

USO DA GEOESTATÍSTICA NO MANEJO SUSTENTÁVEL DE NEMATOIDES DE GALHAS DO CAFEIEIRO

Leandro da Silva Almeida¹, Ednaldo Carvalho Guimarães²

(Recebido: 04 de outubro de 2016; aceito: 31 de janeiro de 2017)

RESUMO: Os fitonematoides são uma das principais causas de perdas na cafeicultura. Este trabalho teve por objetivo usar a geoestatística como ferramenta de mapeamento espacial dos fitonematoides, buscando assim o manejo sustentável destes nas propriedades. O experimento foi realizado na fazenda Brasil que possui 65 ha de cafeeiro arábica (*Coffea arabica* L.), localizada no município de Araguari-MG, cujas coordenadas geográficas da sede são: 18°32'55.99"S, 48°24'10.46"O. Foi utilizada uma malha aleatória estratificada de um ponto por hectare, totalizando 65 pontos. A espécie de fitonematoide identificada foi a *Meloidogyne exigua*, que foi avaliada quanto à probabilidade de infestação na área e quanto ao seu linear de dano econômico, por meio de *krigagem* indicadora. Constatou-se que os modelos geoestatísticos foram apropriados para descrever o comportamento espacial dos fitonematoides. Foi possível, ainda, visualizar os maiores riscos de infestações e as áreas livres de infestação, possibilitando assim o planejamento das atividades da propriedade a fim de evitar o aumento da infestação na área e também direcionar a aplicação de insumos (químicos ou biológicos) nas áreas onde seria necessário o controle.

Termos para indexação: Planejamento controle de nematoides, mapeamento de nematoides, cafeicultura sustentável, *Meloidogyne exigua*.

USE OF GEOSTATISTICS SUSTAINABLE MANAGEMENT OF GALLS NEMATOIDES OF COFFEE TREE

ABSTRACT: *Phytonematoids are one of the main causes of losses in coffee cultivation. This work aimed to use geostatistics as a tool for spatial mapping of phytonematoids, thus seeking the sustainable management of these in the properties. The experiment was carried out at farm Brasil, which has 65 ha of arabica coffee (Coffea arabica L.), located in the municipality of Araguari-MG, whose geographical coordinates of the headquarters are: 18° 32' 55.99 "S, 48 ° 24' 10.46" W. A non-systematic mesh of one point per hectare was used, totaling 65 points. The species of phytonematoids identified was Meloidogyne exigua, which were evaluated for the probability of infestation in the area and its linear economic damage, through indicator kriging. It was verified that the geostatistical models were appropriate to describe the spatial behavior of the phytonematoids. It was also possible to visualize the greater risks of infestations and infestation-free areas, thus allowing the planning of the activities of the property in order to avoid the increase of infestation in the area and also to direct the application of inputs (chemical or biological) Areas where control would be required.*

Index terms: *Planning control nematodes, mapping nematodes, sustainable coffee growing, Meloidogyne exigua.*

1 INTRODUÇÃO

A importância da cafeicultura no contexto econômico e ambiental brasileiro está na sua magnitude, pois ocupa uma área de mais de 2,2 milhões de hectares cultivados no país, sendo que destes, 78,5% são de cafeeiro arábica. O Brasil no ano de 2015 movimentou com a exportação de café mais de US\$ 5.555 milhões, sendo que o café foi o terceiro produto agrícola nos valores de exportação, ficando atrás apenas da carne de frango e do complexo-soja (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2016). Para destacar a importância da cafeicultura no contexto ambiental, a sua área é maior que todo o território do estado Sergipe, que possui 2.1 milhões de hectares, por exemplo.

Segundo Silva et al. (2007) os fitonematoides estão em destaque entre as piores pragas do cafeeiro no país. As espécies mais disseminadas pertencem aos gêneros *Meloidogyne* spp. (nematode das galhas) e *Pratylenchus* spp. (nematode das lesões). O nematoide *Meloidogyne exigua*, representa um sério problema para a cafeicultura, pois constitui um fator limitante para a obtenção de alta produtividade em cafeeiros do tipo arábica (BARBOSA et al., 2004; CAMPOS; VILLAIN, 2005). Esta espécie pode causar perdas na produtividade da ordem de 45 % em cafezais, conforme descrito por Barbosa et al. (2004) em estudo no noroeste do estado do Rio de Janeiro. Os autores ainda relatam que é necessário considerar as perdas indiretas causadas pelo parasitismo dos fitonematoides como a menor tolerância ao frio e à

¹Universidade Federal de Uberlândia/UFU - Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG/UFU)- Rua Manoel Camargo da Cruz, 78 -103 A - 38.408-084 - Uberlândia -MG- almeidalean26@gmail.com

²Universidade Federal de Uberlândia/UFU- Faculdade de Matemática (FAMAT/UFU) - Campus Santa Mônica - Bloco 1F, Sala 1F120 - Av. João Naves de Ávila, 2121- 38.408-100 - Uberlândia - MG- ecg@ufu.br

seca e a perda parcial na eficiência de utilização de alguns insumos, principalmente os fertilizantes.

