

DANIELA SILVA SALGUES DE MATOS

**AMOSTRAGEM E EFEITO DA VINHAÇA SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO DE NEMATÓIDES ASSOCIADOS À
CANA-DE-AÇÚCAR EM ÁREAS DE ENCOSTA E
TABULEIRO DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO**

RECIFE

Fevereiro de 2010

DANIELA SILVA SALGUES DE MATOS

**AMOSTRAGEM E EFEITO DA VINHAÇA SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO DE NEMATÓIDES ASSOCIADOS À
CANA-DE-AÇÚCAR EM ÁREAS DE ENCOSTA E
TABULEIRO DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO**

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, Área de Concentração: Fitonematologia.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO

Prof.^a Dra. Elvira Maria Régis Pedrosa – Orientadora

Prof. Dr. Sami Jorge Michereff – Co-Orientador

Prof. Dr. Abelardo Antonio Assunção Montenegro – Co-Orientador

RECIFE

Fevereiro de 2010

**AMOSTRAGEM E EFEITO DA VINHAÇA SOBRE A
DISTRIBUIÇÃO DE NEMATÓIDES ASSOCIADOS À
CANA-DE-AÇÚCAR EM ÁREAS DE ENCOSTA E
TABULEIRO DA MATA NORTE DE PERNAMBUCO**

DANIELA SILVA SALGUES DE MATOS

Tese defendida e aprovada pela Banca Examinadora em 22/02/2010

ORIENTADORA:

Prof.^a. Dr.^a. Elvira Maria Régis Pedrosa

EXAMINADORES:

Prof.^a. Dr.^a. Sônia Maria Alves de Oliveira (UFRPE)

Dr.^a. Lilian Margarete Paes Guimarães (UFRPE)

Prof.^a. Dr.^a. Carolina Etienne de Rosália e Silva Santos (UFRPE)

Prof.^a. Dr.^a. Uided Maaze Tibúrcio Cavalcante (UFPE)

RECIFE-PE

Fevereiro de 2010

Ficha catalográfica

M433a Matos, Daniela Silva Salgues de
Amostragem e efeito da vinhaça sobre a
distribuição de nematóides associados à cana-de-açúcar
em áreas de encosta e tabuleiro da mata norte de
Pernambuco / Daniela Silva Salgues de Matos – 2010.
90 f. : il.

Orientadora: Elvira Maria Regis Pedrosa
Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade
Federal Rural de Pernambuco. Departamento de
Agronomia, Recife. 2010.

Referências

1. *Saccharum* sp 2. Amostragem 3. Variabilidade
espacial 4. *Meloidogyne* spp 5. *Pratylenchus* *zeae*
6. Diversidade trófica I. Pedrosa, Elvira Maria Regis,
orientador II. Título

CDD 632

“ O que sabemos é uma gota,
o que ignoramos é um oceano.”

Isaac Newton

Aos meus pais, Sérgio e Lourdes,
Que tem sido a grande razão e
incentivo do meu aperfeiçoamento.

DEDICO

Aos meus familiares e
amigos, pela amizade, amor e
incentivos constantes.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, por me amparar nos momentos difíceis, me dar força interior para superar as dificuldades, mostrar caminho nas horas incertas e me suprir em todas as minhas necessidades.

A minha orientadora, **Prof^ª. Dr^ª. Elvira Maria Régis Pedrosa**, pela seriedade, competência, orientação e amizade;

Aos meus co-orientadores **Prof^º Dr. Sami Michereff e Prof^º Dr. Abelardo Montenegro** pelo carinho e orientação na realização deste trabalho;

Ao **CNPq** pelo apoio financeiro;

Ao **Engenheiro Agrônomo Sérgio Murilo**, da Usina Santa Tereza por ter permitido a coleta das amostras e ao **Técnico Agrícola José Carlos** pelo apoio dado durante os trabalhos em campo;

As minhas amigas **Jeane Medeiros e Virgínia Rodrigues**, meu agradecimento especial pelo apoio, amizade e carinho em todos os momentos dessa longa jornada;

