2304	-1,7961	102,7046	0,9862	ns
<i>Rotylenchulus</i>	2,3444	0	0,8724	1,2175	-1,7871	102,5547	0,8947	ns
<i>Pratylenchus</i>	2,3856	0	1,1306	1,3324	-1,2689	70,1399	0,7930	ns
Endoparasitas	2,5478	0	1,6020	1,8062	0,4728	47,6903	0,7640	ns
Ectoparasitas	2,8713	0	1,9300	1,9395	3,3388	26,1801	0,5053	*
Fitoparasitas	2,8713	1,40	2,2411	2,2856	-0,1165	15,9573	0,3576	*
Vida livre	3,0538	0	1,9564	2,1038	3,9421	32,5363	0,6365	ns
Total	3,0897	1,94	2,5074	2,5051	-0,5676	11,9008	0,2984	*
Área 2 – Coleta 2								
<i>Meloidogyne</i>	2,7593	0	1,1128	1,3009	-1,7074	90,3953	1,0059	ns
<i>Rotylenchulus</i>	2,4378	0	1,209	1,3613	1,3734	73,1421	0,8843	ns
<i>Pratylenchus</i>	2,6335	0	1,394	1,5561	1,0544	65,0916	0,9074	ns
Endoparasitas	2,7593	0	1,9398	2,0967	2,8851	33,6681	0,6531	*
Ectoparasitas	2,9552	1,29	2,1174	2,1319	0,5249	20,5606	0,4353	*
Fitoparasitas	3,1116	1,33	2,4288	2,4128	0,5500	15,685	0,381	*
Vida livre	3,0563	1,50	2,2243	2,2781	0,4185	15,947	0,3547	*
Total	3,2084	1,79	2,6912	2,7258	0,9408	10,7868	0,2903	*
Área 2 – Coleta 3								
<i>Meloidogyne</i>	3,4714	0	1,3314	1,4117	1,5603	86,2135	1,1478	ns
<i>Rotylenchulus</i>	3,1540	0	1,6553	1,8662	0,8093	59,7622	0,9892	ns
<i>Pratylenchus</i>	3,3712	0	2,0640	2,1056	0,7793	31,1961	0,6438	*
Endoparasitas	3,7251	1,19	2,4341	2,4807	0,7843	19,5148	0,4750	*
Ectoparasitas	3,1917	1,23	2,3881	2,3931	-0,1611	18,6544	0,4455	*
Fitoparasitas	3,8366	1,86	2,7550	2,7901	0,3674	14,4891	0,3991	*
Vida livre	3,2044	1,44	2,3725	2,3709	0,8771	14,4556	0,3429	*
Total	3,8649	2,31	2,9516	2,9231	0,4721	10,5397	0,3110	*

CV – Coeficiente de variação; DP – Desvio Padrão; Máx – valor máximo; Min; valor mínimo; KS – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns– não significativo; * - significativo. Valores originais de nematoides transformados para log (x+1).

De forma geral, as variáveis nematológicas foram bastante heterogêneas, evidenciado pelos altos valores do coeficiente de variação (CV), para todos os grupos de nematoides (Tabela 2). Estudos anteriores envolvendo nematoides, também mostraram alta variação dos dados e, conseqüentemente, altos valores de CV (MARANHÃO, 2008; CARDOSO). Esse tipo de comportamento se deve à distribuição irregular dos nematoides no campo (FERRIS; WILSON, 1987).

Das 48 possíveis combinações para as oito variáveis químicas analisadas (duas áreas e três coletas), em 23 não foi verificada distribuição normal pelo teste Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade (Tabela 3). Carvalho et al. (2002) estudaram a variabilidade espacial de propriedades químicas do solo e encontraram distribuição normal para 40% das 30 possíveis combinações (cinco variáveis, duas profundidades e três tratamentos), que resultaram em valores de curtose não compatíveis com a distribuição normal.

Tabela 3. Resumo descritivo dos atributos químicos do solo em duas áreas, com (área 1) e sem (área 2) adição de torta de nim, em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) antes da aplicação do nim (coleta 1), 90 dias após a primeira aplicação (coleta 2) e 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3).

	Máximo	Mínimo	Média	Mediana	Curtose	CV(%)	DP	KS
Área 1 – Coleta 1								
K ⁺	2,6010	0,3597	0,9829	0,8741	1,4168	49,0461	0,4820	*
Na ⁺	9,5256	1,6421	4,0050	3,7572	0,9805	46,1420	1,8480	*
Mg ²⁺	3,7029	0,1152	1,8455	1,8308	-1,0417	52,9894	0,9779	*
Ca ²⁺	5,3771	0,6253	2,9078	2,9863	0,4836	34,4821	1,0026	*
C-CO ₂	28,546	0,1805	10,678	9,0206	-0,4198	74,8757	7,9952	ns
CO	0,9400	0,0947	0,4580	0,4453	0,0803	37,2987	0,1708	*
NT	0,8386	0,3909	0,6139	0,6156	-0,3287	16,7827	0,1030	ns
pH	8,66	5,66	7,2158	7,19	0,3218	8,2306	0,5939	*
Área 1 – Coleta 2								
K ⁺	1,4640	0,5001	0,9042	0,8730	-0,2315	24,8189	0,2244	*
Na ⁺	4,2855	1,2622	2,2919	2,1293	0,1621	36,5822	0,8384	ns
Mg ²⁺	6,6455	0,2468	2,5101	1,6161	-0,5374	77,4354	1,9437	ns
Ca ²⁺	5,3196	0,1257	1,6592	1,1916	0,7209	81,3098	1,3491	ns
C-CO ₂	55,8352	1,7018	12,810	8,2934	4,1743	89,9790	11,527	ns
CO	0,9602	0,5782	0,7327	0,7259	-0,0382	12,4799	0,0914	*
NT	9,5067	3,9129	6,2283	6,1556	1,3007	17,7099	1,1030	ns
pH	7,1800	5,22	6,1739	6,14	-0,2549	7,8679	0,4857	*
Área 1 – Coleta 3								
K ⁺	3,0679	0,3034	1,2442	1,1218	0,3894	53,3002	0,6631	ns
Na ⁺	43,5789	4,2821	15,015	9,7589	-0,0208	67,3286	10,11	ns
Mg ²⁺	5,9046	1,4749	3,4398	3,2974	-0,2030	29,2292	1,0054	*
Ca ²⁺	5,8026	1,5270	3,1327	3,0699	0,2018	30,8336	0,9659	*
C-CO ₂	59,3106	0,3837	19,012	16,0067	2,6708	66,2389	12,5934	ns
CO	1,2181	0,5378	0,8766	0,8617	0,6648	15,6121	0,1368	*
NT	12,0995	3,7258	7,7379	7,6479	0,3239	22,6686	1,7540	ns
pH	7,9800	6,2	7,2335	7,33	-0,5253	6,62554	0,4792	ns
Área 2 – Coleta 1								
K ⁺	2,0953	0,2863	1,0074	0,9108	-0,0733	48,0791	0,4843	ns
Na ⁺	7,9874	1,6867	3,6232	3,1804	0,7011	45,8461	1,6611	ns
Mg ²⁺	5,2768	0,0494	1,8364	1,6679	0,4484	62,8046	1,1533	*

Ca ²⁺	3,7297	0,2318	1,7497	1,6302	0,0518	45,2120	0,7910	*
C-CO ₂	101,4208	0,1780	17,212	11,3681	8,7955	108,2078	18,6244	ns
CO	0,8270	0,0314	0,3850	0,4091	-0,164	45,2369	0,1741	*
NT	0,7838	0,3912	0,5652	0,5592	-0,3933	17,0447	0,0963	*
pH	7,77	6,57	7,1620	7,21	-0,0243	3,9122	0,2801	*
Área 2 – Coleta 2								
K ⁺	2,6373	0,3374	1,1322	1,0452	1,4507	42,9599	0,4864	*
Na ⁺	5,1527	1,2622	2,4301	2,0054	0,0528	45,2244	1,0990	ns
Mg ²⁺	15,9441	0,5299	3,5143	2,3566	4,3123	88,7554	3,1191	ns
Ca ²⁺	23,9859	0,1057	3,0381	1,7645	19,954	124,6167	3,7860	ns
C-CO ₂	61,6645	1,6527	16,251	11,9606	5,2632	75,0539	12,1967	ns
CO	0,9193	0,3712	0,6498	0,666	0,3433	27,3598	0,1128	*
NT	6,7200	4,4692	5,3267	5,3132	-0,1455	10,1773	0,5421	ns
pH	7,2100	5,01	6,2191	6,4	0,0145	7,6054	0,4808	*
Área 2 – Coleta 3								
K ⁺	2,9935	0,3530	1,3007	0,9978	-0,4236	60,0712	0,7813	ns
Na ⁺	44,2309	4,4125	16,462	9,6285	-0,4871	72,0765	11,8649	ns
Mg ²⁺	6,9404	1,6539	3,6254	3,6188	0,3515	32,4614	1,1768	ns
Ca ²⁺	8,3756	1,9441	5,2473	5,3425	0,0628	27,0470	1,4192	*
C-CO ₂	80,0943	5,4827	20,575	15,835	5,6447	73,0709	15,0345	ns
CO	1,0586	0,4363	0,6968	0,6626	-0,4368	32,2322	0,1549	*
NT	9,4953	3,1695	5,8305	5,9554	0,2254	23,6288	1,3777	ns
pH	8,2200	6,75	7,5685	7,625	0,4287	4,2053	0,3182	*

K⁺(cmolc L⁻¹); Na⁺(cmolc L⁻¹); Mg²⁺(cmolc L⁻¹); Ca²⁺(cmolc L⁻¹); C-CO₂ – Evolução C-CO₂ (mg CO₂); CO – Carbono orgânico (dag kg⁻¹); NT – Nitrogênio total (g Kg⁻¹); pH – Potencial hidrogeniônico; Máx – Valor máximo; Mín – Valor Mínimo; CV – Coeficiente de variação; DP – Desvio Padrão; KS – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns– não significativo; * - significativo.

Dos limites de CV propostos por Warrick e Nielsen (1980), apenas o pH mostrou baixa variabilidade nas duas áreas e em todas as épocas de amostragens (Tabela 3). O nitrogênio total apresentou variabilidade moderada e o carbono orgânico, de moderada a forte. Todas as demais variáveis químicas apresentaram alta variabilidade (CV > 24%), corroborado os resultados encontrados por Leão et al. (2011).

Na área 1 (Tabela 3), a variação dos teores de carbono orgânico diminuiu ao longo do tempo, partindo de um CV de 37,3%, antes da aplicação do nim, atingindo um CV de 12,5% aos 90 dias após a aplicação (coleta 2) e 15,6% aos 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3), indicando que a incorporação uniforme da torta de nim naquela área possa ter diminuído a variabilidade do carbono orgânico do solo, embora essa redução na variabilidade também tenha ocorrido ao longo do tempo na área 2, porém em proporções menores.

Nenhuma das variáveis para infecção de raízes (Tabela 4) apresentou distribuição normal, as diferenças entre os valores de média e mediana e curtose reforçam a hipótese de não normalidade dos dados. Como observado para os gêneros fitoparasitas no solo, o grande número de amostras com valor zero colaborou para a distribuição não normal. As reduções no

CV da densidade populacional de *M. enterolobii* ao longo das coletas, em ambas as áreas, sugere que a distribuição do nematoide tornou-se mais regular com o passar do tempo, provavelmente devido à disseminação, contudo as alterações dos valores de CV para *Pratylenchus* foram incipientes entre as épocas de amostragem.

A despeito de a maioria das variáveis não terem apresentado distribuição normal, a geoestatística não exige a normalidade dos dados, sendo conveniente apenas que a distribuição não apresente caudas muito alongadas, o que poderia comprometer as estimativas de krigagem, as quais são baseadas nos valores médios (ISAAKS; SRIVASTAVA, 1989).

Tabela 4. Resumo descritivo dos endoparasitas presentes em raízes de goiabeira (*Psidium guajava*) em duas áreas, com (área 1) e sem (área 2) adição de torta de nim, antes da aplicação do nim (coleta 1), 90 dias após a primeira aplicação (coleta 2) e 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3).

Variáveis	Máx	Mín	Média	Mediana	Curtose	CV(%)	DP	KS
Área 1 – Coleta 2								
<i>Meloidogyne</i>	2,7084	0	0,368345	0	3,855176	163,9418	0,603872	ns
<i>Pratylenchus</i>	1,7482	0	1,110073	1,224015	0,578893	43,98664	0,488284	ns
Área 1 – Coleta 3								
<i>Meloidogyne</i>	2,5143	0	1,078626	1,184561	-0,55928	63,31901	0,682975	ns
<i>Pratylenchus</i>	2,2686	0	1,147334	1,282226	0,136592	51,21327	0,587588	ns
Área 2 – Coleta 2								
<i>Meloidogyne</i>	3,1483	0	0,360637	0	6,544574	179,2484	0,646437	ns
<i>Pratylenchus</i>	2,2785	0	1,170603	1,20412	0,614351	46,98989	0,550065	ns
Área 2 – Coleta 3								
<i>Meloidogyne</i>	3,5686	0	1,330421	1,303046	1,972052	57,35963	0,763124	ns
<i>Pratylenchus</i>	2,5219	0	1,224811	1,377279	0,070464	51,96315	0,63645	ns

Meloidogyne – *Meloidogyne enterolobii* (indivíduos/g de raiz); *Pratylenchus* – *Pratylenchus* spp.(indivíduos/g de raiz); Máx – Valor máximo; Mín – Valor Mínimo; CV – Coeficiente de variação; DP – Desvio Padrão; KS – Teste de Normalidade de Kolmogorov-Smirnov a 5% de probabilidade; ns– não significativo; * - significativo.

Com base nas semivariâncias experimentais obtidas para as variáveis nematológicas do solo (Tabela 5, Figura 2 a 9), os modelos que mais se ajustaram foram o esférico (Eq2) e gaussiano (Eq3), considerando as duas áreas nas três épocas de amostragens. De fato, segundo estudos, o modelo esférico é o ajuste mais comum para variáveis nematológicas (CARDOSO et al., 2012; DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2009).

O alcance da dependência espacial é um atributo importante no estudo dos semivariogramas haja vista que representa a distância máxima em que os pontos amostrais estão correlacionados espacialmente entre si, ou seja, os pontos localizados numa área de raio igual ao alcance são mais homogêneos entre si do que com aqueles localizados fora desta área

(MACHADO et al., 2007; CHAVES; FARIAS, 2009). Foram observados alcances acima de 14 m para todas os nematoides que apresentaram dependência espacial, cujo valor mínimo foi de 14,6449 m, para *Rotylenchulus*, na primeira coleta na área 1. O alcance máximo foi para os nematoides ectoparasitas, na segunda coleta da área 2, atingindo o valor de 49,6219 m.

Tabela 5. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada das variáveis nematológicas de duas áreas, com (área 1) e sem (área 2) adição de torta de nim em goiabeiras (*Psidium guajava*), antes da aplicação do nim (coleta 1), 90 dias após a primeira aplicação (coleta 2) e 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3).

Atributos	Modelo	C ₀	C ₁	a	R ²	C ₀ /(C ₀ +C ₁)	GDE	Jack-Knifing	
								Média	DP
Coleta 1 - Área 1									
<i>Meloidogyne</i>	Efeito Pepita puro								
<i>Rotylenchulus</i>	Esf.	0,0402	0,8535	14,6449	0,3445	0,0450	Forte	-0,005	0,955
<i>Pratylenchus</i>	Esf.	0,6369	0,2125	19,2270	0,6688	0,7498	Mod.	-0,014	0,929
Endoparasitas	Esf.	0,4500	0,2910	14,8533	0,3774	0,6073	Mod.	0,000	0,906
Ectoparasitas	Efeito Pepita puro								
Fitoparasitas	Efeito Pepita puro								
Vida livre	Efeito Pepita puro								
Total	Esf.	0,1126	0,04226	22,2145	0,6719	0,7271	Mod.	0,012	1,025
Coleta 1 - Área 2									
<i>Meloidogyne</i>	Esf.	0,5238	0,5032	38,6461	0,7772	0,5100	Mod.	-0,020	1,066
<i>Rotylenchulus</i>	Gauss.	0,6248	0,3716	43,0770	0,9710	0,6271	Mod.	0,018	1,040
<i>Pratylenchus</i>	Efeito Pepita puro								
Endoparasitas	Efeito Pepita puro								
Ectoparasitas	Efeito Pepita puro								
Fitoparasitas	Efeito Pepita puro								
Vida livre	Efeito Pepita puro								
Total	Efeito Pepita puro								
Coleta 2 - Área 1									
<i>Meloidogyne</i>	Esf.	0,5734	0,5169	23,3621	0,9559	0,5259	Mod.	0,008	1,031
<i>Rotylenchulus</i>	Gauss.	0,4555	0,4090	38,9863	0,9667	0,5269	Mod.	0,028	1,000
<i>Pratylenchus</i>	Efeito Pepita puro								
Endoparasitas	Efeito Pepita puro								
Ectoparasitas	Gauss.	0,2358	0,1807	49,6219	0,9274	0,5661	Mod.	0,033	1,049
Fitoparasitas	Gauss.	0,2334	0,2135	40,7203	0,9132	0,5223	Mod.	0,026	1,077
Vida livre	Gauss.	0,1204	0,2082	55,0115	0,9692	0,3664	Mod.	0,011	1,197
Total	Gauss.	0,1515	0,2474	43,5052	0,9362	0,3798	Mod.	0,015	1,192
Coleta 2 - Área 2									
<i>Meloidogyne</i>	Esf.	0,4088	0,6789	38,1564	0,9417	0,3758	Mod.	0,019	1,023
<i>Rotylenchulus</i>	Esf.	0,5568	0,3157	40,223	0,8021	0,6382	Mod.	-0,016	1,057

<i>Pratylenchus</i>	Gauss.	0,5075	0,3942	21,9523	0,9413	0,5628	Mod.	-0,016	1,024
Endoparasitas	Efeito Pepita puro								
Ectoparasitas	Efeito Pepita puro								
Fitoparasitas	Efeito Pepita puro								
Vida livre	Gauss.	0,1150	0,0216	33,9498	0,7784	0,8419	Fraco	-0,015	1,045
Total	Efeito Pepita puro								
Coleta 3 - Área 1									
<i>Meloidogyne</i>	Esf.	0,3588	0,9844	37,4516	0,9791	0,2671	Mod.	0,005	1,074
<i>Rotylenchulus</i>	Efeito Pepita puro								
<i>Pratylenchus</i>	Efeito Pepita puro								
Endoparasitas	Efeito Pepita puro								
Ectoparasitas	Efeito Pepita puro								
Fitoparasitas	Efeito Pepita puro								
Vida livre	Efeito Pepita puro								
Total	Gauss.	0,2666	0,1106	14,8842	0,6999	0,7068	Mod.	0,047	1,033
Coleta 3 - Área 2									
<i>Meloidogyne</i>	Esf.	0,4834	0,7431	19,9973	0,5753	0,3941	Mod.	0,005	1,083
<i>Rotylenchulus</i>	Gauss.	0,7993	0,2922	30,104	0,7958	0,7323	Mod.	-0,021	1,074
<i>Pratylenchus</i>	Gauss.	0,3219	0,1288	34,9643	0,9421	0,7142	Mod.	0,006	1,066
Endoparasitas	Efeito Pepita puro								
Ectoparasitas	Esf.	0,1263	0,0860	49,0050	0,9353	0,5949	Mod.	-0,026	1,008
Fitoparasitas	Efeito Pepita puro								
Vida livre	Gauss.	0,0849	0,0500	33,4493	0,9343	0,6294	Mod.	-0,011	1,018
Total	Gauss.	0,0793	0,0339	42,9253	0,8658	0,7005	Mod.	-0,022	0,943

C₀ – Efeito pepita; C₁ – Soleira; C₀ + C₁ – Patamar; R²– Coeficiente de determinação; GDE –Grau de dependência espacial; DP – Desvio padrão; Esf. –Esférico; Gauss. – Gaussiano. Valores originais de nematoides transformados para log (x+1).