Castro et al. (2008) realizaram o levantamento de fitonematoides em cafezais do sul de Minas Gerais, e relataram que o *M. exigua* está presente em 95 % do municípios amostrados. Silva et al. (2006) relatam que embora o *M. exigua*, não seja a espécie mais agressiva entre as espécies de nematoides das galhas, ela é a que causa maior dano, devido à sua grande disseminação no território nacional.

A geoestatística é uma ferramenta muito útil na elaboração de estratégias de controle dos fitonematoides permitindo subsidiar de maneira muito precisa todo o processo de planejamento e tomada de decisões na gestão técnica e ambiental das propriedades contribuindo para a conservação e ou recuperação do meio ambiente (LONG et al., 2014). A geoestatística tem sido utilizada, ainda, como importante ferramenta de análise dos dados, a fim de modelar e estudar a estrutura de dependência espacial dos atributos químicos, físicos e biológicos do solo, por meio do ajuste de semivariogramas experimentais (ALMEIDA; GUIMARÃES, 2016; MANZIONE; ZIMBACK, 2011).

Assim, o objetivo do estudo foi verificar e estabelecer modelos geoestatísticos que proporcionam o eficiente manejo de fitonematoides com intuito de auxiliar na preservação dos recursos naturais, contribuindo para uma cafeicultura sustentável.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido na fazenda Brasil, localizada no município de Araguari-MG, cujas coordenadas geográficas são: 18°32'55.99"S, 48°24'10.46"O. A altitude é de 940 metros, temperatura média anual é 21,2 ° C, com pluviosidade média 1.566 milímetros por ano.

A propriedade possui 65 hectares cultivados com cafeeiro da espécie arábica (*Coffea arabica* L.), da variedade Mundo Novo, plantados em 1989. Na área, segundo o produtor, já há mais de 10 anos, estão presentes os fitonematoides, isto baseado em resultados positivos de análises conduzidas por empresas fornecedoras de insumos. Foi estabelecida uma malha aleatória estratificada (YAMAMOTO; LANDIM, 2013), de um ponto por hectare, dentro da qual foram coletadas 65 amostras compostas de solo com raízes, georreferenciadas para a avaliação dos fitonematoides.

A coleta de amostras de solo e raízes (0 - 0,2m) para avaliar a população de fitonematoides foi realizada no mês de fevereiro de 2015, ou seja, no final do período chuvoso, para coincidir com o período de maior nível populacional na área (AVELINO et al., 2009). Nesse ano de 2015, na região o volume de chuvas no mês de janeiro, foi inferior a um terço do esperado para o mês (FIGURA 1).

Para as análises, a amostra composta (raízes e solo) foi constituída de nove amostras simples, coletadas distanciadas em média em 20 metros do ponto georreferenciado da malha. Cada amostra simples foi coletada em ambos os lados da linha de plantio do cafeeiro na projeção do dossel do mesmo.

Os fitonematoides foram analisados no Laboratório de Nematologia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia, a população de fitonematoides do solo foi determinada pelo método de peneiramento com flotação e centrifugação em solução de sacarose (JENKINS, 1964). Para a extração dos nematoides das raízes, usou-se o método do liquidificador, peneiramento e flutuação centrífuga em solução de sacarose (COOLEN; D'HERDE, 1972). Identificação de espécies de nematoide foi pela configuração perineal. Utilizou-se metodologia descrita por Tihohod (1993). Galhas com fêmeas maduras foram selecionadas e, sob microscópio estereoscópico, as fêmeas, foram removidas com o auxílio de estilete para placas de Petri contendo 2 a 3 gotas de ácido láctico 45%. Terminada a extração, foram colocadas sobre uma lâmina de vidro com uma gota de ácido láctico 45%. A região anterior do corpo foi cortada e o conteúdo do nematoide, removido através de leve pressão. A partir daí foram preparados os cortes perineais de cada amostra coletada, os quais foram dispostos em lâmina de microscopia contendo uma gota de glicerina. Com o auxílio de um estilete, posicionaram-se os cortes perineais no fundo da gota, pressionando-os levemente e enfileirando-os para facilitar a observação ao microscópio ótico. Foram colocados os cortes em cada lâmina. Após a preparação das lâminas, foi realizada a identificação, de acordo com Taylor e Sasser (1983).