Aos amigos, **Thiciano Miranda, Diego Xavier, Roberto Brito, Natália Barbosa, Paulo Henrique, Anailda Cabral, Jefferson Serpa, Alice Gonçalves, Lílian Guimarães, Sandra Maranhão, Maurício Estolano, Thais Vicente, Maryluce Albuquerque, Maryana Leandra, Rodrigo Correia, Robertson Fontes, Agna Rodrigues, Janaína Oliveira, Eduardo Ribeiro, Alessandro Silva, Cícero Costa, Alniusa de Jesus, Renato Antunes, Marcos Carvalho, Jamile Medeiros e Sérgio Salgues Filho**, meus agradecimentos pela excelente ajuda e companheirismo na realização dos trabalhos práticos de campo e laboratório;

Aos colegas de departamento **Zilderlânia Alves, Rinaldo Malaquias, Marcelo Cruz, Juliana Carnaúba, Robson Nascimento, Marissônia Noronha, Indira Molo,**

Genira Andrade, Neilza Castro, André Xavier, Valéria Sandra, Larissa Caixeta, Diego Arruda, Ana Karina Oliveira e Nelson Julierme pela amizade e bons momentos vividos;

Aos **trabalhadores de campo da Usina Santa Tereza**, que tanto nos ajudou nas coletas das amostras;

Aos **Professores do curso de Pós-graduação em Fitopatologia**, pelos ensinamentos, atenção e amizade, em especial: **Profª Dra. Sônia Oliveira, Profª Dra. Elineide Barbosa e Profº Dr. Delson Laranjeira**;

Aos funcionários do Setor de Conservação de Veículos, em especial a **Jamesson Crispim, Ricardo Nascimento e Antônio José Melo (Zeca)**;

A todos os funcionários da Área de Fitossanidade que direta ou indiretamente ajudaram na realização do presente trabalho;

Aos meus pais, **Sérgio e Lourdes** que diante de toda essa jornada por vezes árdua e difícil, nunca me deixaram desanimar, mesmo quando o desânimo por vezes tentou se apossar. Obrigada, muito obrigada pelo silêncio, quando eu reclamava e obrigada também pelas palavras de estímulo quando eu me calava. Nessa nossa grande batalha, creiam-nos a vitória também é de vocês! Obrigada por tudo, pelas orações, amor e apoio incondicional a fim de me dar sempre o melhor, a vocês meus mais sinceros e especiais agradecimentos.

Aos meus irmãos **Sérgio Filho, Arthur e Thamyres**, pela torcida e a minha **avó Dulce**, pelo incentivo.

A todos aqueles que direta ou indiretamente se fizeram presentes para a realização deste trabalho, agradeço profundamente e dedico o resultado do trabalho.

SUMÁRIO

	Folha
AGRADECIMENTOS	6
RESUMO	9
ABSTRACT	11
CAPÍTULO I – INTRODUÇÃO GERAL	13
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31
CAPÍTULO II – COMUNIDADE DE NEMATÓIDES E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM ÁREAS DE TABULEIRO E ENCOSTA CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR FERTIRRIGADAS COM VINHAÇA	41
Abstract.....	42
Resumo.....	43
Introdução.....	44
Material e Métodos.....	45
Resultados e Discussão.....	46
Literatura Citada.....	51
CAPÍTULO III – TAMANHO DA AMOSTRA PARA MONITORAMENTO DE <i>MELOIDOGYNE</i> SPP. E <i>PRATYLENCHUS ZEA</i> EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR	60
Abstract.....	61
Resumo.....	62
Introdução.....	63
Material e Métodos.....	64
Resultados e Discussão.....	65
Literatura Citada.....	68
CAPÍTULO IV – VARIABILIDADE ESPACIAL DO NEMATÓIDE DAS GALHAS E DO NEMATÓIDE DAS LESÕES EM CULTIVO COMERCIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR	74
Abstract.....	75
Resumo.....	76
Introdução.....	77
Material e Métodos.....	78
Resultados e Discussão.....	80
Literatura Citada.....	81
CONSIDERAÇÕES FINAIS	88