Metade das variáveis nematológicas apresentou Efeito Pepita Puro (EPP) (Tabela 5, Figura 2 a 9), demonstrando não haver dependência espacial, ou seja, sua distribuição ao longo da área é aleatória. Aos 90 dias após a segunda aplicação do nim (coleta 3) na área tratada (área 1) ocorreu o EPP para a maior parte dos nematoides, exceto para *Meloidogyne*, mostrando que o tratamento pode ter afetado a distribuição espacial desse nematoide, visto que o mesmo não foi verificado para a área 2. O fenômeno de EPP pode também estar relacionado ao uso intenso da área por cultivos diversificados, visto que anterior à implantação do pomar, a área era utilizada para cultivo de plantas anuais e, frequentemente, mais de uma cultura em regime de consórcio. Dinardo-Miranda e Fracasso (2009), em estudo de dependência espacial com nematoides, concluíram que o EPP pode ser atribuído ao fato de que a dependência espacial ocorre em uma escala espacial menor do que as escalas adotadas. Segundo Carrasco (2010), o EPP pode estar relacionado à densidade da amostragem, qualidade da amostragem, natureza do fenômeno estudado e aos procedimentos de avaliação.

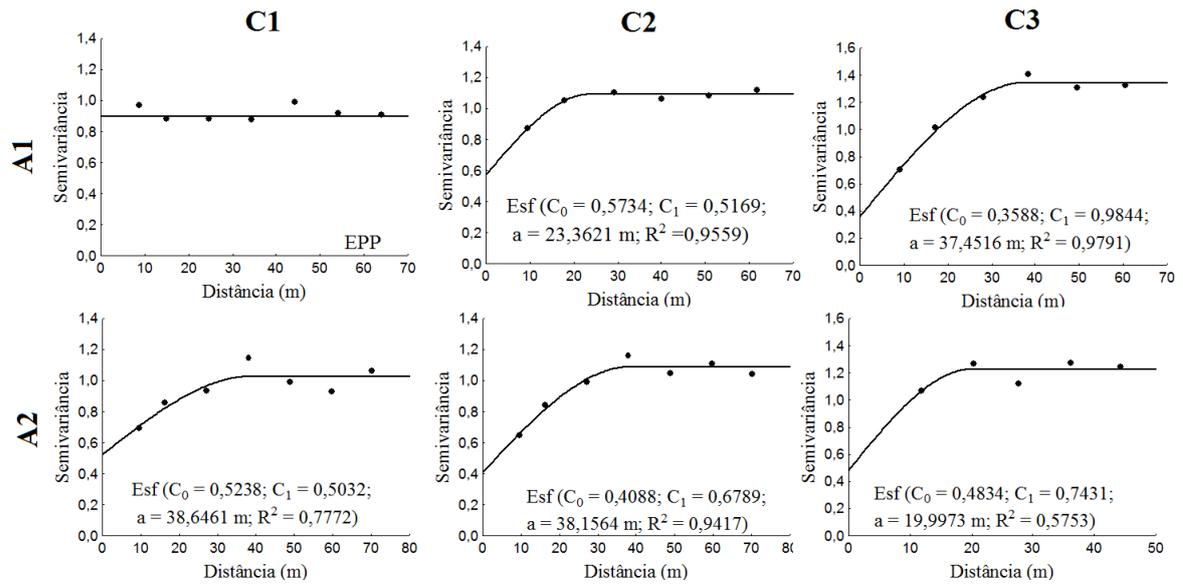


Figura 2. Semivariogramas da distribuição espacial de *Meloidogyne* em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

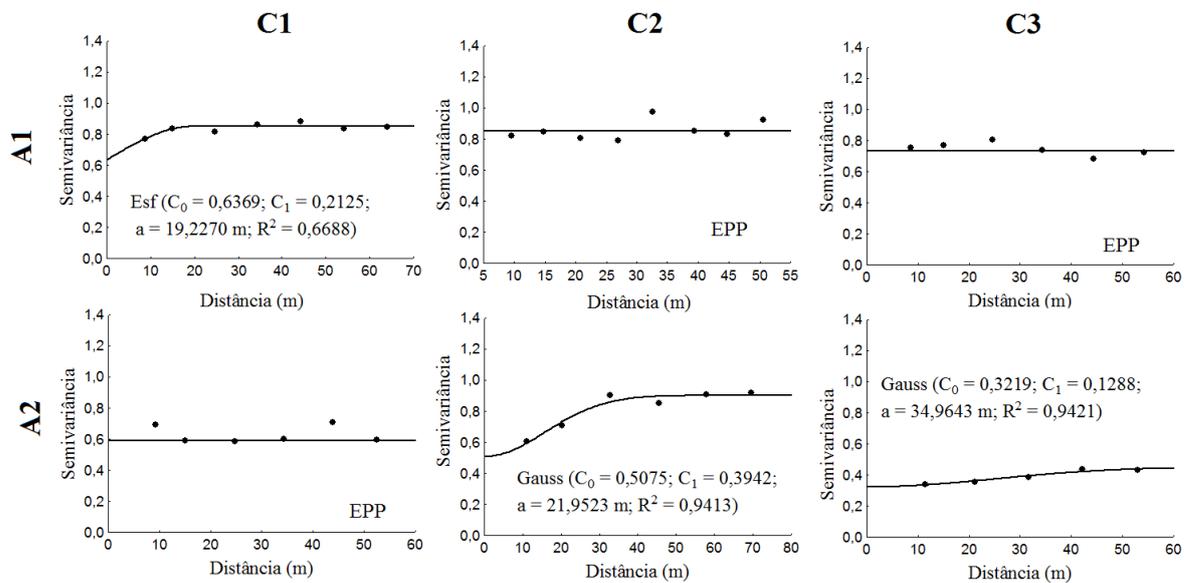


Figura 3. Semivariogramas da distribuição espacial de *Pratylenchus* em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

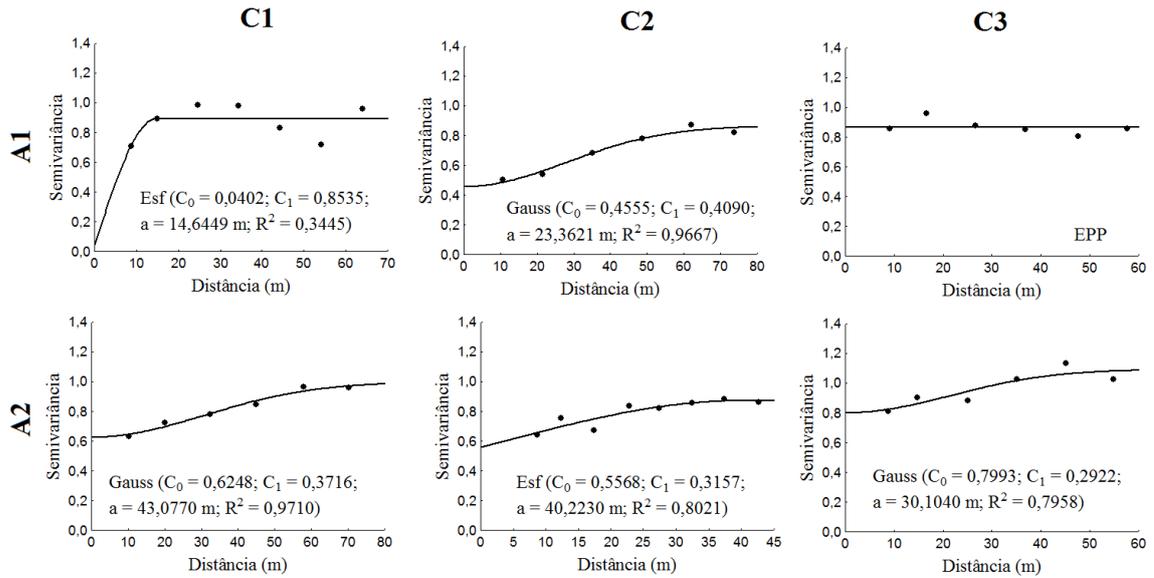


Figura 4. Semivariogramas da distribuição espacial de *Rotylenchulus* em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

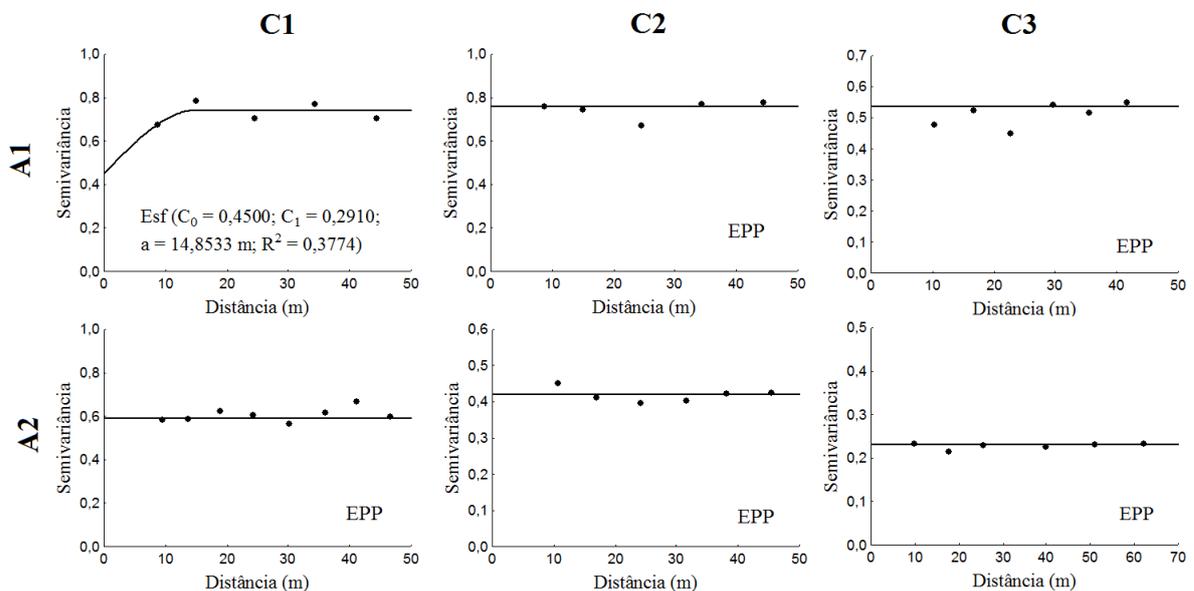


Figura 5. Semivariogramas da distribuição espacial de nematoides endoparasitas em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

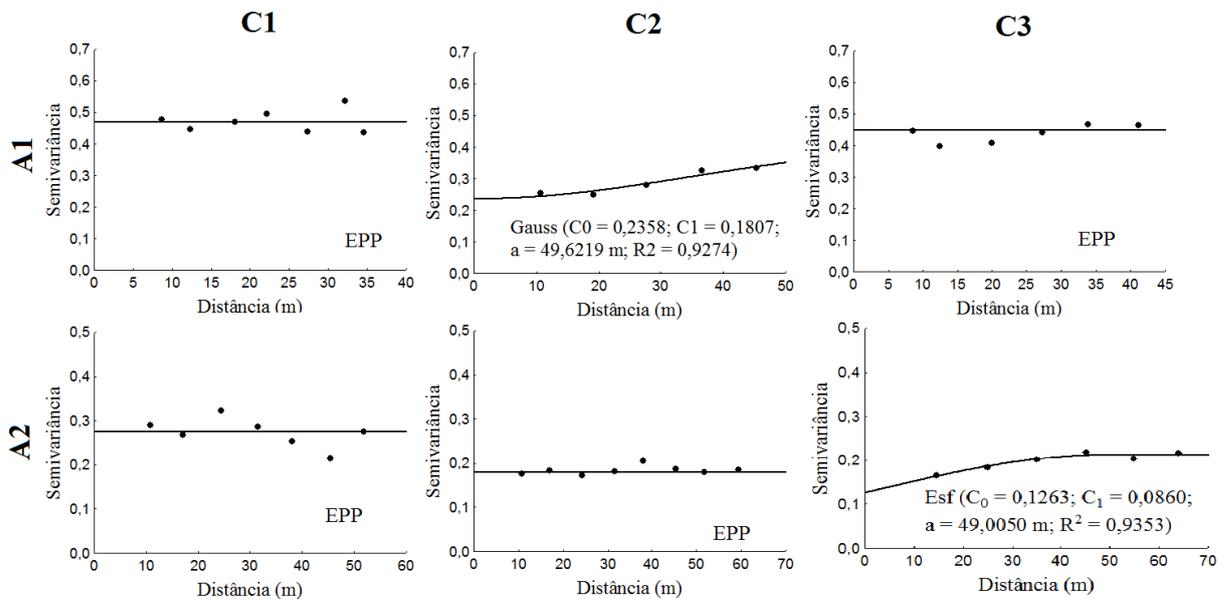


Figura 6. Semivariogramas da distribuição espacial de nematoides ectoparasitas em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

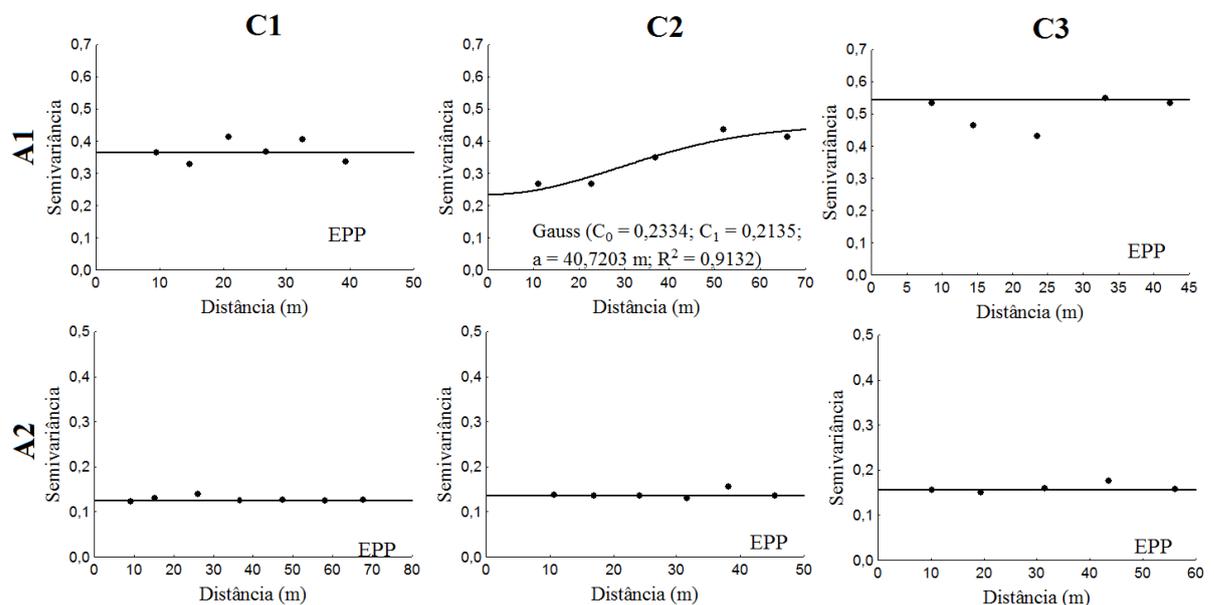


Figura 7. Semivariogramas da distribuição espacial de nematoides fitoparasitas em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

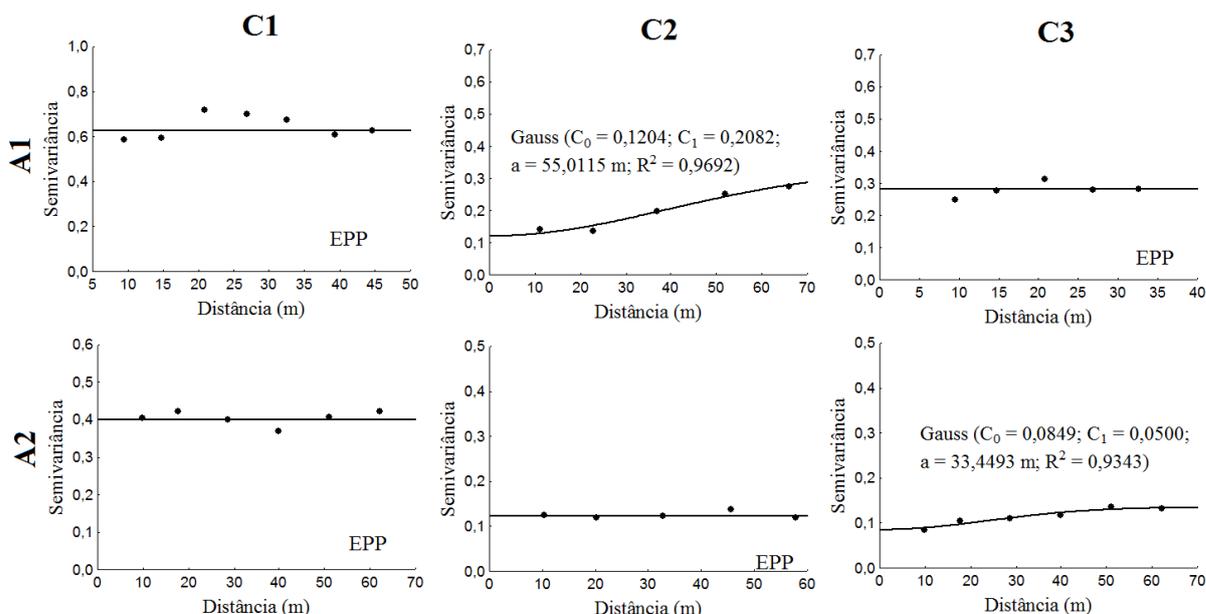


Figura 8. Semivariogramas da distribuição espacial de nematoides de vida livre em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