Com os resultados das análises foi gerado o banco de dados georreferenciado. Para o estudo dos fitonematoides os resultados da análise foram transformados em variáveis discretas em relação a dois valores de referência, utilizando a seguinte forma (EQUAÇÃO 1) indicada por Yamamoto e Landim (2013).

$$I(x, zc) \{0, se z(x) > zc; ou 1, se z(x) < zc$$

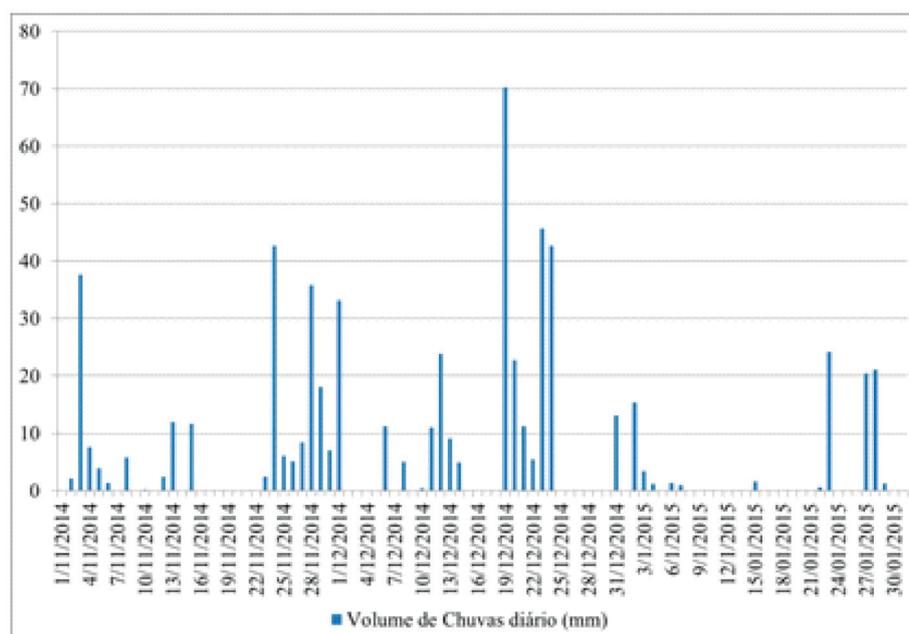


FIGURA 1 - Distribuição da precipitação média para a região de Araguari-MG, segundo dados do INMET nos meses de novembro de 2014 a janeiro de 2015.

Fonte: Instituto Nacional de Meteorologia (INMET,2015).

Onde I é o valor transformado; x é o valor observado do atributo e z_c é o valor de referência.

Assim os dois valores de referência utilizados foram: 1º) a presença e ausência de fitonematoides, ou seja, acima de 1 (um) atribuiu-se a variável discreta 0 (zero) e abaixo de 1 (um) atribuiu-se a variável discreta 1 (um). O segundo critério foi o linear de dano econômico (necessidade ou não de controle). O linear econômico adotado para o *M. exigua* foi de 1(um) fitonematóide por cm^3 de solo mais um grama de raízes (BARBOSA et al., 2004). No mesmo sentido que para a ausência e presença de fitonematoides, quando presentes no solo ou na raiz, atribuiu-se a variável discreta zero e quando ausente atribuiu-se a variável discreta um.

As análises dos resultados foram procedidas com o auxílio do programa R versão 3.2.1 (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2015). Aplicou-se a *krigagem* indicadora para a interpolação (YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

No ajuste de semivariogramas foram avaliados os modelos, por meio da técnica de validação cruzada, sendo selecionados aqueles que melhor descreveram o comportamento espacial dos fatores (NANNI et al., 2011; YAMAMOTO; LANDIM, 2013).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A espécie de fitonematoides encontrada na área foi a *M. exigua* (nematoides de galhas). Observa nos gráficos de histogramas que os fitonematoides de galhas estão presentes em mais de 20 % das amostras (FIGURA 2a) e em 15% das amostras, os fitonematoides estão acima do nível de dano econômico (FIGURA 2b).

Conforme evidenciado em 20% das amostras os nematoides estão presentes e em 15% estão em nível populacional que causam danos econômicos ao produtor (FIGURA 2a e 2b). Importante deixar claro que mesmo realizando a amostragem dos fitonematoides no final mês de fevereiro 2015, para estar mais próximo do fim do período chuvoso momento no qual se esperava atingir o pico populacional, o mês de janeiro de 2015 na região foi atípico, o volume de chuvas foi inferior a um terço do esperado para o referido mês (FIGURA 1), o que provavelmente comprometeu a multiplicação dos fitonematoides. Segundo Freire et al. (2007) o ambiente não favorável prejudica a reprodução e o desenvolvimentos dos nematoides, com a menor umidade a população de nematoides tende a diminuir.