RESUMO

No Nordeste brasileiro os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões (*Pratylenchus zae*) são importantes patógenos da cana-de-açúcar, causando danos superiores a 20% na produção. Diversas medidas para controle de nematóides são recomendadas, porém nenhuma tem se mostrado efetiva em reduzir as populações iniciais e evitar riscos ambientais. A coleta adequada de amostras para análise nematológica pode permitir adoção de práticas eficientes e com menores custos no controle desses patógenos. Por outro lado, a aplicação de vinhaça tem sido bastante enfatizada, em razão da elevada quantidade gerada pelas usinas e destilarias, e por ser considerada altamente poluente devido à alta demanda de oxigênio. Os objetivos do presente estudo foram avaliar em áreas de encosta e tabuleiro efeitos da fertirrigação da cana-de-açúcar com vinhaça nas comunidades de nematóides e atributos químicos do solo relacionando efeitos entre as variáveis analisadas e malha de amostragem; recomendar número de amostras para monitoramento de *Meloidogyne* spp. e *P. zae*; e caracterizar a variabilidade espacial destes fitoparasitos em tabuleiro irrigado com vinhaça. Os experimentos foram conduzidos em áreas de tabuleiro e de encosta cultivadas com cana-de-açúcar com e sem aplicação de vinhaça. Amostras de solo e de raiz foram coletadas a 25 cm de profundidade e em cada área foi estabelecida malhas de amostragem quadrangular de 1×1; 10×10 e 50×50 m, com 36 pontos cada, totalizando áreas de 25 m², 2.500 m² e 62.500 m², respectivamente. Técnicas de estatística descritiva e geoestatística foram empregadas para caracterização da magnitude da dependência espacial da distribuição dos nematóides. Com finalidade de fornecer subsídios para um manejo mais adequado da doença na área estudada, foram

confeccionados mapas de krigagem da distribuição dos nematóides. De maneira geral, a dinâmica populacional dos nematóides foi dependente das características químicas do solo e da aplicação de vinhaça. Nas áreas de tabuleiro, o fósforo, o cálcio e a saturação de bases correlacionaram-se significativamente com fitoparasitos ($r = -0,17$; $0,17$ e $0,16$) e com total de nematóides ($r = -0,20$; $0,21$ e $0,17$), respectivamente. Na área de encosta, foi detectada correlação negativa entre magnésio e os fitoparasitos ($r = -0,16$). O total de nematóides na área irrigada foi menor do que na área não irrigada. Dez a 75 amostras de solo e 12 a 40 amostras de raiz por área foram indicadas para monitoramento de *P. zae* variando de acordo com a malha de amostragem adotada. Para *Meloidogyne* spp. o número de amostras variou de 34 a 132 e de 13 a 117 para solo e raiz, respectivamente, dependendo da malha amostrada. Os semivariogramas experimentais indicaram dependência espacial moderada e forte para *Meloidogyne* spp. de 1×1 e 50×50 m, respectivamente, e moderada para *P. zae* nas duas malhas. O modelo Gaussiano proporcionou melhor ajuste do semivariograma experimental para *Meloidogyne* spp. na malha de 1×1 m e *P. zae* nas malhas de 1×1 e 50×50 m. Para *Meloidogyne* spp. na malha de 50×50 m o modelo que melhor se ajustou foi o Exponencial. Na malha de 10×10 m ocorreu efeito pepita puro para ambos os nematóides.

Palavras-chave: *Saccharum* sp., número de amostras, variabilidade espacial, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus zae*, diversidade trófica

ABSTRACT

In Northeastern Brazil the root-knot (*Meloidogyne* spp.) and lesion (*Pratylenchus zae*) nematodes are important plant pathogens in sugarcane growing areas, causing damage higher than 20% of production. Several control measures are recommended for nematode control, however none of them is effective enough in decreasing initial population density and avoiding environmental risks. Adequate sampling would improve nematode management and reduce costs. On the other hand, the vinasse application has been frequently emphasize because of the high residue amount from sugarcane industrialization and high pollution from excessive oxygen demand. The objectives of the present study were to evaluate in costal table and lean areas effects of the sugarcane irrigation with vinasse on nematode communities and chemical atributes of soil, correlating effects among variables analyzed and sampling net; indicate sample number for monitoring *Meloidogyne* spp. and *P. zae* and characterize the spatial variability of these nematodes in costal table irrigated with vinasse. The experiments were carried out in costal table and lean areas cultivated with sugarcane irrigated and non irrigated with vinasse. Soil samples were collected 25-cm deep in 1×1, 10×10 and 50×50-m square net samplings, with 36 points each, in a total area of 25 m², 2,500 m² and 62,500 m², respectively. Techniques of descriptive statistics and geostatistics were applied for characterize the magnitude of spatial dependence of nematode distribution. In order to provide data for an adequate disease management in the area, it was drawn krigagen maps of nematodes spatial distribution. In general, nematode population dynamic depended on vinasse application and chemical characteristics of the soil. In coastal tables, phosphorus, calcium and cation concentration significantly correlated