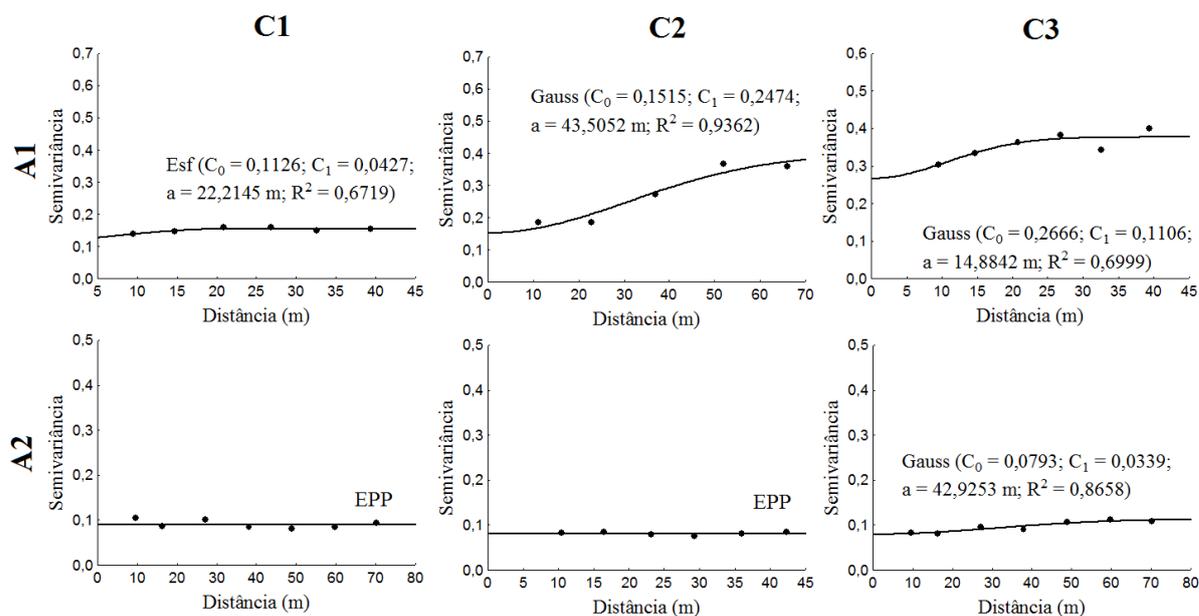


Figura 9. Semivariogramas da distribuição espacial do total de nematoides em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

Os melhores ajustes para os atributos do solo (Tabela 6, Figura 10 a 16) foram obtidos com o modelo esférico, corroborando os resultados de outros trabalhos, que demonstraram

que este modelo possui melhor adaptação ao semivariograma das propriedades químicas do solo, em sua estrutura espacial (TRANGMAR et al., 1985; CAMBARDELLA et al., 1994; OLIVEIRA et al., 1999; SILVA et al., 2007).

Dos oito atributos do solo analisados, sete apresentaram EPP em pelo menos uma das áreas e em pelo menos uma das coletas (Tabela 6, Figura 10 a 16), exceto Mg^{2+} , que se ajustou ao modelo esférico ou gaussiano para todas as áreas e épocas de amostragem. O efeito pepita constitui medida importante do semivariograma e indica variabilidade não explicada, que pode ser devida a erros de medidas ou microvariação não detectada, considerando a distância de amostragem utilizada (CAMBARDELLA et al., 1994).

A exemplo dos nematoides, os alcances obtidos para os atributos químicos do solo tiveram larga faixa de variação, com o mínimo de 12,018 m para Ca^{2+} na terceira coleta da área 1 e o máximo de 60,4925 m para nitrogênio total na primeira coleta da área 1 (Tabela 6). Alcances maiores podem caracterizar que o manejo pode ter contribuído para uma maior continuidade na distribuição da variável (SOUZA et al., 2004).

Tabela 6. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada das variáveis químicas de um Neossolo Regolítico em duas áreas, com (área 1) e sem (área 2) adição de torta de nim, em pomar de goiabeiras (*Psidium guajava*) antes da aplicação do nim (coleta 1), 90 dias após a primeira aplicação (coleta 2) e 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3).

	Modelo	C ₀	C ₁	a	R ²	C ₀ /(C ₀ +C ₁)	GDE	Jack-Knifing	
								Média	DP
Coleta 1 - Área 1									
K ⁺	Efeito Pepita puro								
Na ⁺	Exp.	2,0043	1,7263	16,7632	0,5423	53,73	Mod.	-0,019	0,934
Mg ²⁺	Gauss.	0,5948	0,4968	26,2622	0,8785	54,49	Mod.	0,009	1,013
Ca ²⁺	Gauss.	0,5678	0,6742	31,3567	0,9339	45,72	Mod.	-0,004	1,084
C-CO ₂	Gauss.	0,0917	0,0277	20,8691	0,6381	76,80	Fraco	-0,050	0,947
CO	Efeito Pepita puro								
NT	Gauss.	0,0074	0,0097	60,4925	0,973	43,27	Mod.	0,007	1,018
pH	Efeito Pepita puro								
Coleta 1 - Área 2									
K ⁺	Efeito Pepita Puro								
Na ⁺	Esf.	0,0025	0,0160	16,19370	0,9074	13,51	Forte	0,026	1,070
Mg ²⁺	Esf.	0,5673	0,7792	18,0059	0,8857	42,13	Mod.	-0,010	1,006
Ca ²⁺	Esf.	0,3643	0,2731	24,4869	0,5910	57,15	Mod.	-0,023	1,013
C-CO ₂	Efeito Pepita puro								
CO	Efeito Pepita puro								

NT	Esf.	0,0072	0,0018	38,0168	0,8840	80,00	Fraco	-0,003	1,035
pH	Efeito Pepita puro								
Coleta 2 - Área 1									
K ⁺	Efeito Pepita Puro								
Na ⁺	Efeito Pepita Puro								
Mg ²⁺	Esf.	2,2362	2,1406	58,4262	0,9855	59,43	Mod.	-0,040	1,004
Ca ²⁺	Gauss,	1,1948	0,8026	39,3440	0,9249	59,43	Mod.	-0,043	0,949
C-CO ₂	Esf.	89,0934	60,8257	38,7603	0,8757	59,43	Mod.	0,001	1,149
CO	Esf.	0,0064	0,0026	54,6216	0,9206	71,11	Mod.	-0,033	1,064
NT	Esf.	0,9679	0,1534	51,4044	0,8001	86,32	Fraco	-0,066	1,087
pH	Esf.	0,0203	0,1964	16,9613	0,6672	9,37	Forte	-0,031	1,050
Coleta 2 - Área 2									
K ⁺	Esf.	0,0644	0,0973	53,1051	0,8416	39,83	Mod.	0,027	1,048
Na ⁺	Esf.	0,0154	0,0212	34,3375	0,6986	42,08	Mod.	0,005	1,030
Mg ²⁺	Esf.	0,0259	0,0495	36,6484	0,9526	34,35	Mod.	0,003	1,076
Ca ²⁺	Gauss.	1,4398	2,0341	23,3399	0,8892	41,45	Mod.	-0,019	0,901
C-CO ₂	Gauss.	82,6639	119,177	42,8046	0,9807	40,95	Mod.	-0,018	1,076
CO	Esf.	0,0030	0,0103	27,9968	0,9688	22,56	Forte	-0,015	1,029
NT	Esf.	0,1438	0,1567	18,4857	0,7283	47,85	Mod.	-0,002	1,058
pH	Efeito Pepita puro								
Coleta 3 - Área 1									
K ⁺	Efeito Pepita Puro								
Na ⁺	Efeito Pepita Puro								
Mg ²⁺	Esf.	0,5376	0,5234	27,4973	0,9016	50,67	Mod.	-0,008	1,008
Ca ²⁺	Exp.	0,5312	0,4202	12,0180	0,7827	55,83	Mod.	-0,051	0,908
C-CO ₂	Efeito Pepita puro								
CO	Esf.	0,0148	0,0237	17,159	0,6654	38,44	Mod.	-0,039	1,075
NT	Esf.	2,2807	0,7199	29,0486	0,7319	76,01	Fraco	-0,023	1,082
pH	Efeito Pepita puro								
Coleta 1 - Área 2									
K ⁺	Efeito Pepita Puro								
Na ⁺	Esf.	94,5951	48,8706	32,4872	0,9861	65,94	Mod.	-0,013	1,106
Mg ²⁺	Esf.	0,0200	1,3430	18,6182	0,9428	1,47	Forte	-0,023	1,059
Ca ²⁺	Efeito Pepita puro								
C-CO ₂	Esf.	65,1699	149,7830	21,4709	0,6508	30,32	Mod.	0,019	1,246
CO	Efeito Pepita puro								
NT	Efeito Pepita puro								
pH	Efeito Pepita puro								

K⁺- potássio (cmolc L⁻¹); Na⁺ - sódio (cmolc L⁻¹); Mg²⁺- magnésio (cmolc L⁻¹); Ca²⁺- cálcio (cmolc L⁻¹); C-CO₂ – Evolução C-CO₂ (mg CO₂); CO – Carbono orgânico (dag kg⁻¹); NT – Nitrogênio total (g Kg⁻¹); pH – Potencial hidrogeniônico; C₀ – Efeito pepita; C₁ – Soleira; C₀ + C₁ – Patamar; R² – Coeficiente de determinação; GDE – Grau de dependência espacial; DP – Desvio padrão; Esf. – Esférico; Gauss. – Gaussiano.

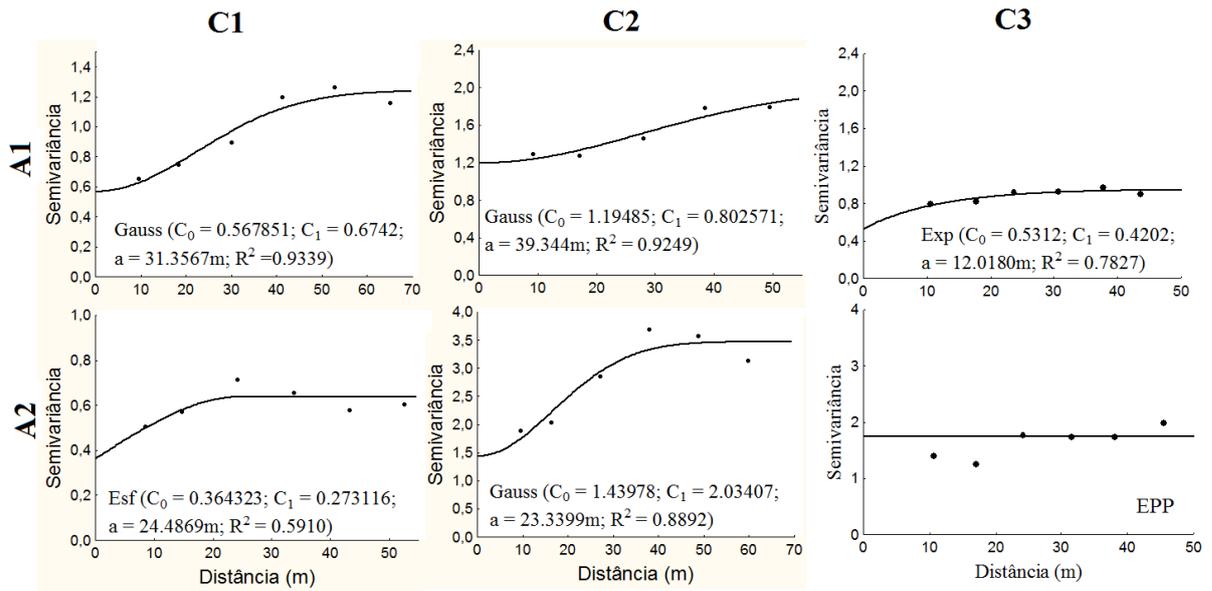


Figura 10. Semivariogramas da distribuição espacial de cálcio em duas áreas de pomar de goiabeiras (A1 – com nim; A2 – sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

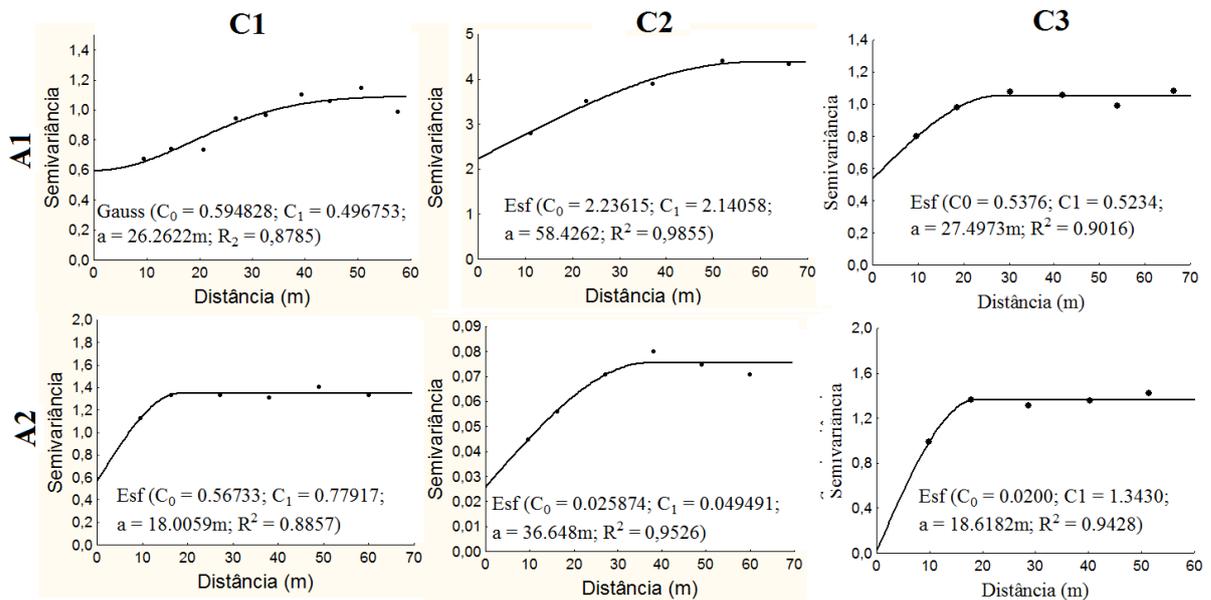


Figura 11. Semivariogramas da distribuição espacial de magnésio em duas áreas de pomar de goiabeiras (A1 – com nim; A2 – sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

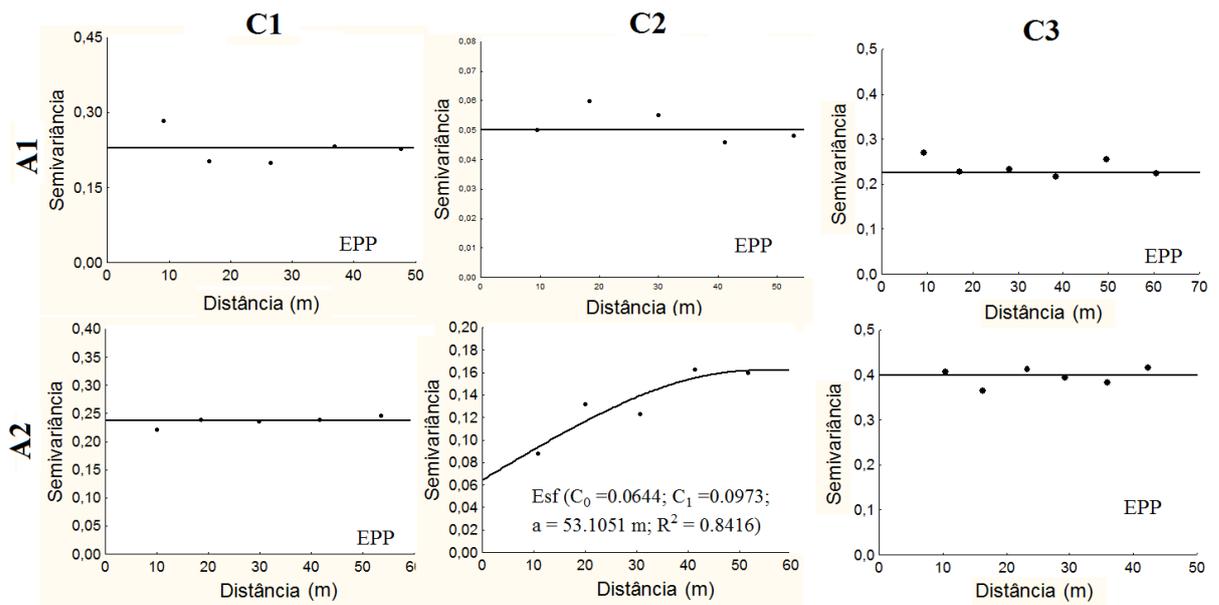


Figura 12. Semivariogramas da distribuição espacial de potássio em duas áreas de pomar de goiabeiras (A1 – com nim; A2 – sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

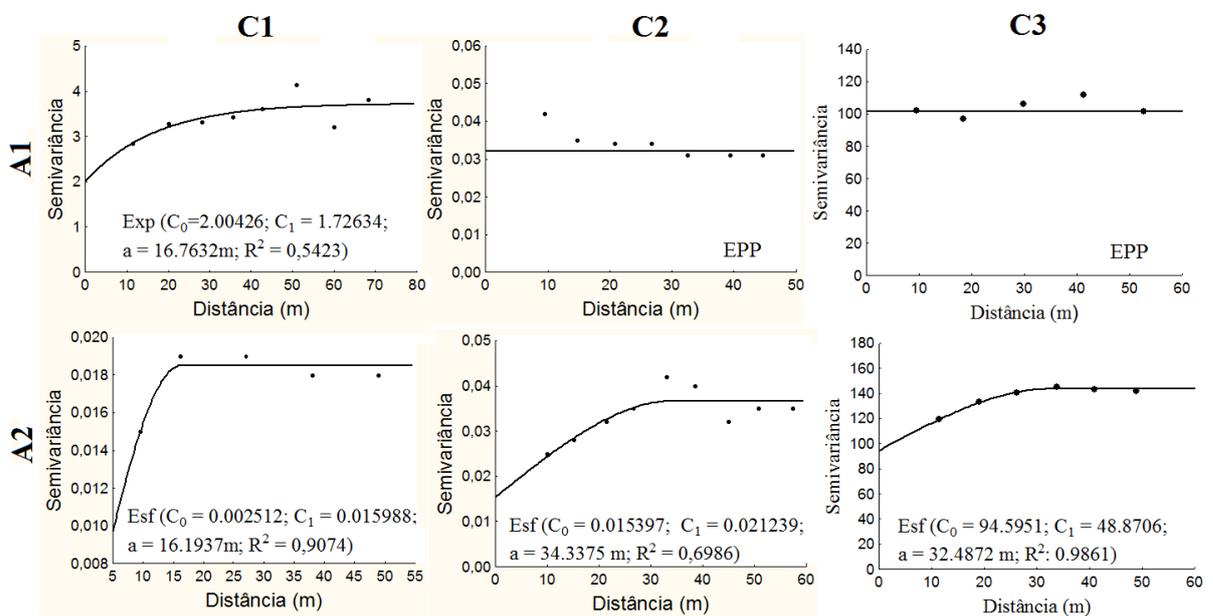


Figura 13. Semivariogramas da distribuição espacial de sódio em duas áreas de pomar de goiabeiras (A1 – com nim; A2 – sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