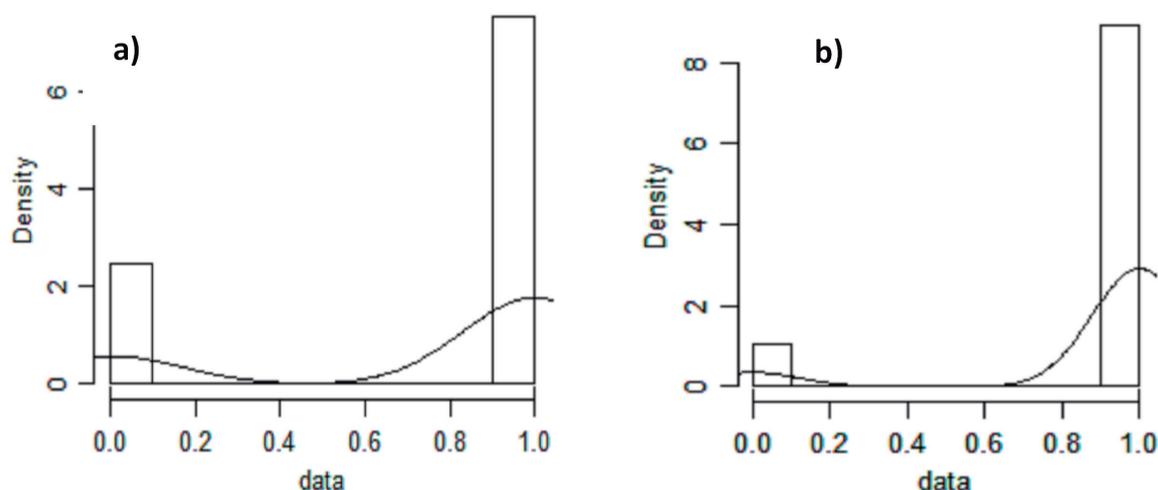


FIGURA 2 - Histogramas dos fitonematoides (*M. exigua*) na área. 2a) representa a frequências da presença destes na área; 2b) a frequência do linear de dano econômico destes no solo.

Além do tempo atípico, o manejo da propriedade também contribui para a redução da população de nematoides, pois nas seis safras que antecederam a safra da amostragem, o produtor aplicou os ingredientes ativos Tiametoxan + Ciproconazol (inseticida/fungicida) no mês de novembro e Tiametoxan (inseticida) no mês de março. Esses agrotóxicos não possuem a finalidade e/ou eficiência no controle de nematoides, mas acredita-se que podem contribuir para o controle destes, já que são agrotóxicos classificados como muito perigosos ao meio ambiente.

Foram ajustados, para as variáveis dicotômicas criadas a partir da contagem dos nematoides, os semivariogramas (FIGURA 3) sendo que estes modelos foram ajustados a sentimento e escolhidos os que apresentaram melhores parâmetros (TABELA 1) quando submetidos ao teste de validação cruzada (YAMAMATO; LANDIM, 2013).

Os dois semivariogramas ajustados para os nematoides são classificados como moderados quanto ao grau de dependência espacial (CAMBARDELLA et al., 1994). Resultados semelhantes foram encontrados por Dinardo-Miranda e Fracasso (2010), avaliando a dependência espacial de fitonematoides em cana, e também por outros pesquisadores que buscaram verificar a dependência espacial na agricultura para agentes biológicos de danos às plantas como nas pesquisas de Grego, Vieira e Lourenço (2006), Ribeiro Júnior et al. (2009) e Vieira et al. (2014), utilizando as culturas do triticale, cebola e citros, respectivamente.

Os mapas temáticos (FIGURAS 4a e 4b), gerados por *krigagem* indicadora, representam a probabilidade de não infestação e de ausência de danos econômicos dos nematoides (*M. exigua*) na área.

A região mais centralizada da área em estudo tanto para o risco de não infestação (FIGURA 4a) quanto para o linear de danos econômicos (FIGURA 4b) oscilam em até 50%. Observando-se uma faixa um pouco menor (mais estreita) para o risco de dano econômico na região central do mapa temático (Figura 4b).

Os mapas temáticos (FIGURA 4a, 4b), retratam a população de nematoides no dia em que foi realizado o monitoramento, com os efeitos das condições ambientais citadas, adverte-se, que o desenvolvimento dos fitonematoides é muito rápido, se fosse um ano com regime hídrico normal os resultados poderiam ser diferentes, pois Di Vito, Crozzoli e Vovlas (2000) avaliando o desenvolvimento de *M. exigua*, em mudas de café conduzido em vaso em condições controladas, observaram grande capacidade de desenvolvimento destes, na cultura, pois onde inicialmente a densidade populacional era de 0,125 juvenis de segundo estágio (J2) por cm³ de solo dentro de quatro meses aumentou 422,4%, alcançando 52,8 J2 por cm³ (somatório dos fitonematoides extraídos da solo e raiz) o que comprovou o elevado fator de reprodução fitonematoides.