with plant parasite nematodes ($r = -0.17, 0.17$ and 0.16) and total nematodes ($r = -0.20, 0.21, 0.17$), respectively. In lean lands there was negative correlation between magnesium and plant parasitic nematodes ($r = -0.16$). Total amount of nematode in irrigated area was lower than in non irrigated one. Ten up to 75 and 12 up to 40 soil and root samples, respectively, were indicated for monitoring *P. zaeae* depending on sampling net. For *Meloidogyne* spp. the number of samples ranged from 34 to 132 and 13 to 117 for soil and root, respectively, depending on sampling net. According to semivariograms, *Meloidogyne* spp. presented moderate and strong spatial dependence in 1×1 and 50×50 -m net, respectively, and *P. zaeae* moderate spatial dependence in both nets. The Gaussian model best fitted *Meloidogyne* spp. in 1×1 -m net and *P. zaeae* in both 1×1 and 50×50 -m net. For *Meloidogyne* spp. in 50×50 -m net the exponential model fitted the best. In 10×10 -m net there was pure nugget effect model for both nematodes.

Key words: *Saccharum* sp., sample number, spatial variability, *Meloidogyne* spp., *Pratylenchus zaeae*, trophic diversity



Capítulo 1

INTRODUÇÃO GERAL

Introdução Geral

1. Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp. L.) é uma planta semi-perene, pertencente à divisão Magnoliophyta, classe Liliopsida, subclasse Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogonae e subtribo Saccharinae. Desenvolve-se em forma de touceira, tendo a parte aérea formada por colmos, folhas, inflorescências e frutos e a subterrânea por raízes e rizomas. As raízes são fasciculadas ou em cabeleira, os rizomas são constituídos por nós, internós e gemas, as quais são responsáveis pela formação dos perfilhos na touceira. O colmo, responsável pela sustentação das folhas e das panículas, é caracterizado por nós bem marcados e entrenós distintos (LUCCHESI, 2001; MOZAMBANI et al., 2006).

Segundo Gascho e Shih (1983), a cana-de-açúcar apresenta quatro estádios fenológicos, o primeiro caracterizado pela brotação e emergência dos brotos, o segundo pelo perfilhamento e estabelecimento da cultura, o terceiro e o quarto caracterizados por período de grande crescimento e maturação, respectivamente. O ciclo fenológico se completa entre 11 e 22 meses. A cultura necessita de um período quente e úmido para brotar, emergir, perfilhar e outro relativamente seco e/ou frio para acumular sacarose, ou seja, para maturar e ter uma colheita rentável (SEGATO; MATTIUZ; MOZAMBANI, 2006).

A cana-de-açúcar é originária da Nova-Guiné e foi levada para o sul da Ásia onde foi usada inicialmente na forma de xarope. A primeira evidência do açúcar em forma sólida, data do ano de 500, na Pérsia. Típica de climas tropicais e subtropicais, a planta não correspondeu às tentativas para cultivá-la na Europa. No século XIV,

continuou a ser importada do Oriente, embora já tivesse se propagado por toda região mediterrânea. A guerra entre Veneza e os turcos levou à procura de outros centros abastecedores, surgindo nas ilhas da Madeira, implantadas pelos portugueses, e nas Canárias, graças aos espanhóis (MOZAMBANI et al., 2006).

Foi, contudo, a América que ofereceu à cana-de-açúcar excelentes condições para seu desenvolvimento, onde se concentraria posteriormente as maiores plantações do mundo. Após ter sido levada por Colombo em 1493 para São Domingos, as lavouras se estenderam a Cuba e outras ilhas do Caribe, sendo levada posteriormente por outros navegantes para as Américas Central e do Sul (MOZAMBANI et al., 2006).

No Brasil, foi introduzida por Martim Afonso de Souza na Capitania de São Vicente, em 1532. Em Pernambuco, a civilização do açúcar iniciou-se com Duarte Coelho, dois anos após a introdução no país (FERNANDES, 1990). Desde sua introdução tornou-se destaque nas atividades agrícolas de expressão sócio-econômica, tanto para comércio interno como exportações, atingindo índices máximos após a implantação do Programa Nacional do Álcool (Pró-álcool), que proporcionou significativo aumento na área de produção, em todo país (ANDRADE, 1985).