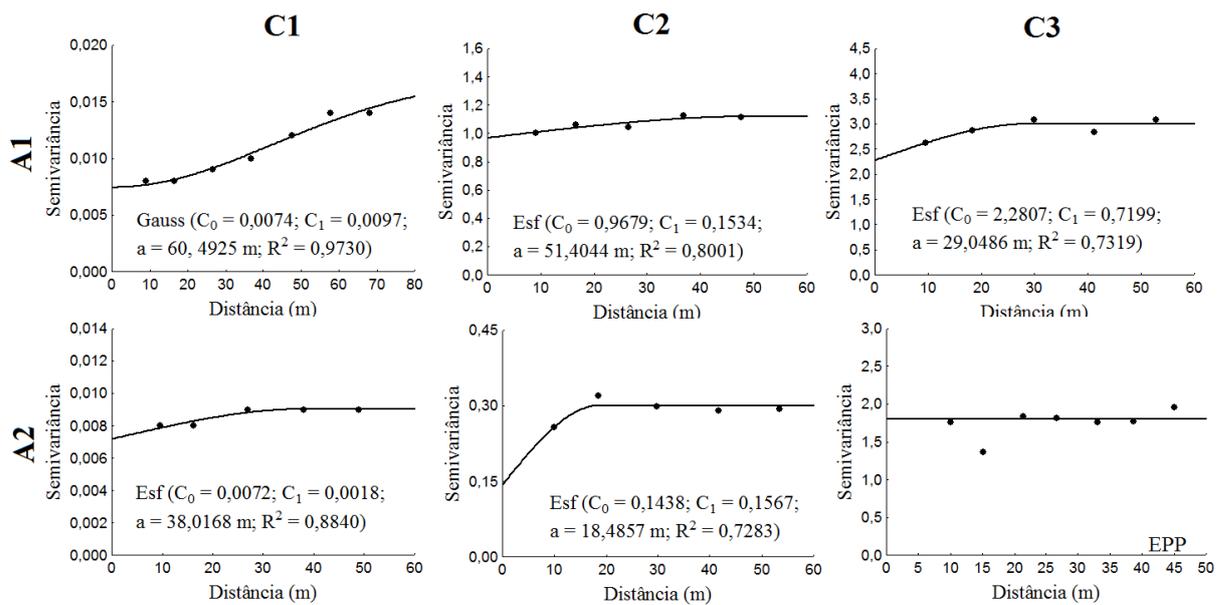


Figura 14. Semivariogramas da distribuição espacial do nitrogênio total do solo em pomar de goiabeiras em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

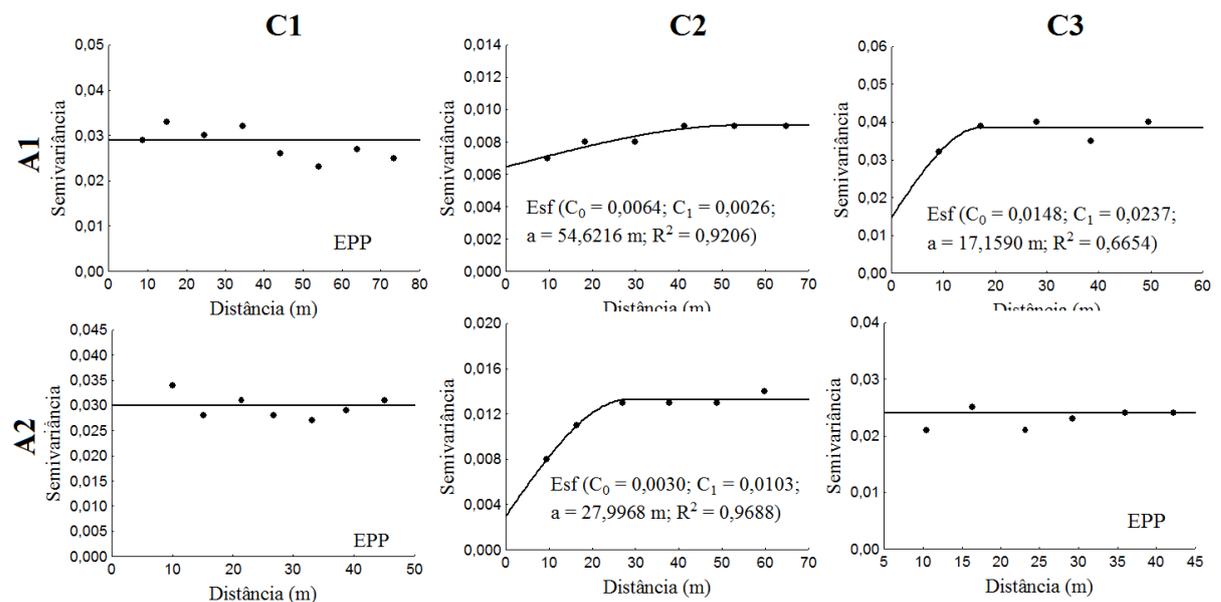


Figura 15. Semivariogramas da distribuição espacial do carbono orgânico do solo em pomar de goiabeiras em duas áreas (A1 – Com nim; A2 – Sem nim) e três épocas de coleta: antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

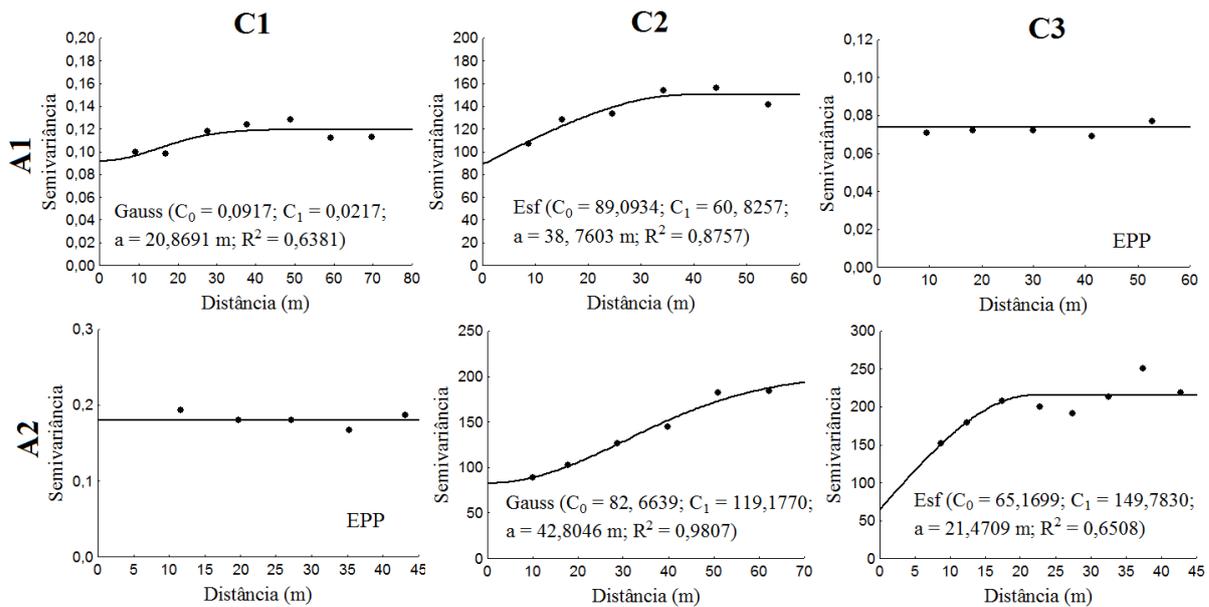


Figura 16. Semivariogramas das distribuições espaciais da evolução C-CO₂ em pomar de goiabeiras em duas áreas, com (área 1 - esquerda) e sem (área 2 - direita) adição de torta de nim, em três épocas de coleta antes da aplicação do nim (C1), 90 dias após a primeira aplicação (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

Os resultados da eletroforese de isoenzimas das fêmeas extraídas das raízes das goiabeiras revelaram um perfil isoenzimático VS1-VS1, típico de *M. enterolobii* (XU et al., 2004). As densidades populacionais de *M. enterolobii* e *Pratylenchus* nas raízes não se ajustaram aos modelos clássicos na segunda coleta, em ambas as áreas, apresentando efeito pepita puro (Tabela 7, Figura 17 e 18). Para a coleta 3, foi possível ajustar todas as variáveis aos modelos clássicos, sendo o esférico o modelo predominante. Os alcances variaram menos, quando comparados aos nematoides no solo, ficando entre 14,913 m a 28,0221 m, evidenciando um padrão de distribuição mais agregado. Analisando o grau de dependência espacial, a partir da classificação proposta por Cambardella et al. (1994), verificou-se grau moderado a forte para essas variáveis.

Tabela 7. Parâmetros dos semivariogramas teóricos, grau de estrutura espacial e validação cruzada das dos endoparasitas presentes em raízes de goiabeira (*Psidium guajava*) em duas áreas, com (área 1) e sem (área 2) adição de torta de nim, antes da aplicação do nim (coleta 1), 90 dias após a primeira aplicação (coleta 2) e 90 dias após a segunda aplicação (coleta 3).

Atributo	Modelo	C ₀	C ₁	a	R ²	C ₀ /(C ₀ +C ₁)	GDE	Jack-Knifing Média	DP
Área 1 - Coleta 2									
<i>Meloidogyne</i>	Efeito Pepita puro								
<i>Pratylenchus</i>	Efeito Pepita puro								
Área 2 - Coleta 2									
<i>Meloidogyne</i>	Efeito Pepita puro								
<i>Pratylenchus</i>	Efeito Pepita puro								
Área 1 - Coleta 3									
<i>Meloidogyne</i>	Esf.	0,0210	0,3266	14,9130	0,8194	6,04	Forte	0,015	1,049
<i>Pratylenchus</i>	Esf.	0,2959	0,1860	28,0221	0,8203	61,40	Mod.	0,021	1,083
Área 2 - Coleta 3									
<i>Meloidogyne</i>	Gauss.	0,2903	0,1606	20,9160	0,9510	64,38	Mod.	-0,029	0,992
<i>Pratylenchus</i>	Esf.	0,1506	0,4244	18,3497	0,7822	26,19	Mod.	-0,009	0,978

C₀ – Efeito pepita; C₁ – Soleira; C₀ + C₁ – Patamar; R² – Coeficiente de determinação; GDE – Grau de dependência espacial; DP – Desvio padrão; Esf. –Esférico; Gauss. – Gaussiano. Valores originais de nematoides transformados para log (x+1).

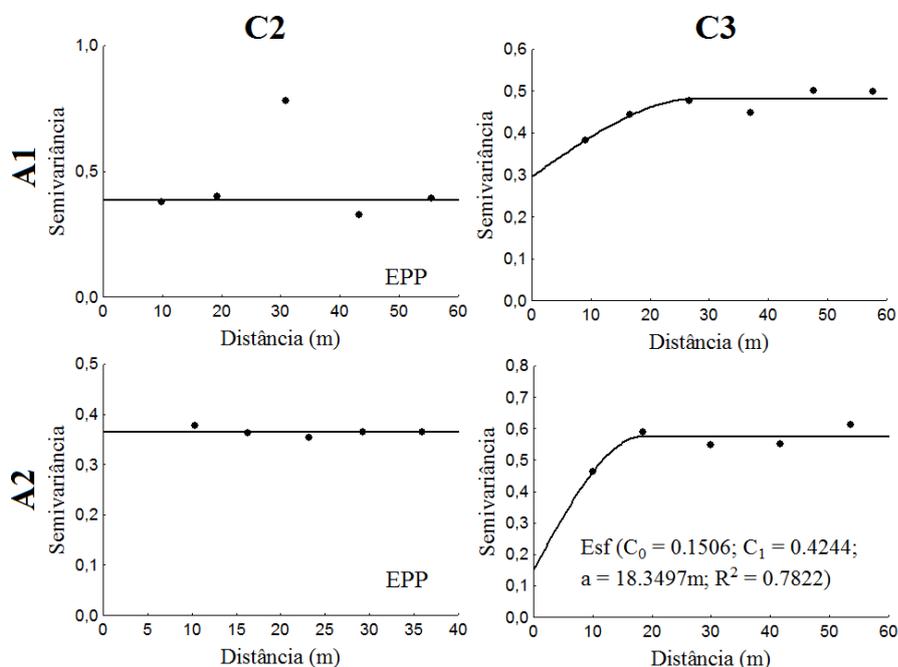


Figura 17. Semivariogramas de Infecção das Raízes de goiabeiras (*Psidium guajava*) por *Meloidogyne enterolobii* em duas áreas, com (A1) e sem (A2) adição de torta de nim, em duas épocas de coleta, 90 dias após a primeira aplicação do nim (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no Agreste Pernambucano.

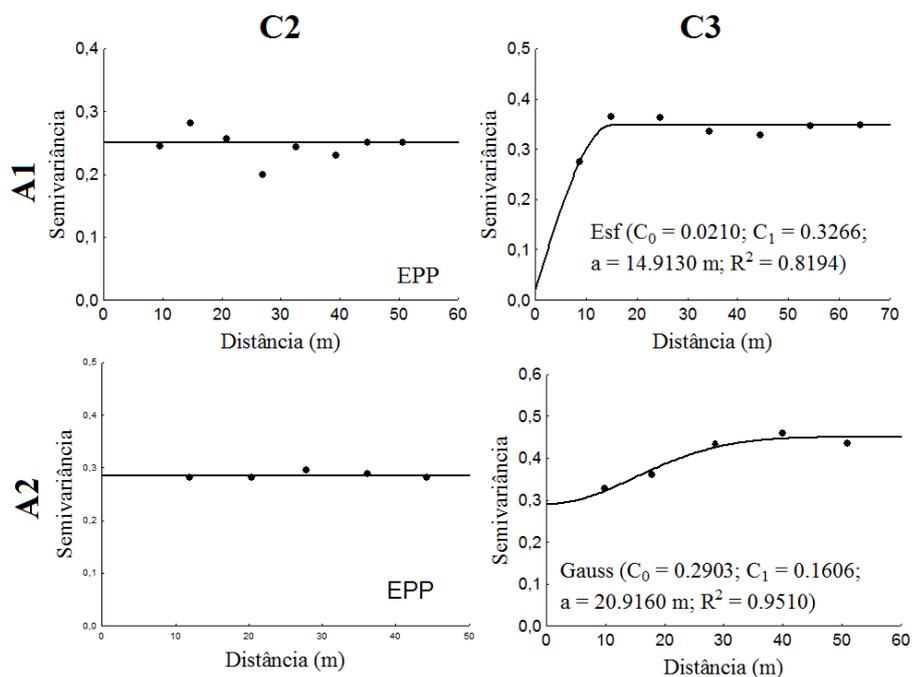


Figura 18. Semivariogramas de Infecção das Raízes de goiabeiras (*Psidium guajava*) *Pratylenchus* em duas áreas, com (A1) e sem (A2) adição de torta de nim, em duas épocas de coleta, 90 dias após a primeira aplicação do nim (C2) e 90 dias após a segunda aplicação (C3), no semiárido pernambucano.

As Figuras 19 a 25 apresentam os mapas de isolinhas de gêneros e grupos de nematoides nas duas áreas de estudo, antes da aplicação da torta de nim e nos períodos correspondentes a 90 dias após a primeira e segunda aplicação da torta. Os picos de nematoides, representados pelas regiões escuras, variaram de posição ao longo do tempo. Segundo Barker e Campbell (1985) a densidade populacional pode diferir numa distância de poucos metros, resultando em grupos com picos populacionais em determinados locais, entretanto, esses picos não são confiáveis para estimativa das densidades populacionais.

Os mapas de isolinhas para os gêneros *Pratylenchus* e *Rotylenchulus* e o grupo de endoparasitas (*Pratylenchus* e *Meloidogyne*) indicam que estes nematoides ocupavam as mesmas regiões na área 1, com maiores densidades na região nordeste do mapa (Figura 19).

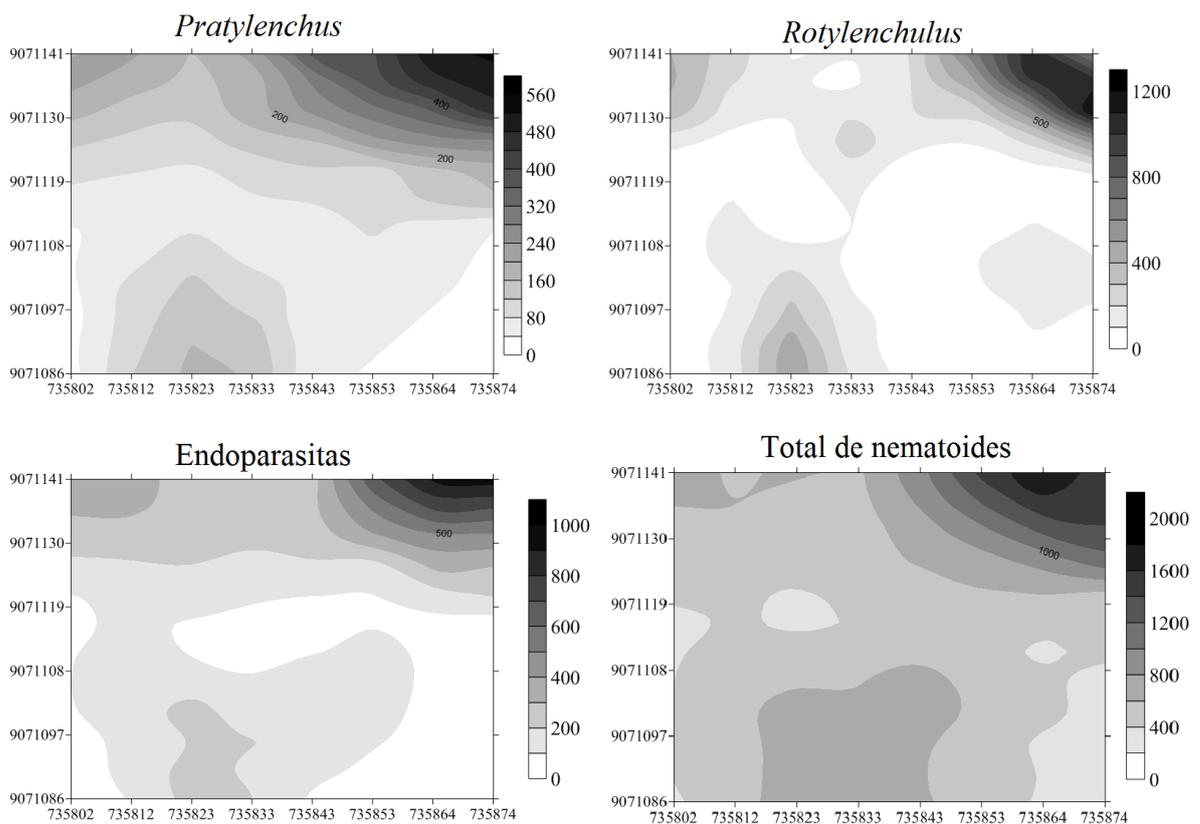


Figura 19. Mapas de isolinhas para *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, endoparasitas e total de nematoides na área 1, antes da aplicação da torta de Nim (Coleta 1).