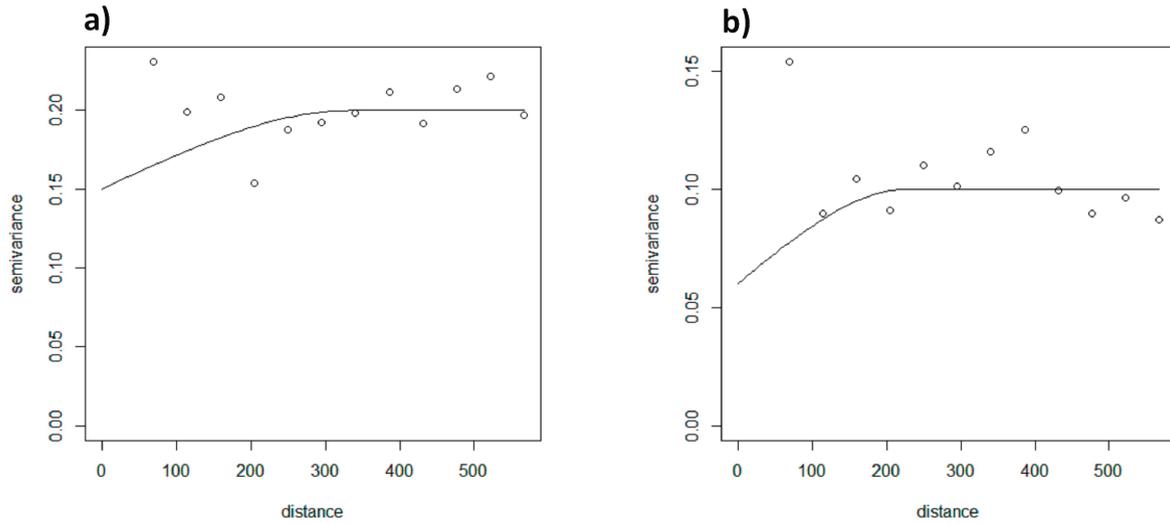


FIGURA 3 - Semivariogramas ajustados. 3a) modelo ajustado para a presença de nematoides na área. 3b) modelo ajustado para o linear de dano econômico de nematoides.

TABELA 1 - Modelos, parâmetros, relação C_0/C_0+C e grau da dependência espacial dos semivariogramas ajustados para os nematoides.

Nematoides	Modelo	C	C_0	Alcance		GD ²
				Prático	C_0/C_0+C^1	
Ausência/presença	Esférico	0,05	0,15	337,3	0,74	Moderado
Linear de dano	Esférico	0,04	0,06	229,9	0,60	Moderado

¹ C_0 = efeito pepita; C = contribuição; $C_0 + C$ = patamar; ;¹ método de Cambardella et al. (1994) ²GD= Grau de dependência.

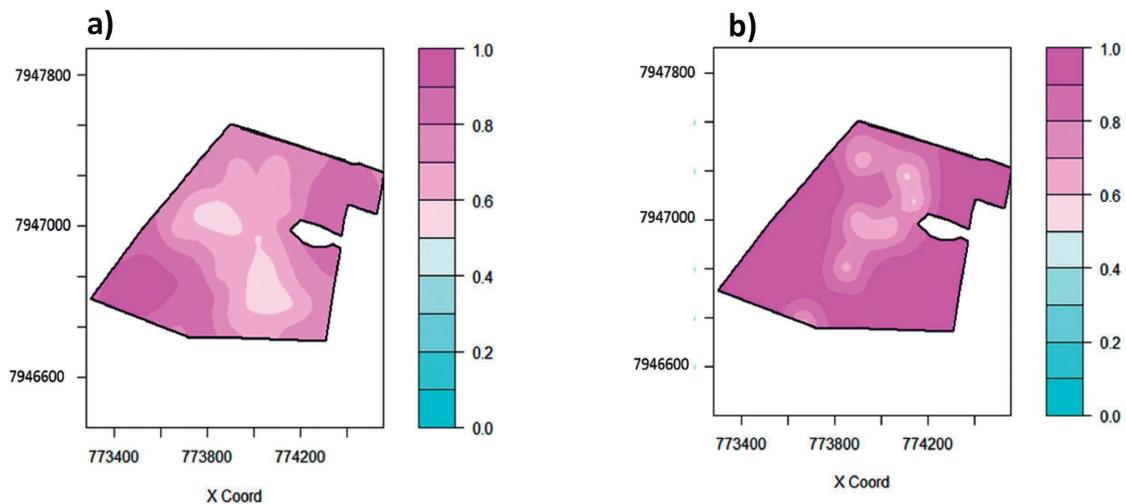


FIGURA 4 - a) Mapa temático da distribuição de nematoides na Fazenda Brasil -2015; b) Mapa temático do linear de danos econômicos na Fazenda Brasil -2015.