Neste primeiro momento, não se detectou dependência espacial do gênero *Meloidogyne* na área 1, embora, quando em conjunto com *Pratylenchus* (representando os endoparasitas), tenha apresentado alguma similaridade à distribuição de *Pratylenchus*, ratificando a baixa representatividade da população de *Meloidogyne*. É possível inferir que *Pratylenchus* e *Rotylenchulus* (semi-endoparasita) exerceram influência na distribuição espacial do total de nematoides, indicando maior dominância destes sobre os demais nematoides no início do experimento. Dinardo-Miranda e Fracasso (2009) também encontraram dificuldades em seu estudo de variabilidade espacial em áreas de cultivo de cana-de-açúcar com *Meloidogyne*, uma vez que não foi possível o mapeamento de três das quatro áreas amostradas. Os autores atribuíram tais dificuldades à adoção de uma escala amostral maior do que a escala em que ocorre a dependência espacial entre os pontos. No caso das goiabeiras, a dificuldade no mapeamento e estudo da variabilidade dos fitonematoides pode ser atribuída ao fato de o progresso da doença estar em sua fase inicial e também às características de disseminação do patógeno no pomar.

Meloidogyne apresentou pelo menos três regiões de agregação aos 90 dias após aplicação da torta de nim. Para *Rotylenchulus*, vida livre e total de nematoides, houve uma tendência à concentração na faixa central da área, na direção norte-sul, caracterizando um efeito de bordadura, visto que a área é delimitada ao sul pela outra área de estudo (área 2), ao norte por área de cultivo de culturas anuais e por estradas a leste e oeste (Figura 20).

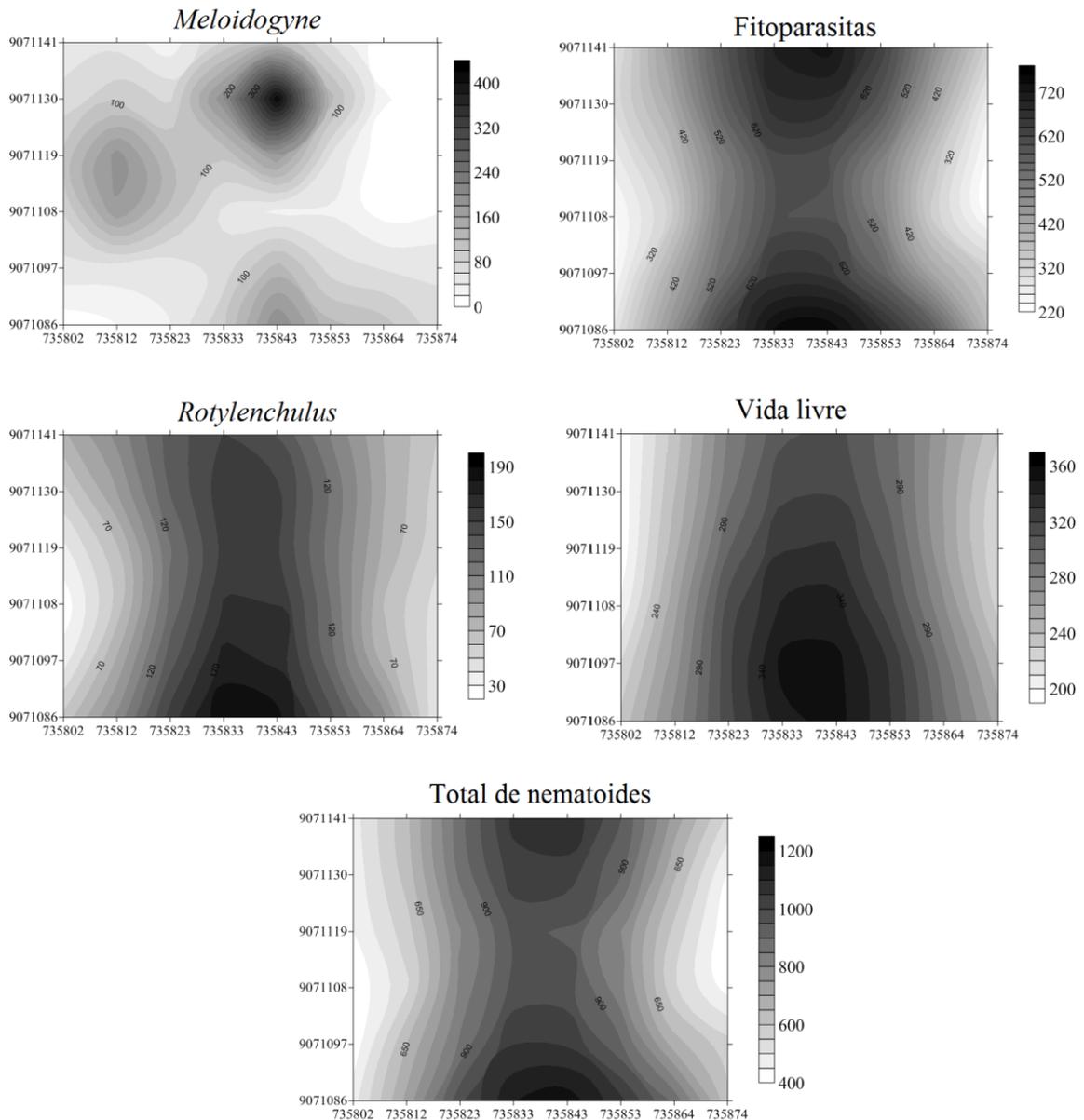


Figura 20. Mapas de isolinhas da área 1 para *Meloidogyne*, fitoparasitas, *Rotylenchulus*, nematoides de vida livre e total de nematoides, 90 dias após a primeira aplicação da torta de nim (Coleta 2).

Na área 1, comparando-se os mapas de 90 dias após a primeira aplicação da torta de nim (Figura 20) e aos 90 dias após a segunda aplicação da torta (Figura 21), observa-se um ligeiro deslocamento dos picos populacionais de *Meloidogyne* para a esquerda ao norte, enquanto ao sul houve um deslocamento para a direita. Apesar das alterações nos valores de pico, a tendência de distribuição agregada de *Meloidogyne* foi mantida. Comportamento semelhante foi verificado para os nematoides totais, que aos 90 dias após a primeira aplicação apresentavam picos populacionais na faixa central da área e aos 180 dias (90 dias após a segunda aplicação da torta) apresentaram deslocamento para a esquerda ao norte e para a direita ao sul.

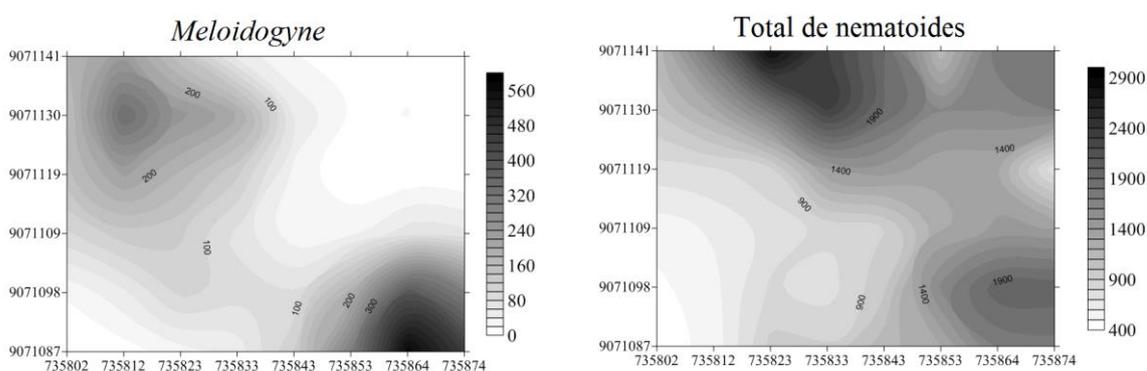


Figura 21. Mapas de isolinhas para *Meloidogyne* e total de nematoides, na área 1, aos 90 dias após a segunda aplicação da torta de nim (Coleta 3).

Do início do experimento aos 90 dias, os níveis de *Meloidogyne* ao sul da área 2 eram mais baixos, e apresentava duas regiões de agregação ao nordeste (Figuras 23 e 24). Após 180 dias, foi detectado um aumento destes nematoides ao sul (Figura 25), superando os níveis daqueles focos detectados até os 90 dias ao nordeste. Comparando-se com o mapa de isolinhas para infecção de raízes por *M. enterolobii* (Figura 22), as regiões de agregação de *Meloidogyne* no solo aos 180 dias coincidem com as regiões de infecção, indicando que o incremento populacional ao sul se deveu, em grande parte, à multiplicação de *M. enterolobii* nas raízes das goiabeiras.

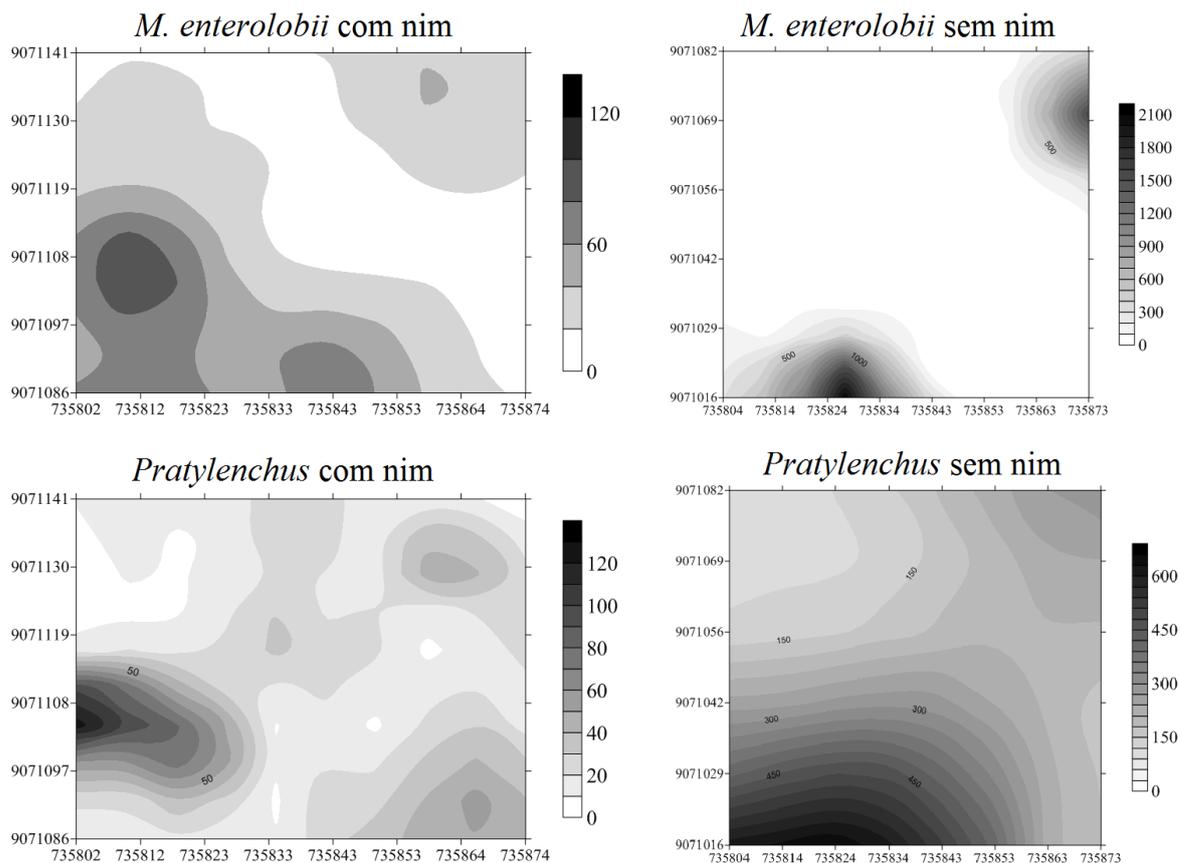


Figura 22. Mapas de isolinhas para *Meloidogyne enterolobii* e *Pratylenchus* em raízes de goiabeira (*Psidium guajava*), nas áreas 1 (com nim) e 2 (sem nim), aos 90 dias após a segunda aplicação da torta de nim (Coleta 3).

De modo geral, os níveis de infecção foram mais baixos na área 1, sendo necessária a adoção de uma escala de menor intervalo, de 0-120, enquanto para a área 2 foi usada escala de 0-1200 para ambas as espécies de nematoide.

Os mapas de isolinhas para as variáveis de infecção de raízes por *Meloidogyne enterolobii* (Figura 22) mostram que na área 1 (área tratada), ao final do estudo, a população se encontrava em uma densidade muito baixa. A aplicação da torta de nim pode ter influenciado na manutenção da baixa densidade deste nematoide na área 1. Pesquisas já demonstraram o efeito nematicida das substâncias presentes na torta de nim, sendo a azadiractina o principal ingrediente ativo (AKHTAR; ALAM, 1993; AKHTAR; MAHMOOD, 1994; JAVED et al., 2007).

Os níveis de infecção de raízes foram maiores na área 2 (Figura 22), sendo possível visualizar dois focos de infecção bastante concentrados ao sudoeste e nordeste da área, coincidindo com a distribuição desse gênero de nematoide quando analisados pelas amostras

de solo aos 180 dias (Figura 25). Contudo, a distribuição de *Meloidogyne* na área 2 no início do experimento, não foi coincidente com a distribuição espacial desde mesmo nematoide para infecção de raízes, o que indica que sua multiplicação de nas raízes das goiabeiras ao longo do tempo aumentou a presença deste nematoide no solo das regiões adjacentes às goiabeiras mais infectadas. Pode-se inferir que, por se tratar de um pomar recém-implantado, existe grande possibilidade de que as mudas utilizadas estivessem infectadas por *M. enterolobii*. Registros relatam mudas de goiabeiras infectadas por *M. enterolobii* na região de Petrolina-PE, no submédio do São Francisco (CARNEIRO; MOREIRA, 2001; PEREIRA et al., 2009; RIBEIRO; CASTRO, 2007). O fato de as mudas das goiabeiras do pomar estudado terem sido compradas de viveiros daquela região reforça a hipótese da introdução de *M. enterolobii* no pomar por meio de mudas infectadas.

Os mapas de isolinhas para infecção de raízes por *Pratylenchus* spp. para a coleta 3 (Figura 22) mostraram que na área 1 (com nim) os níveis de infecção foram menores que na área 2 (sem nim), indicando que a torta de nim pode ter afetado o nematoide. Comparando-se os mapas de infecção de raízes por *Pratylenchus* com os nematoides de mesmo gênero presentes no solo na coleta 2, observa-se maior infecção de raízes em regiões de maior presença deste no solo. Os mapas mostram que as regiões de maiores infecções para os dois nematoides foram coincidentes. Estudos em outras culturas concluíram que a ocorrência de *Meloidogyne* e *Pratylenchus* em uma mesma área é frequente e cria competição interespecífica fraca, diminuindo as taxas de reprodução (FERRAZ, 1995; EISENBACK, 1993; ESTORES; CHEN, 1972).

Na área 2, os nematoides do gênero *Pratylenchus* ao início do experimento não apresentavam distribuição agregada, apresentando dependência espacial somente nas duas últimas coletas. Os seus mapas relevaram que na segunda coleta, suas maiores concentrações ocorriam nas regiões de menor concentração de *Meloidogyne* e vice-versa (Figuras 24 e 25). Ao final do experimento, ocorreu um grande aumento populacional de *Pratylenchus* na mesma região onde ocorreu aumento da população de *Meloidogyne*, ao sul da área (Figura 25), coincidindo também com as áreas de infecção de raízes de goiabeiras por *Pratylenchus* spp. (Figura 22), indicando que, da mesma forma que ocorreu para *Meloidogyne*, os nematoides do gênero *Pratylenchus* se multiplicaram nas raízes de goiabeiras provocando um grande aumento populacional desse nematoide no solo.

As populações de *Rotylenchulus* da área 2, do início do experimento até os primeiros 90 dias, apresentaram uma forte tendência de agregação em toda a faixa leste da área (Figuras 24 e 25), ao final houve um deslocamento para o sul (Figura 26). Não houve detecção de

Rotylenchulus nas raízes das goiabeiras, porém a presença de variadas plantas invasoras na área podem ter favorecido sua multiplicação.

Os nematoides de vida livre da área 2 apenas apresentaram distribuição espacial agregada na coleta 2 (Figura 24), e se concentraram nas regiões de menor concentração de nematoides parasitos de plantas. Da mesma forma, regiões que apresentaram níveis baixos de nematoides de vida livre permitiram um maior crescimento dos fitoparasitas. Akhtar (1998) associou a diminuição de nematoides parasitos de plantas ao aumento populacional de nematoides de vida livre. Os nematoides de vida livre podem ser separados em quatro grupos tróficos de acordo com seu hábito alimentar: fungívoros, onívoros, bacteriófagos e predadores. Os nematoides bacteriófagos consomem uma gama de bactérias que vivem na região da rizosfera das plantas e, após o processo digestivo, lançam de volta ao solo o conteúdo celular das bactérias, que podem suprimir o desenvolvimento de alguns fungos e podem promover o crescimento da planta (BIRD; RYDER, 1993). Os nematoides fungívoros desempenham um importante papel na decomposição de matéria orgânica (ISHIBASHI; CHOI, 1991); os predadores consomem todos os tipos de nematoides ou protozoários enquanto onívoros consomem uma variedade de organismos incluindo bactérias, fungos, protozoários, outros nematoides e raízes; e podem ter diferentes hábitos alimentares em cada estágio de vida (AKYAZI; YILDIZ; FELEK, 2014). Alguns estudos (OSMAN, 1988; FAUZIA et al., 1998; RAMA; DASGUPTA, 1998; KHAN; KIM, 2005) demonstraram que nematoides predadores reduziram substancialmente a população de nematoide-das-galhas em seus estágios migradores em condições de campo e *in vitro*. Fauzia et al. (1998) demonstraram a habilidade de algumas espécies de nematoides predadores em reduzir a população de *M. javanica*, o número de galhas, massa de ovos e de aumentar a massa de raízes. Osman (1988), Khan e Kim (2005) reportaram que a aplicação de nematoides predadores antes do plantio em solo infestado com *M. arenaria* reduziu o número de galhas em tomateiros e suprimiu a população do nematoide, e a população final dos predadores aumentou. A composição das comunidades de nematoides (fitoparasitas e nematoides de vida livre) e a abundância dos gêneros e espécies desses nematoides podem ser usadas como bioindicadores da qualidade do solo (NEHER, 2001), um importante aspecto da sustentabilidade de sistemas de produção. A razão entre os nematoides de vida livre e fitoparasitas deve ser usada como uma estimativa da condição do solo; uma correlação negativa tem um impacto negativo sobre a qualidade do solo (NAHAR, et al., 2006).