A elaboração de mapas temáticos da distribuição de fitonematoides é importante para a identificação das áreas de manejo na propriedade (RODRIGUES JÚNIOR et al., 2011), pois para se obter um controle eficiente e sustentável dos fitonematoides, primeiramente deve-se conhecer a sua localização e quais são as áreas com o maior risco de novas contaminação, podendo com este conhecimento planejar os tratamentos culturais nas áreas infestadas e não infestadas da propriedade. Com este planejamento, todos os tratamentos culturais devem ser realizados de modo a evitar expansão da contaminação na propriedade (SERA et al., 2007).

Deve-se atentar para o fato de que, depois que os fitonematoides chegam à lavoura, a única forma efetiva de eliminá-los, ou melhor, reduzir sua população abaixo do nível de dano econômico é a rotação de culturas, que, no caso das culturas perenes, como o café, é muito difícil, entretanto, a rotação deve fazer parte do planejamento no médio e longo prazo (CAMPOS; VILLAIN, 2005), ou seja, nos momentos de renovação dos talhões. Importante na renovação também optar por cultivares de cafeeiros resistentes (SILVA et al., 2007). Segundo Silva et al. (2007), as variedades resistentes apresenta-se como a forma mais econômica para substituir lavouras improdutivas e infectadas por *Meloidogyne* spp.

O primeiro e mais eficiente princípio de controle de fitonematoides é a exclusão (CAMPOS; VILLAIN, 2005; SERA et al., 2007). A exclusão seria o impedimento dos fitonematoides colonizarem novas áreas. Por este motivo, o zoneamento da propriedade, e até mesmo de uma região, quando existe o risco dos fitonematoides infestarem determinadas áreas, é de fundamental importância no manejo. Observe que, na área estudada, são claras as regiões de maior probabilidade de incidência e até a ausência dos fitonematoides e também as regiões mais vulneráveis a ocorrer danos econômicos (FIGURAS 4a e 4b). O zoneamento possibilita planejar as atividades da propriedade de modo que sempre possam iniciá-las, pelas áreas isentas de fitonematoides e depois avançar para as áreas com a presença de fitonematoides e ao final de cada atividade fazer a desinfestação de equipamentos, antes de começar qualquer nova atividade. Deste modo, contendo a expansão do patógeno, sem o uso de qualquer meio que possa contaminar ou comprometer a qualidade do ambiente.

A aplicação de nematicidas é uma técnica que busca a redução da população de fitonematoides

da área, no entanto, segundo Donge Zhang (2006), têm seu uso cada vez mais restrito, por sua alta toxicidade e baixa eficácia de controle, depois de repetidas aplicações. Ritzing e Facelli (2006) relatam que o uso indiscriminado de nematicidas, além de onerar a produção, coloca em risco a saúde dos aplicadores, consumidores e pode exercer forte pressão de seleção sobre os organismos presentes no solo, selecionando formas capazes de degradar o ambiente rapidamente. Além disso, os produtos aplicados, normalmente, tem grande impacto sobre a microfauna e microflora do solo podendo contaminar cursos de água. Ippolito et al. (2015), reforçam que os agrotóxicos são os principais responsáveis pela morte de animais e perdas de biodiversidade nos ecossistemas mundiais. Segundo estes autores cerca de 40 % das bacias hidrográficas do mundo correm riscos de contaminação por pesticidas.

Usando também os mapas temáticos (FIGURA 4a e 4b), é possível minimizar os danos causados por estes agrotóxicos quando o seu uso for realmente necessário, pois estão delimitadas as áreas a serem tratadas com estes produtos, evitando assim maiores prejuízos ao meio ambiente.

O plantio com mudas enxertadas está sendo muito difundido como forma de convivência com os nematoides, entretanto, Barbosa, Souza e Vieira (2010), verificaram em estudo desenvolvido no estado do Rio de Janeiro que o plantio com variedades enxertadas em comparação com áreas infestadas com o nematoide (*M. exigua*) levaram aos mesmos níveis de atrasos no desenvolvimento da cultura (50 % na altura e 30 % no número de ramos plagiotrópicos), resultando numa queda de 21 sacas na produtividade quando comparados com as testemunhas cultivadas em áreas livres de nematoides, num período de cinco anos. Barbosa et al. (2014), verificaram que, os genótipos enxertados produziram 41 % a menos que em pés francos nas áreas isentas de nematoides. Resultados que são semelhante aos obtidos por Dias et al. (2008), verificaram que a enxertia para controle de nematoides provocou atrasos no desenvolvimento das plantas e um menor desenvolvimento da variedade de porta enxerto quando utilizada com este fim.

A importância de manejar bem os fitonematoides é ressaltada no estudo realizado por Castro et al. (2008) no qual os autores verificaram que os nematoides de galhas (*M. exigua*) ocorreram em 95,1 % dos municípios mineiros avaliados, sendo que estes estavam

infectando cerca de 24,2% das amostras. Castro et al. (2008), ainda afirmam que esta ocorrência é muito preocupante devido ao potencial de danos que estes fitonematoides podem causar, sendo as perdas superiores a 30 % da produção.