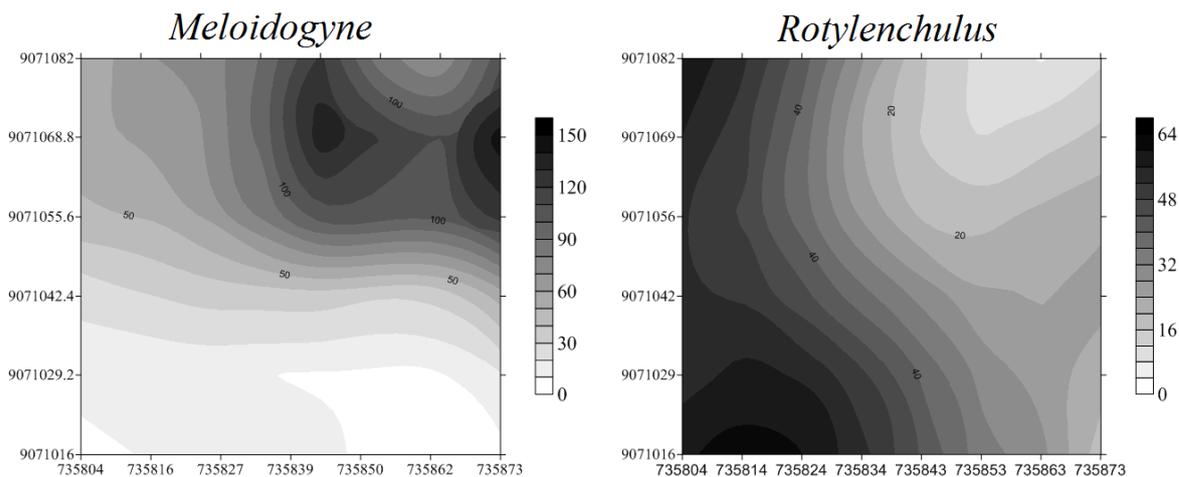


Figura 23. Mapas de isolinhas para *Meloidogyne* e *Rotylenchulus* na área 2, antes da aplicação da torta de nim (Coleta 1).

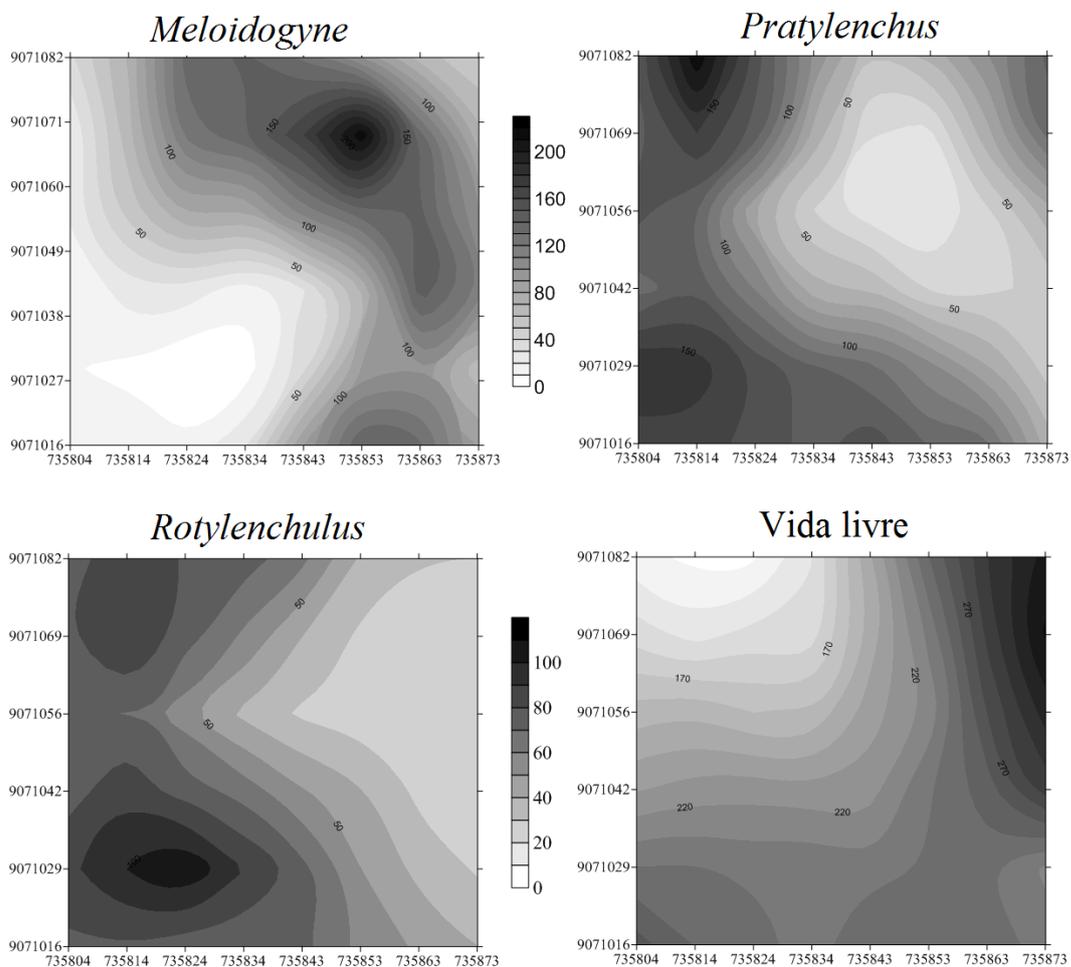


Figura 24. Mapas de isolinhas para *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e nematoides de vida livre na área 2, aos 90 dias após a primeira aplicação da torta de nim (Coleta 2).

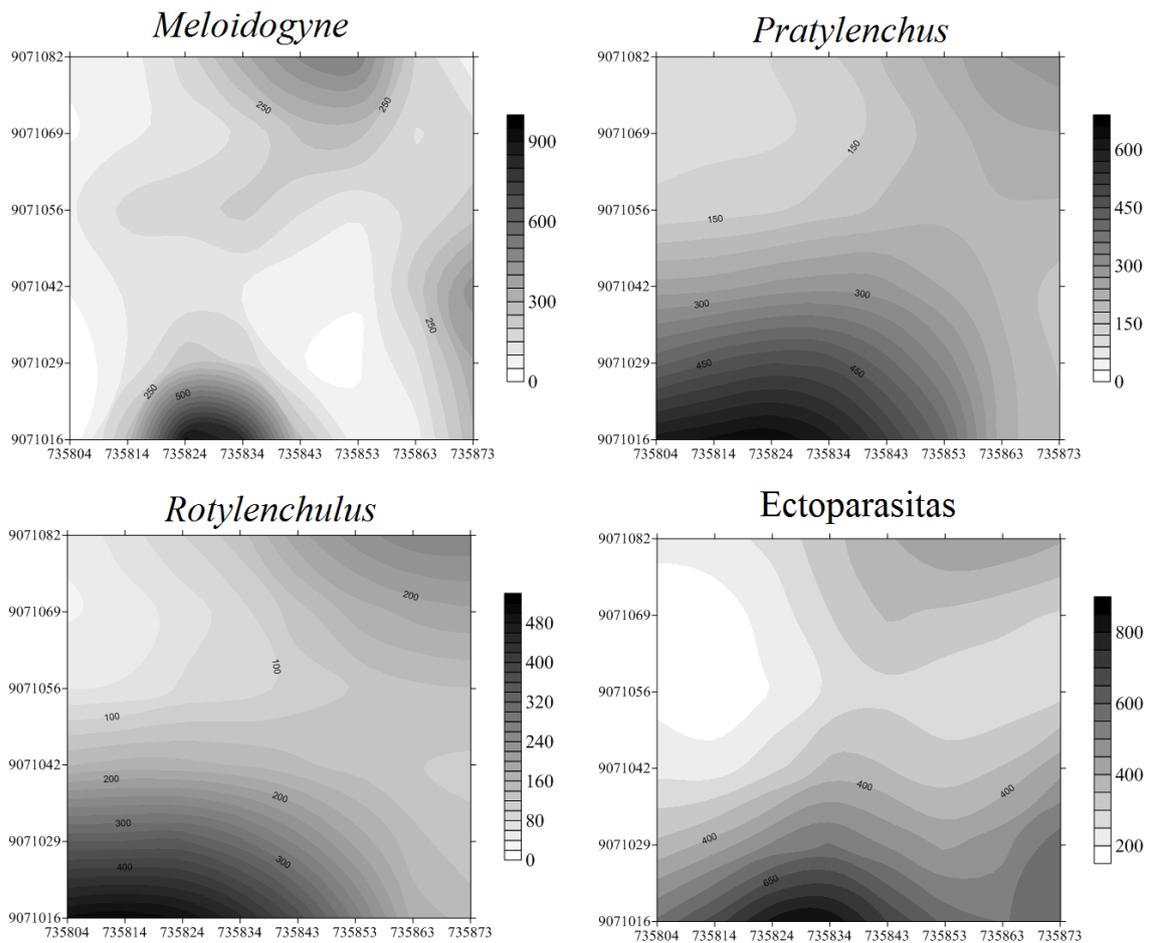


Figura 25. Mapas de isolinhas para *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Rotylenchulus* e ectoparasitas na área 2, aos 90 dias após a segunda aplicação da torta de nim (Coleta 3).

Os mapas de isolinhas para as variáveis químicas Cálcio, magnésio, nitrogênio total e evolução C-CO₂ antes e após a aplicação da torta de nim, na área 1, estão apresentadas nas figuras 26, 27 e 28. As distribuições espaciais de Ca²⁺, Mg²⁺, NT, Na⁺ e pH na primeira coleta (Figura 26) apresentaram padrões semelhantes às distribuições observadas para *Pratylenchus*, *Rotylenchulus*, endoparasitas e total de nematoides na área 1 antes da aplicação do nim (Figura 19). Os maiores níveis desses nutrientes, do pH e dos referidos nematoides foram observados ao nordeste da área e os menores níveis na região central.

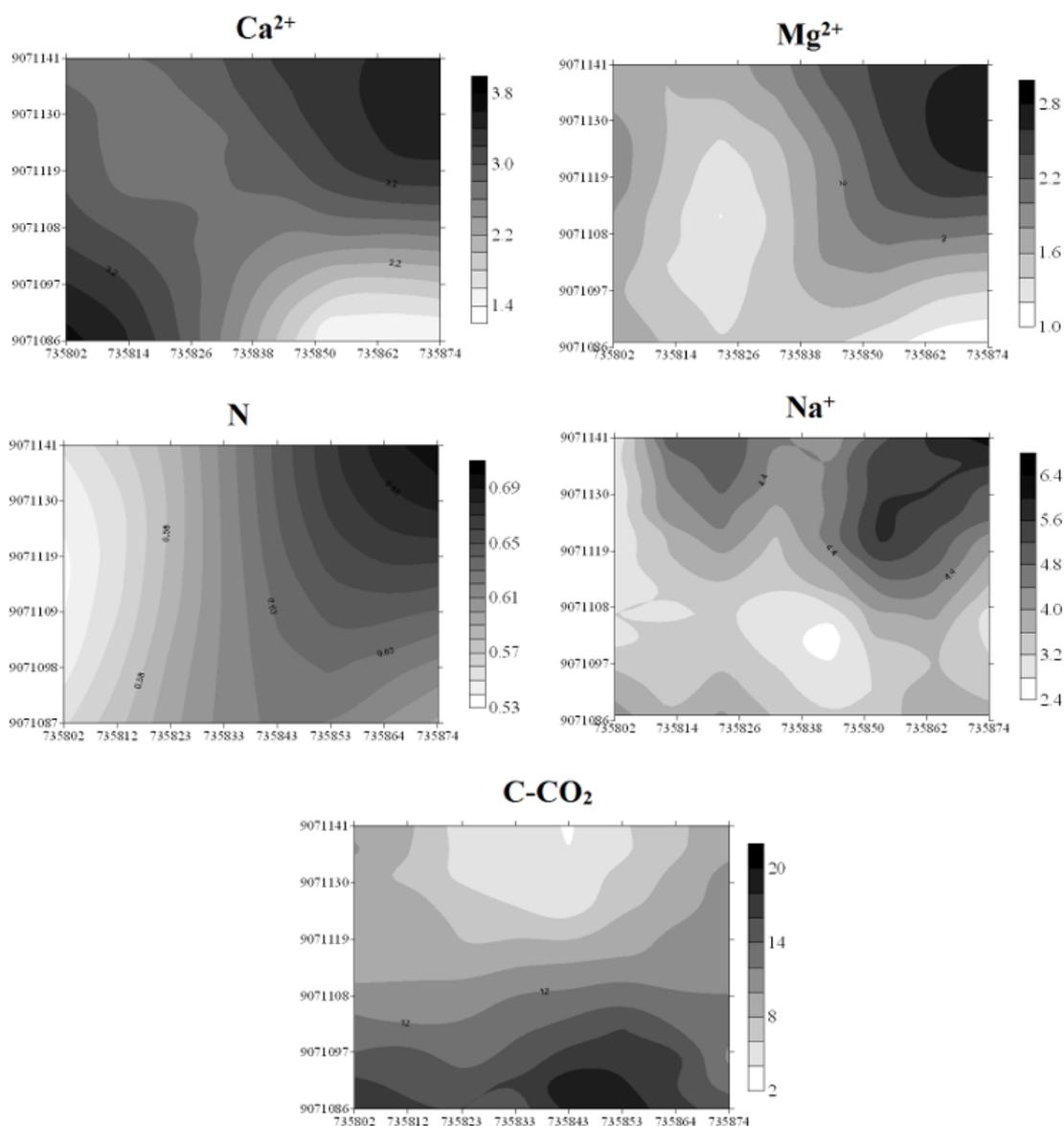


Figura 26. Mapas de isolinhas das variáveis químicas do solo que apresentaram dependência espacial na área 1, antes da aplicação da torta de nim (Coleta 1): cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), nitrogênio total (N), sódio (Na^+) e evolução C- CO_2 .

Aos 90 dias (Coleta 2), o padrão de distribuição espacial para Ca^{2+} e Mg^{2+} ainda apresentava a região central com menores níveis desses nutrientes (Figura 27), a exemplo da coleta 1 (Figura 26). Isso demonstra que, a princípio, a incorporação da torta de nim não interferiu na distribuição espacial desses nutrientes. As distribuições espaciais de carbono orgânico e nitrogênio total (Figura 27) mostraram suas maiores concentrações na faixa leste, demonstrando que boa parte do nitrogênio do solo se encontrava imobilizado na forma orgânica. Comparando-se os mapas para NT da coleta 1 (Figura 26) e coleta 2 (Figura 27)

nota-se que os maiores níveis permaneceram concentrados na região leste da área, indicando que, aos 90 dias, a torta de nim não interferiu na distribuição espacial do NT.

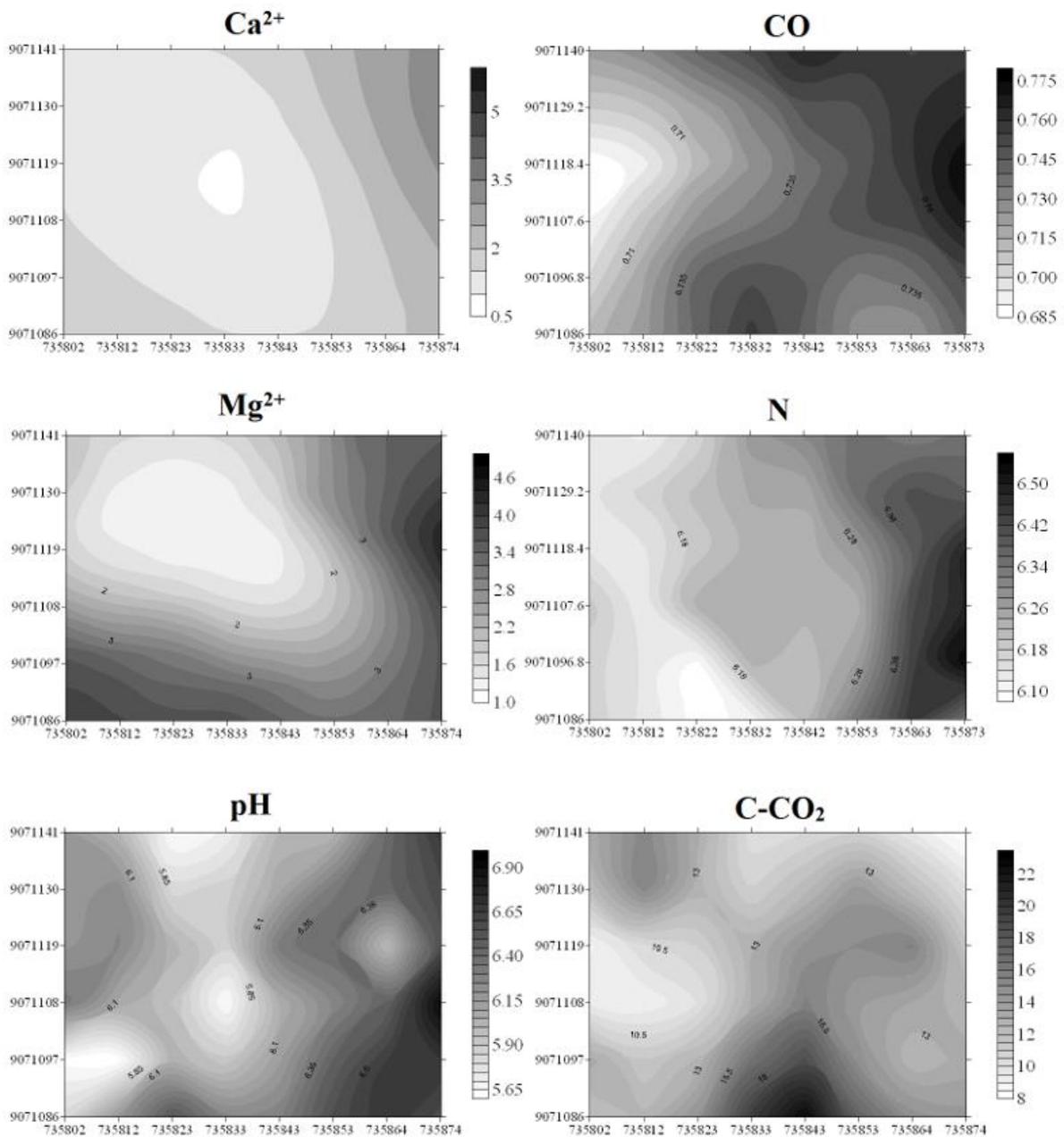


Figura 27. Mapas de isolinhas das variáveis químicas do solo que apresentaram dependência espacial na área 1, 90 dias após a primeira aplicação da torta de nim (Coleta 2): Cálcio (Ca^{2+}), carbono orgânico (CO), magnésio (Mg^{2+}), nitrogênio total (N), pH e evolução C-CO₂.

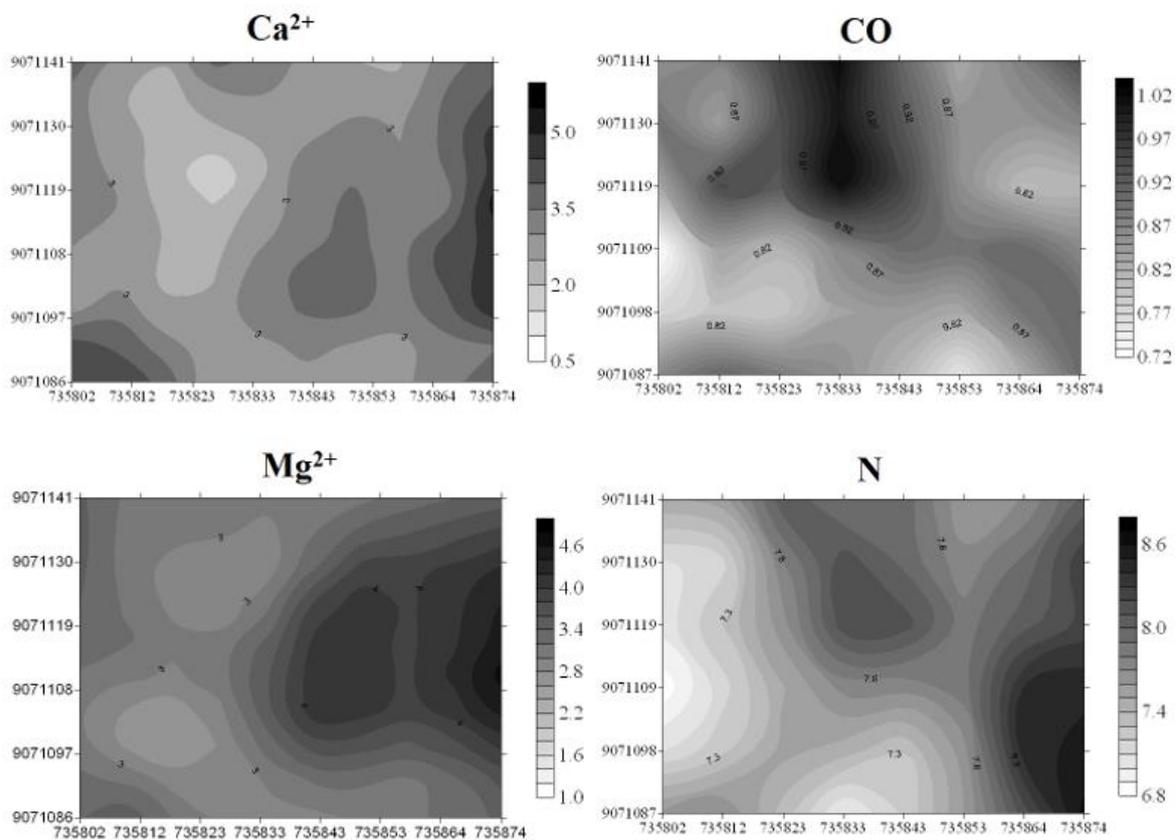


Figura 28. Mapas de isolinhas das variáveis químicas do solo do solo que apresentaram dependência espacial na área 1, 90 dias após a segunda aplicação da torta de nim (Coleta 3): Cálcio (Ca^{2+}), carbono orgânico (CO), magnésio (Mg^{2+}) e nitrogênio total (N).

As linhas mais finas formando faixas mais estreitas, para esse tipo de mapa, caracterizam uma maior variabilidade espacial, enquanto faixas largas representam uma condição de maior uniformidade (MENDES et al., 2007). Comparando-se os mapas para cada elemento, antes e após a aplicação, se observa poucas semelhanças nos padrões de distribuição espacial entre os mapas, indicando que a incorporação da torta de nim pode ter interferido na dinâmica desses elementos na área tratada. O aumento da variabilidade da evolução C-CO₂ pela incorporação da torta de nim se deveu possivelmente à influência que matéria orgânica exerce sobre diferentes comunidades microbianas (KILHAM, 1994). Ao se comparar os mapas para carbono orgânico (Figuras 27 e 28), observa-se que a aplicação da torta de nim aumentou a variabilidade e os teores de carbono orgânico no solo, mostrando linhas mais estreitas ao final do estudo. Outros estudos reportaram comportamento semelhante, em relação aos efeitos de adubos verdes na fertilidade do solo (MENEZES; SILVA, 2008). Barreto e Fernandes (2001) também verificaram aumentos nos teores de cálcio e magnésio em solos de tabuleiro costeiro, após a incorporação de biomassa vegetal.

A maior concentração de fitonematoides nas regiões de maior fertilidade pode estar ligada à maior disponibilidade de raízes hospedeiras para esses nematoides. Segundo Fageria (1998), além do fator genético, os nutrientes, o preparo e a umidade do solo afetam o sistema radicular. Sabe-se que as raízes não se desenvolvem adequadamente em solos ácidos. Entre os fatores de acidez, a deficiência de cálcio tem sido apontada como uma das restrições do crescimento radicular (RITCHEY et al., 1982). Segundo Cakmak e Kirkby (2008), a redução do crescimento das raízes é uma das primeiras reações das plantas à deficiência de magnésio. Lopes et al. (2013), estudando variáveis físicas e químicas do solo em distribuição de raízes finas, encontraram maior correlação dos atributos químicos com crescimento de raízes, estando nitrogênio, cálcio e magnésio entre os principais nutrientes correlacionados, principalmente na camada mais superficial do solo. O mapa de isolinhas para evolução C-CO₂ mostrou focos de agregação ao sul da área, em região coincidente com um dos focos de agregação dos totais de nematoides para a mesma época e área (Figura 26 e 19), indicando a existência de correlação espacial entre a atividade microbiana do solo e os níveis totais de nematoides.

As variáveis químicas na área 2 são apresentadas nos mapas das figuras 29, 30 e 31, representando as coletas 1, 2 e 3, respectivamente. Não se observou estreitamento das linhas para nenhuma das variáveis ao longo do tempo, indicando que não ocorreram grandes alterações na variabilidade dos dados químicos na área 2 entre as coletas 1 e 3 (0 – 180 dias). As maiores variabilidades foram observadas para nitrogênio total na coleta 1 e 2, potássio e carbono orgânico na coleta 2 e evolução C-CO₂ na coleta 3. De acordo com Campos et al. (2004), a quantidade de carbono no solo em sistema de cultivo é a resposta entre a taxa de adição de resíduos, a taxa de mineralização e de humificação desse conjunto. A combinação desses três fatores determina a dinâmica do carbono no sistema, o qual é conduzido por fatores climáticos, edáficos, vegetação e manejo.

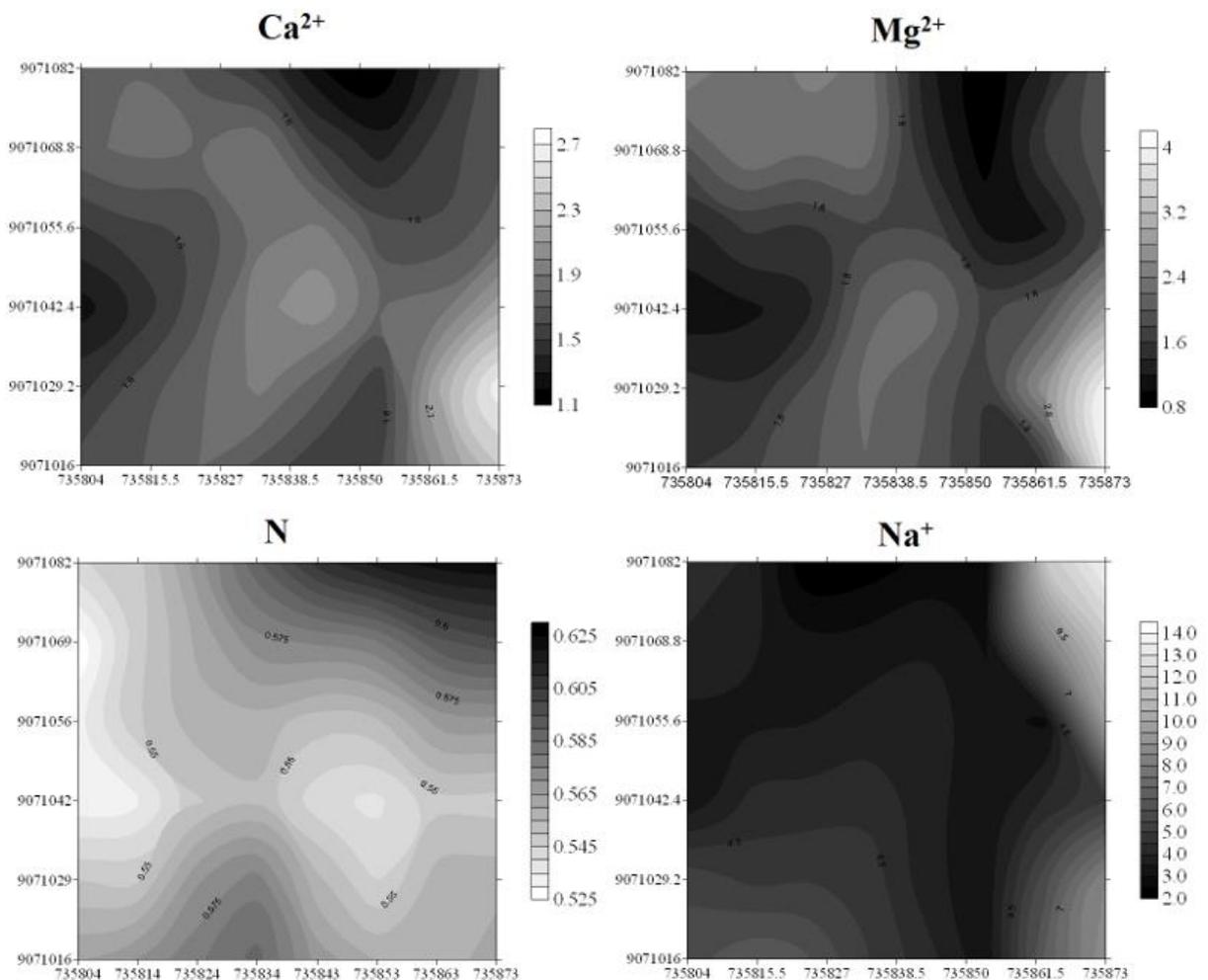


Figura 29. Mapas de isolinhas para as variáveis químicas do solo que apresentaram dependência espacial na área 2, antes da época de aplicação da torta de nim (Coleta 1): Cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), nitrogênio total (N) e sódio (Na^+).

Comparando-se os mapas para cálcio e magnésio (Figuras 29 e 30), nota-se que do início do estudo até os 90 dias, as regiões centrais da área apresentaram os menores níveis desses nutrientes, indicando poucas alterações nos padrões de distribuição. Para esta área, se observou poucas semelhanças entre os padrões de distribuição dos nematoides que apresentaram dependência espacial e os atributos do solo, destacando-se a relação entre as distribuições do nitrogênio total do solo e os nematoides de vida livre ao nordeste da área (Figuras 29 e 24). As comunidades de nematoides do solo (vida livre e fitoparasitas) são importantes como bioindicadores da qualidade do solo por sua relação ser bem relacionada com a ciclagem de nitrogênio e a decomposição, dois processos ecológicos críticos do solo (NEHER, 2001).

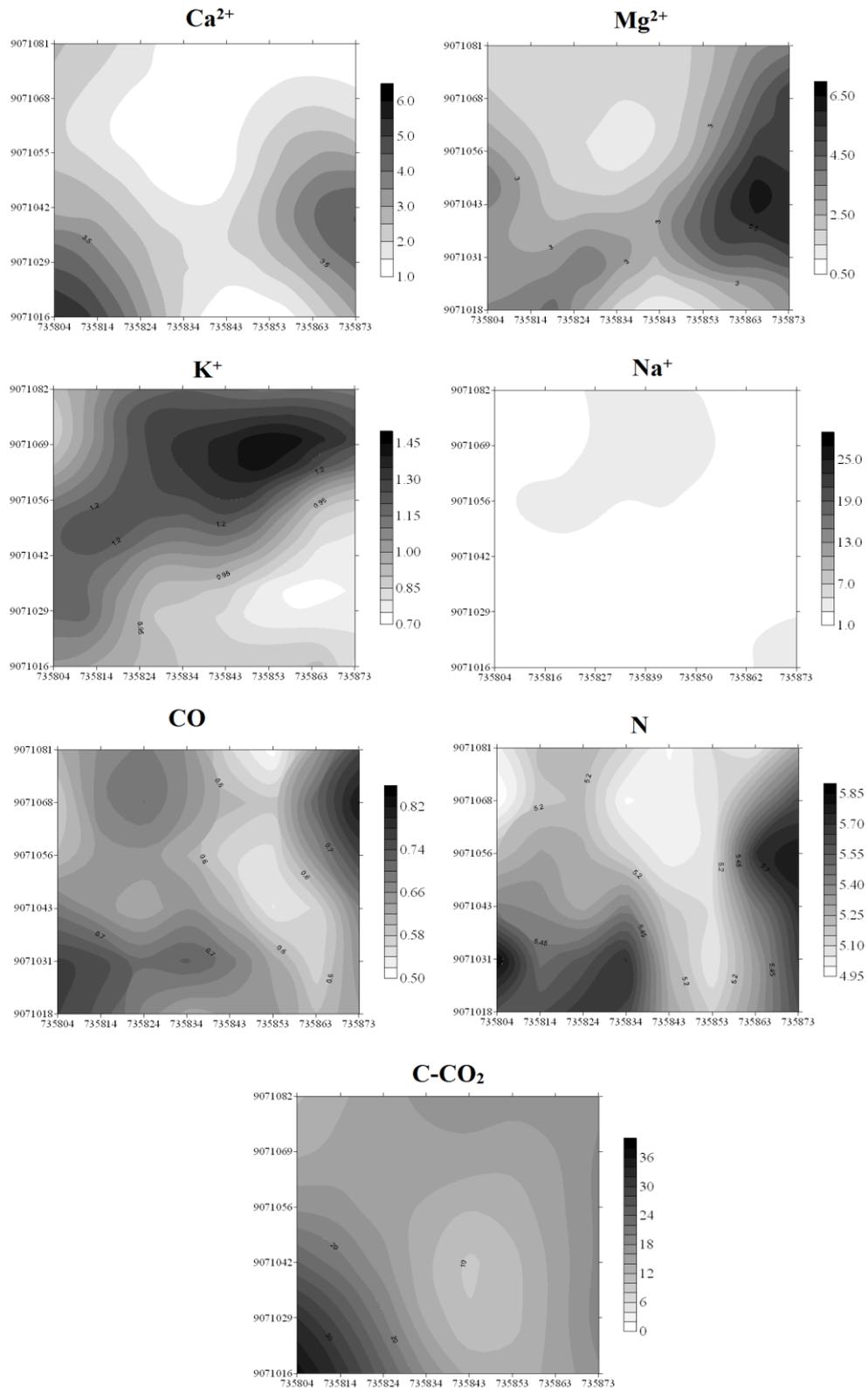


Figura 30. Mapas de isolinhas para as variáveis químicas do solo do solo que apresentaram dependência espacial na área 2, 90 dias após a época da primeira aplicação da torta de nim (Coleta 2): Cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), potássio (K^+), sódio (Na^+), carbono orgânico (CO), nitrogênio total (N) e evolução C-CO₂.

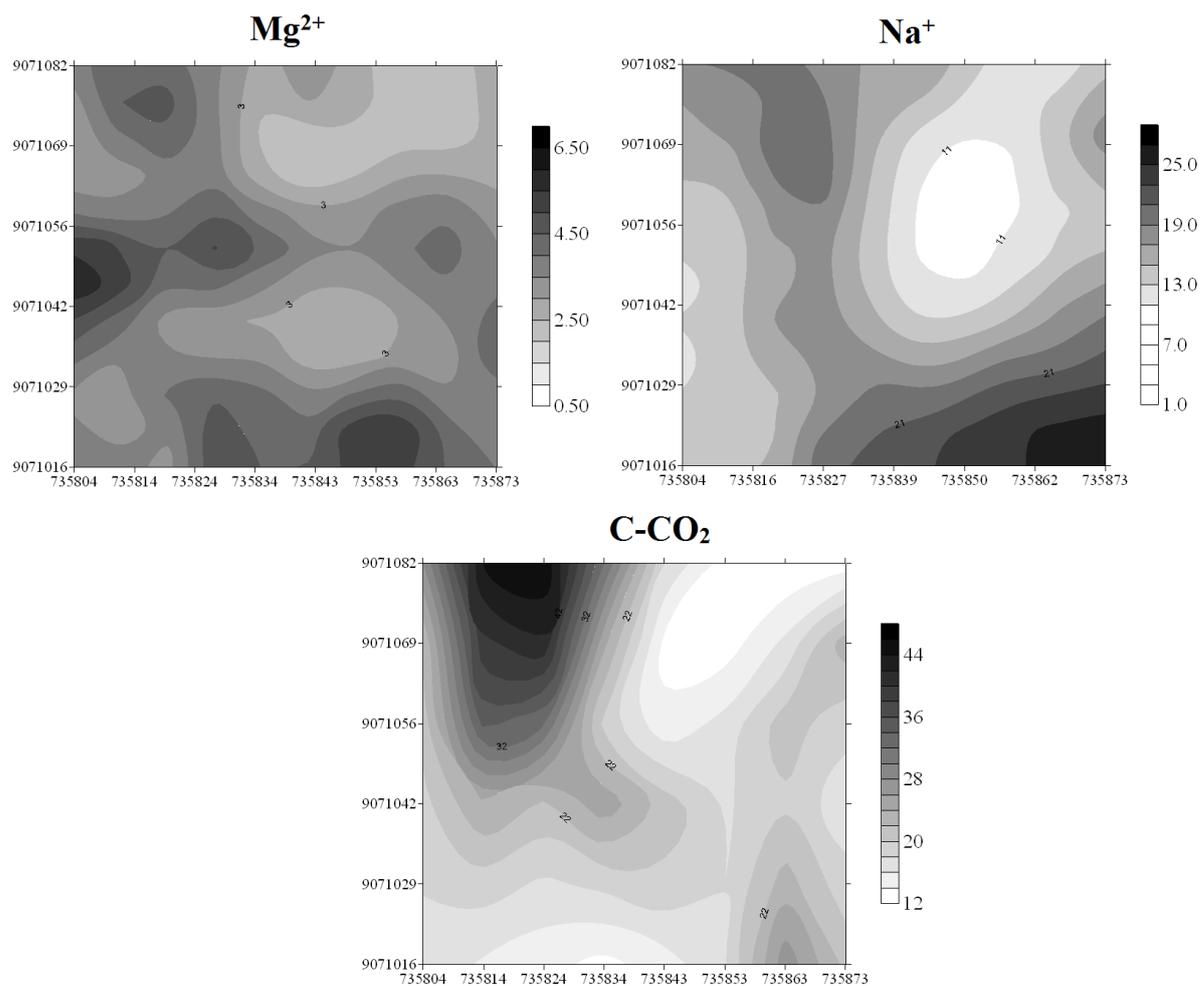


Figura 31. Mapas de isolinhas das variáveis químicas do solo que apresentaram dependência espacial na área 2, 90 dias após a época da segunda aplicação da torta de nim (Coleta 3): magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e evolução C- CO_2 .