Neste sentido, a geoestatística possibilita a caracterização espacial dos fitonematoides, permitindo a predição não tendenciosa com variância mínima de valores em locais não amostrados (CARVALHO et al., 2015). Os mapas gerados por *krigagem* permitem, como discutido, a definição dos padrões de distribuição dos fitonematoides no campo, possibilitando assim o planejamento do manejo.

Embora sejam escassos na literatura trabalhos utilizando a geoestatística para o manejo de fitonematoides no café, diversos autores têm estudado a distribuição espacial de pragas e/ou doenças por meio da geoestatística, tais como fitonematoides em cana (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2010), cigarrinhas vetoras de *Xylella fastidiosa* (FARIAS et al., 2004), *Ceratitis* e *huanglongbing* em citros (LEAL et al., 2010), *Fusarium oxysporum* (REKAH; SHTIENBERG; KATAN, 1999), e *Colletotrichum* spp. em feijoeiro e algodoeiro (ALVES et al., 2006). Em todos estes e outros estudos, foi possível constatar dependência espacial na área, caracterizando a expansão da distribuição nas áreas.

Finalmente, ressalta-se a importância da geoestatística na elaboração de táticas de manejo de modo a impedir que o nível populacional dos fitonematoides nos cafezais aumente, evitando também novas áreas infestadas, visto o decréscimo de produtividade observado nos genótipos suscetíveis aos fitonematoides em áreas infestadas (BARBOSA et al., 2014). A identificação das áreas infestadas, e também as áreas com maiores potenciais de infestação nas propriedades, podem facilitar o manejo dos nematoides evitando principalmente a contaminação de novas áreas.

4 CONCLUSÕES

A análise espacial é de grande valia no manejo de fitonematoides, já que, por meio dela é possível identificar as áreas com maiores probabilidades de infestação, permitindo um planejamento das atividades da propriedade de modo a não espalhar a infestação por fitonematoides. Consequentemente, também é possível direcionar a aplicação de insumos químicos ou biológicos, nas áreas onde realmente seria necessário o controle.

Na área foi identificado o nematoide de galhas (*M. exigua*), que pode reduzir a produção do café em mais de 30%.

5 REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, L. S.; GUIMARÃES, E. C. Geoestatística e análise fatorial exploratória para representação espacial de atributos químicos do solo, na cafeicultura. **Coffee Science**, Lavras, v. 11, n. 2, p. 195-203, abr./jun. 2016.
- ALVES, M.C. et al. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p. 557-563, 2006.
- AVELINO, J. et al. Relationships between agro-ecological factors and population densities of *Meloidogyne exigua* and *Pratylenchus coffeae* ensulato in coffee roots, in Costa Rica. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 43, n. 1, p. 95-105, Sept. 2009.
- BARBOSA, D. H. S.G. et al. Efeito da enxertia e do nematoide *Meloidogyne exigua* crescimento radicular e a produtividade de cafeeiros. **Coffee Science**, Lavras, v. 9, n. 4, p. 427-434, out./dez. 2014.
- _____. Field estimates of coffee yield losses and damage threshold by *Meloidogyne exigua*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 28, p. 49-54, jun. 2004.
- BARBOSA, D. H.S.G.; SOUZA, R. M.; VIEIRA, H. D. Field assessment of coffee (*Coffea arabica* L.) cultivars in *Meloidogyne exigua*-infested or -free fields in Rio de Janeiro State, Brazil. **Crop Protection**, Guildford, v. 29, n. 2, p. 175-177, Feb. 2010.
- CAMBARDELLA, C. A. et al. Field-scale variability of soil properties in central Iowa soils. **Soil Science Society America Journal**, Madison, v.58, n. 5, p. 1240-1248, 1994.
- CAMPOS, V.P.; VILLAIN, L. Nematode parasites of coffee, cocoa and tea. In: LUC, M.; SIKORA, R.A.; BRIDGE, J. (Ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAB International, 2005. p. 529-579.
- CARVALHO, J. H. S. et al. Distribuição espacial do Bicho-furão, *Gymnandrosoma aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae), em citros utilizando geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 37, n. 3, p. 600-609, set. 2015.