Conclusões

- A incorporação da torta de nim aumentou a variabilidade das distribuições espaciais das comunidades de nematoides e atributos químicos do solo.
- A distribuição espacial de nutrientes importantes para o desenvolvimento radicular, como o cálcio e o magnésio, influenciou na distribuição espacial de fitonematoides.
- A aplicação da torta de nim retardou o aumento populacional de *M. enterolobii*, mantendo a infecção das raízes em níveis mais baixos em relação à área não tratada.
- A introdução de *M. enterolobii* na área em estudo ocorreu por meio de mudas infectadas.

Referências Bibliográficas

AKHTAR, M.; ALAM, M. M. Utilization of waste materials in nematode control: A review. **Bioresource Technology**, v. 45, n. 1, p. 1–7, 1993.

AKHTAR, M.; MAHMOOD, I. Potentiality of phytochemicals in nematode control: A review. **Bioresource Technology**, v. 47, n. 3, p. 189–201, 1994.

AKHTAR, M. Biological control of plant-parasitic nematodes by neem products in agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 7, n. 3, p. 219-223, 1998.

ALFENAS, A. C.; PETERS, L.; BRUNE, W.; PASSADOR, G. C. **Eletroforese de proteínas e isoenzimas de fungos e essências florestais**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 1991. 242p.

AKYAZI, F.; YILDIZ, S.; FELEK, A. F. Soil nematode communities associated with hazelnut orchards in Turkey. **Journal of Entomology and Nematology**, v. 6, n. 8, p. 112-121, 2014.

BARRETO, A. C.; FERNANDES, M. F. Cultivo de *Glicirídia sepium* e *Leucaena leucocephala* em alamedas visando a melhoria dos solos dos tabuleiros costeiros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v, 36, n. 10, p. 1287-1293, 2001.

BARKER, K. R.; CAMPBELL, C. L. Sampling nematode populations. In: ZUCKERMAN, B. M.; ROHDE, R. A. **Plant parasitic nematodes**. New York: Academic Press, 1985. p.452-474.

IRD, A. F.; RYDER, M. H. Feeding of the nematode *Acrobeloides nanus* on bacteria. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 493-499, 1993.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificações do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* em raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, v. 6, p. 553, 1981.

CAMBARDELLA, C. A.; MOORMAN, T. B.; NOVAK, J. M.; PAKIN, T. B.; KARLEM, D. L.; TURCO, R. F.; KONOPA, A. A. Field scale variability of soil properties in Central Iowa soils. **Soil Science Society of America Journal**, v. 58, p. 1501-1511, 1994.

CAMPOS, V. P.; SOUZA, J. T.; SOUZA, R. M. Controle de fitonematoides por meio de bactérias. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v.6, p.285-327, 1998.

CAMPOS, D. V. B.; BRAZ, S. P.; MACHADO, P. L. O. A.; SANTOS, G. A.; LIMA, E.; ALVES, B. J. R., BODDEY, R. M.; URQUIAGA, S. Mudança no conteúdo de matéria orgânica do solo sob a cultura de cana-de-açúcar e pastagem em argissolo de Conceição da Barra – ES. Seropédica: **Embrapa Agrobiologia**, 2004. 4p. (Circular Técnica, 10).

CARDOSO, M. O. **Relações entre a nematofauna e o grau de compactação do solo em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de Floresta Atlântica**. 2010. 70 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

CARDOSO, M.O.; PEDROSA, E.M.R.; ROLIM, M.M.; SILVA, E.F.F.; BARROS, P.Â. Effects of soil mechanical resistance on nematode community structure under conventional sugarcane and remaining of Atlantic Forest. **Environmental Monitoring and Assessment**, v. 184, n. 6, p. 3529-3544, 2012.

CARNEIRO, R. D. M. G., W. A. MOREIRA. Primeiro Registro de *Meloidogyne mayaguensis* em Goiabeira no Brasil. **Nematologia Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 223-228. 2001.

CARRASCO, P. C. Nugget effect, artificial or natural? **The Journal of The Southern African Institute of Mining and Metallurgy**. v. 110, p. 299-306, 2010.

CARVALHO, J. R. P.; SILVEIRA, P. M.; VIEIRA, S. R. Geoestatística na determinação da variabilidade espacial de características químicas do solo sob diferentes preparos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 37, n. 8, p. 151-159, 2002.

CHAVES, L. H. G.; FARIAS, C. H. A. Variabilidade espacial de cobre e manganês em Argissolo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Revista Ciência Agronômica**, v. 40, p. 211-218, 2009.

CORRÊA, M. M.; RIBEIRO, M. R. **Levantamento pedológico detalhado do vale aluvial da Fazenda Nossa Senhora do Rosário (Pesqueira-PE)**. Recife: UFRPE/UFPE/CNPq/BNB. 2001. 35p. Relatório Técnico.

DAVIS, B. J. B. **Disk electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins**. Annals of the New York Academy of Sciences, v. 21, p. 404-427, 1964.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatial distribution of plant-parasitic nematodes in sugarcane fields. **Scientia Agricola**, v. 66, p. 188-194, 2009.

EISENBACK, J. D. Interactions between nematodes in cohabitation. In: KHAN, M. W. (Ed.) **Nematode Interactions**, 1993, pp. 134-174.

ESTORES, R. A; CHEN, T. A. Interactions of *Pratylenchus penetrans* and *Meloidogyne incognita* as Coinhabitants in Tomato. **Journal of Nematology**, v. 4, n. 3, p. 170-174, 1972.

EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Distrito Federal-DF – Embrapa Solos, 2. Ed.2009, 623p.

ENGLUND, E.; SPARKS, A. **Geo-EAS – Geostatistical Enviromental Assessment Software**. Las Vegas, U.S: Enviromental Protency Agency, 1991.

FAGERIA, N. K. Otimização da eficiência nutricional na produção das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p.6-16, 1998.

FERRAZ, L.C.C.B. Interações entre *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne javanica* em soja. **Scientia agricola (Piracicaba, Braz.)**, Piracicaba, v. 52, n. 2, 1995.

FAUZIA, M.; JAIRAJPURI, M. S.; KHAN, Z. Biocontrol potential of *Mononchoides longicaudatus* on *Meloidogyne incognita* on tomato plants. **International Journal of Nematology.**, v. 8, p. 89–91,1998

FERRIS, H. Population assessment and management strategies for plant-parasitic nematodes. **Agricultural, Ecosystems and Environment**. v. 12, p. 285-299, 1985

FERRIS, H.; WILSON, L. T. Concepts and principles of population dynamics. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Eds.) **Vistas on nematology: a commemoration of the twenty-fifth anniversary of the Society of Nematologists**. 1st ed. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987,v. 3. p. 372-376.

FRANCISCO, V. L. F. **A cultura da Goiaba em São Paulo**. 2005. Disponível em <www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=1902> Acesso em 18 de janeiro de 2014.

GOLDEN SOFTWARE. **Surfer 7.0 - user's guide**. New York: Golden Software, 1999. 619p.

GOMES, V. M. **Meloidoginose da goiabeira: estudos sobre a sua patogênese e formas de convívio com a doença no campo**. 80 f. 2007. Dissertação (Mestrado). Universidade Estadual do Norte Fluminense - RJ.

GRISI, B. M. Método químico de medição de respiração edáfica: alguns aspectos técnicos. **Ciência e Cultura**, v. 30, n. 1, p. 82-88, 1978.

HARGREAVES, G. H. **Climatic zoning for agricultural production in northeast Brazil**. Logan: Utah State University, 1974, 6p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Censo Agropecuário e Produção Agrícola Municipal**. Banco de dados agregados. Brasília: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2011. Disponível em: <www.sidra.ibge.gov.br> Acesso em 24 de janeiro de 2015.

ISAAKS, E. H.; SRIVASTAVA, M. **An introduction to applied geostatistics**. Oxford New York: University Press, 1989. 600 p.

ISHIBASHI, N.; CHOI, D. R. Biological control of soil pests by mixed application of entomopathogenic and fungivorous nematodes. **Journal of Nematology**, v. 23, p. 175-181, 1991.

JAVED, N.; GOWEN, S. R.; INAM-UL-HAQ, M.; ABDULLAH, K.; SHAHINA, F. Systemic and persistent effect of neem (*Azadirachta indica*) formulations against root-knot nematodes, *Meloidogyne javanica* and their storage life. **Crop Protection**, v. 26, p. 911-916, 2007.

JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, v. 48, n. 9, p. 692-695, 1964.

JOURNAL, A. G. **Fundamentals of geostatistics in five lessons**. Washington: American Geophysical Union, 1989. 40p.

KHAN, Z.; KIM, Y. H. The predatory nematode, *Mononchoides fortidens* (Nematoda: Diplogasterida), suppresses the root-knot nematode, *Meloidogyne arenaria*, in potted field soil. **Biological Control**, v. 35, p. 78–82, 2005.

KILLHAM, K. **Soil Ecology**. Cambridge: Cambridge University Press, 1994. 260p.

LEAO, M. G. A.; MARQUES JÚNIOR, J.; SOUZA, Z. M.; SIQUEIRA, D. S.; PEREIRA, G. T. Terrain forms and spatial variability of soil properties in an area cultivated with citrus. **Engenharia Agrícola**, v. 31, n. 4, 2011.

LIMPERT, E.; STAHEL, W. A. Problems with using the normal distribution – and ways to improve quality and efficiency of data analysis. **PLoS ONE**, v. 6, n. 7, p. e21403, 2011.

LOPES, G. L.; SCHUMACHER, M. V.; MULLER, I.; CALIL, F. N.; WITSCHORECK, R.; LIBERALESSO, E. Variáveis físicas e químicas do solo importantes na distribuição de raízes finas em um povoamento de *Pinus tarda* L. no nordeste do Rio Grande do Sul. **Ecologia e Nutrição Florestal**, v. 1, n. 1, p. 14-23, 2013.

MAI, W. F.; MULLIN, P. G.; LYON, H. H.; LOEFFLE, K. **Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera**, 5a ed. Cornell University Press, Ithaca, 1996.

MARANHÃO, S. R. V. L. **Comunidade, dinâmica populacional e variabilidade espacial de nematóides em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas**. 2008. 126 f. Tese (Doutorado em Fitopatologia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife - PE.

MCSORLEY, R. Extraction of nematodes and sampling methods, In: BROWN, R. H., KERRY, B. R. (Eds.). **Principles and Practice of Nematode Control in Crops**. Academic Press, Sydney, p. 13-47, 1987.

MENEZES, R. S. C.; SILVA, T. O. Mudanças na Fertilidade de um Noossolo Regolítico após seis anos de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Química e Ambiental**, v. 12, n. 3, p. 251-257, 2008.

MENDES, A. M. S.; DUDA, G. P.; LIMA, J. A. G.; AMORIM, L. B. Variabilidade espacial de características químicas de um Cambissolo cultivado com mamão no semi-árido do Rio Grande do Norte. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v. 7, n. 2, p. 169-174, 2007.

MENZEL, C. M. Guava: an exotic fruit with potential in Queensland. **Queensland Agricultural Journal**, v. 3, p. 93-98, 1985.

NAHAR, M. S.; GREWAL, P. S.; MILLER, S. A.; STINNER, D.; STINNER, B.R.; KLEINHENZ, M. D.; WSZELAKI, A.; DOOHAN, D. Differential effects of raw and composted manure on nematode community, and it's indicative value for soil microbial, physical and chemical properties, **Applied Soil Ecology**, v. 34, p. 140-151, 2006.

NEHER, D. Role of nematodes in soil health and their use as indicators, **Journal of Nematology**, v. 33, p. 161-168, 2001.

OKA, Y. Mechanisms of nematode suppression by organic soil amendments – A review. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p. 101-115, 2010.

OLIVEIRA, J. J.; CHAVES, L. H. G.; QUEIROZ, J. E.; LUNA, J. G. Variabilidade espacial de propriedades químicas em um solo salino-sódico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 783-789, 1999.

ORNSTEIN, L. Disc electrophoresis. II. Method and application to human serum proteins. **Annals of the New York Academy of Sciences**, v. 121, p. 321-349, 1964.

OSMAN, G.Y. Studies on the potential use of the predator *Diplogaster* sp. (Nematoda, Diplogasteridae) on certain rootparasitic nematodes. **Anzeiger fur Schadlingskunde, Pflanzenschutz, Umweltschutz**, v. 61, p. 70-73, 1988.

RAMA, K.; DASGUPTA, M. K. Biocontrol of nematodes associated with mandarin orange decline by the promotion of predatory nematode *Iotonchus tenuicaudatus* (Kreis, 1924). **Indian Journal of Nematology**, v. 28, p. 118-124, 1998.

RIBEIRO, M.; CASTRO, J. M. C. **Pesquisadores debatem produção de mudas de goiabeiras livres de nematoides**. Disponível em <<http://www.embrapa.br/imprensa/noticias/2007/outubro/2a-semana/pesquisadores-debatemala-producao-de-mudas-de-goiabeiras-livres-de-nematoides>> Acesso em 18 de janeiro de 2015. 2007.

RITCHEY, K. D.; SILVA, S. E.; COSTA, V. F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**, v. 133, p. 378-382, 1982.

SILVA, F. M.; SOUZA, Z. M.; FIGUEIREDO, C. A. P.; MARQUES JÚNIOR, J.; MACHADO, R. V. Variabilidade espacial de atributos químicos e de produtividade na cultura do café. **Ciência Rural**, v.37, p.401-407, 2007.

SILVA, S. A.; LIMA, J. S. S.; XAVIER, A. C.; TEIXEIRA, M. M. Variabilidade espacial de atributos químicos de um Latossolo Vermelho-amarelo húmico cultivado com café. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.15-22, 2010.

SOUZA, Z. M.; MARQUES JÚNIOR, J.; PEREIRA, G. T.; MOREIRA, L. F. Variabilidade espacial do pH, Ca, Mg e V% do solo em diferentes formas do relevo sob cultivo de cana-de-açúcar. **Ciência Rural**, v. 34, p. 1763-1771, 2004.

TRANGMAR, B. B.; YOST, R. S.; UEHARA, G. Applications of geostatistics to spatial studies of soil properties. **Advances in Agronomy**, Kent, v. 38, p.45-94, 1985.

VAUCLIN, M.; VIEIRA, S. R.; VACHAUD, G.; NIELSEN, D. R. The use of cokriging with limited field soil observations. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.47, n.1, p.175-184, 1983.

WALLACE, M. K.; HAWKINS, D. M. Applications of geostatistics in plant nematology. **Journal of Nematology**, v. 26, p. 626-634, 1994.

WARRICK, A.W.; NIELSEN, D. R. Spatial variability of soil physical properties in the field. In: HILLEL, D. **Application of soils physics**. New York: Academic Press, 1980. p. 319-344.

XU, J. H.; LIU, P. L.; MENG, Q. P.; LONG, H. Characterization of *Meloidogyne* species from China using isozyme phenotypes and amplified mitochondrial DNA restriction fragment length polymorphism. **European Journal of Plant Pathology**, v. 110, p. 309-315, 2004.

YEATS, G. W.; BONGERS, T.; GOEDE, R. G. M.; FRECKMAN, D. W.; GEORGIEVA, S. S. Feeding habitats in soil nematode families and genera – an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, p. 315-331, 1993.

YEOMANS, J. O.; BREMMER, J. M. A rapid and precise method for routine determination of organic carbon in soil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v. 19, n. 13, p. 1467-1476, 1988.

ZAR, J. H. **Biostatistical analysis**. Upper Saddle River, NJ: Pearson Prantice Hall, 1999. 663p.

Conclusões Gerais

CONCLUSÕES GERAIS

- A análise de covariância foi eficaz em detectar o efeito do nim sobre nematoides e atributos do solo mesmo quando estes se encontravam em níveis iniciais heterogêneos;
- Em geral, as abundâncias dos grupos de nematoides apresentaram tendência de crescimento, acompanhando o desenvolvimento da cultura. No entanto, nematoides de vida livre foram mais beneficiados pela adição da torta de nim, aumentando a dominância sobre os fitoparasitas;
- O tratamento com a torta de nim foi eficiente em controlar as populações de *Pratylenchus*;
- Os focos de infecção de raízes bastante concentrados em duas regiões da área 2, sugerem que a introdução de *M. enterolobii* na área em estudo ocorreu por meio de mudas infectadas;
- A estratégia de manejo de fitonematoides pelo uso da torta de nim, embora não tenha se mostrado eficiente contra *Meloidogyne* no período estudado, pode ser de grande importância do manejo integrado de pragas (MIP);
- As goiabeiras tratadas com a torta de nim apresentaram maiores teores de cálcio e magnésio em suas folhas;
- A torta de nim, quando incorporada ao solo, melhora sua qualidade elevando os níveis de carbono orgânico, nitrogênio total, atividade microbiana e da microfauna, representada pelos nematoides de vida livre;
- A dinâmica dos nematoides variou em função do tratamento, apresentando maiores alterações em sua variabilidade de distribuições espaciais na área tratada;
- Em geral, os fitonematoides se concentraram nas regiões de maior fertilidade do solo, o que pode estar ligado à maior disponibilidade de raízes hospedeiras para esses nematoides;
- O nim foi mais eficiente após a segunda aplicação (90 + 90 dias), sugerindo um efeito a longo prazo. Sugere-se que se outros estudos sejam realizados por períodos mais prolongados para mais resultados significativos.