- CASTRO, J. M. C. et al. Levantamento de fitonematóides em cafezais do sul de Minas Gerais. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 1, p. 56-64, mar. 2008.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Estimativas de safras agrícolas: levantamento café**. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/>>. Acesso em: 6 jan. 2016.
- COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972. 77p.
- DI VITO, M.; CROZZOLI, R.; VOVLAS, N. Pathogenicity of *Meloidogyne exigua* on coffee (*Coffea arabica L.*) in pots. **Nematropica**, Gainesville, v. 30, n. 1, p. 55-61, 2000.
- DIAS, F. P. et al. Desenvolvimento de cafeeiros enxertados "Apoatã IAC 2258" cultivados em recipientes de 250 litros. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 2, p. 385-390, mar./abr. 2008.
- DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatial and temporal variability of plant-parasitic nematodes population in sugarcane. **Bragantia**, Campinas, v. 69, p. 39-52, 2010. Suplemento.
- DONG, L. Q.; ZHANG, K. Q. Microbial control of plant-parasitic nematodes: a five-party interaction. **Plant Soil**, The Hague, v. 288, n. 1/2, p. 31-45, 2006.
- FARIAS, P. R. S. et al. Geostatistical characterization of the spatial distribution of *Xylella fastidiosa* sharpshooter vectors on citrus. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 13-20, fev. 2004.
- FREIRE, E. S. et al. Infectividade de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne incognita* em tomateiro após privação alimentar em solo e água em diferentes condições. **Summa Phytopathology**, Botucatu, v. 33, n. 3, p. 270-274, set. 2007.
- GREGO, C. R.; VIEIRA, S. R.; LOURENCAO, A. L. Spatial distribution of *Pseudaletia sequax* Franclemont in triticale under no-till management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 63, n. 4, p. 321-327, ago. 2006.
- INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA. **Banco de dados meteorológicos para ensino e pesquisa**. 2015. Disponível em: <<http://www.inmet.gov.br/projetos/rede/pesquisa/inicio.php>>. Acesso em: 4 jan. 2016.
- IPPOLITO, A. et al. Modeling global distribution of agricultural insecticides in surface waters. **Environmental Pollution**, Barking, v. 198, p. 54-60, 2015.
- JENKINS, W.R. A rapid centrifugal flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Report**, Saint Paul, v. 48, n. 9, p. 692, Dec. 1964.
- LEAL, R. M. et al. Distribuição espacial de Huanglongbing (Greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 3, p. 808-818, set. 2010.
- LONG, X. H. et al. Applying geostatistics to determine the soil quality improvement by Jerusalem artichoke in coastal saline zone. **Ecological Engineering**, New York, v. 70, p. 319-326, Sept. 2014.
- MANZIONE, R.L.; ZIMBACK, C.R.L. Análise espacial multivariada aplicada na avaliação da fertilidade do solo. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, MG, v. 19, n. 3, p. 227-235, 2011.
- NANNI, M. R. et al. Optimum size in grid soil sampling for variable rate application in site-specific management. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 3, p. 386-392, June 2011.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: a language and environment for statistical computing**. Vienna: R Foundation for Statistical Computing, 2015. Disponível em: <<http://www.r-project.org>>. Acesso em: 4 nov. 2015.
- REKAH, Y.; SHTIENBERG, D.; KATAN, J. Spatial distribution and temporal development of *Fusarium* crown and root rot of tomato and pathogen dissemination in field soil. **Phytopathology**, Davis, v. 89, n. 9, p. 831-839, 1999.
- RIBEIRO JÚNIOR, P. J. et al. Spatial pattern detection modeling of thrips (*Thrips tabaci*) on onion fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 1, p. 90-99, fev. 2009.
- RITZINGER, C. H. S. P.; FANCELLI, M. Manejo integrado de nematoides na cultura da bananeira. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 28, n. 2, p. 331-338, ago. 2006.

- RODRIGUES JÚNIOR, F. A. et al. Geração de zonas de manejo para cafeicultura empregando-se sensor SPAD e análise foliar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 8, p. 778-787, 2011.
- SERA, G. H. et al. Progênieis de *Coffea arabica* cv IPR-100 resistentes ao nematoide *Meloidogyne paranaensis*. **Bragantia**, Campinas, v. 66, n. 1, p. 43-49, nov. 2007.
- SILVA, R. V. et al. Otimização da produção de inoculo de *Meloidogyne exigua* em Mudas de Cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 229-238, nov. 2006.
- _____. Respostas de genótipos de *Coffea* spp. a diferentes populações de *Meloidogyne exigua*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 32, n. 3, p. 205-212, jun. 2007.
- TAYLOR, A.L.; SASSER, J.N. **Biología, identificación y control de los nematodos del nódulo de la raíz: especies de *Meloidogyne***. Raleigh: Universidad del Estado de Carolina del Norte, 1983. 111p.
- TIHOHOD, D. **Nematologia agrícola aplicada**. Jaboticabal: FUNEP; UNESP, 1993. 372p.
- VIEIRA, D. L. et al. Flutuação populacional e dependência espacial de *Aleurocanthus woglumi* Ashby, 1915 (Hemiptera: Aleyrodidae) em *Citrus latifolia*. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 36, n. 4, p. 862-871, dez. 2014.
- YAMAMOTO, J. K.; LANDIM, P. M. B. **Geostatística: conceitos e aplicações**. São Paulo: Oficina de Textos, 2013. 215p.