Na safra 2008/2009, o Brasil foi o maior produtor mundial, alcançando 645.300.182 t em 8.210.877 ha e produtividade de 79.274 t ha⁻¹. No Nordeste foram produzidas 74.155.804 t em 1.277.481 ha; suplantado apenas pelo Sudeste, com 445.735.240 t em 5.367.621 ha. O Estado de São Paulo é o maior produtor nacional de cana-de-açúcar com 386.061.274 t em 4.541.509 ha cultivados. Pernambuco participa com 20.359.720 t em 403.072 ha cultivados, ocupando o sétimo lugar no ranking nacional (IBGE, 2009).

2. Problemas Fitossanitários

Mais de 100 doenças podem afetar a cana-de-açúcar em termos mundiais. Porém, apenas cerca de 10 delas são simultaneamente importantes numa região ou país num dado tempo. Algumas doenças de importância atual e outras de importância potencial estão causando prejuízo direto ou constituem ameaças futuras (MACCHERONI; MATSUOKA, 2006).

Em cana-de-açúcar a maioria das doenças é controlada por meio da resistência genética, mas como nesta cultura a resistência não é absoluta, mas gradual, muitas variedades em cultivo podem apresentar certo nível de suscetibilidade a algumas doenças, tornando-se necessárias práticas de manejo para que os prejuízos causados pelas doenças sejam minimizados. As 10 principais doenças incluem: doença causada por vírus (mosaico); doenças causadas por bactérias (escaldadura das folhas, estrias vermelhas, raquitismo da soqueira); doenças causadas por fungos (carvão, ferrugem, mancha parda, podridão abacaxi, podridão de fusário e podridão vermelha) e doenças causadas por nematóides (MACCHERONI; MATSUOKA, 2006).

Muitas espécies de nematóides são encontradas em associação com a cana-de-açúcar, mas nas condições brasileiras, três são economicamente importantes, em função dos danos que causam à cultura: *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *Pratylenchus zae* Graham. O ataque dos nematóides à cana-de-açúcar restringe-se às raízes, de onde extraem nutrientes para o crescimento e desenvolvimento e, para isso, injetam toxinas no sistema radicular, resultando em deformações, como as galhas provocadas por *Meloidogyne*, e extensas áreas necrosadas, quando os nematóides presentes são *Pratylenchus* (DINARDO-MIRANDA, 2006).

3. Interação Nematóide × Cana-de-açúcar

As interações podem envolver, dependendo da espécie, estímulo à eclosão, atração até o hospedeiro, penetração e migração dentro dos tecidos, reconhecimento do tecido adequado para alimentação e a elaboração de modificações das células hospedeiras. Plantas parasitadas por diferentes espécies de nematóides são modificadas de diversas formas. Alguns nematóides induzem modificações formando sítios de alimentação elaborados para prover a remoção de nutrientes (HUSSEY; WILLIAMSON, 1998).

A interação do nematóide das galhas com a planta hospedeira é de natureza dinâmica e complexa. Para completar o ciclo de vida, após a eclosão, o juvenil de segundo estágio (J2) deve penetrar na raiz da planta susceptível e iniciar uma reorganização estrutural, fisiológica e molecular da hospedeira, resultando na formação de pontos de alimentação bem elaborados, conhecidos como células gigantes (GRAVATO NOBRE et al., 1995).

A natureza dos sinais para orientação do juvenil e seleção das células gigantes nas raízes é desconhecida, embora se acredite que o reconhecimento dos tecidos pelo nematóide sofra influência de potenciais elétricos, gradientes de pH e moléculas da superfície celular (GRAVATO NOBRE et al., 1995). A célula eleita sofre profundas mudanças caracterizadas por hipertrofia, aumento no número de núcleos e organelas, ausência de vacúolo central, engrossamento da parede celular e elevação das taxas metabólicas (JONES, 1981; HUANG, 1985).

3.1.1. *Meloidogyne*

De acordo com Agrios (2005) os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) parasitam mais de 2000 espécies de plantas, incluindo praticamente todas as plantas

cultivadas e várias ervas daninhas. As quatro espécies de *Meloidogyne* mais comuns, *M. incognita*, *M. javanica*, *M. hapla* Chitwood e *M. arenaria* (Neal) Chitwood possuem ampla gama de hospedeiros que podem variar com a raça do nematóide (TAYLOR; SASSER, 1978; VAN GUNDY, 1985).

Os sintomas característicos da doença, embora não seja apresentado por todas as plantas susceptíveis, são os engrossamentos das raízes. O tamanho das galhas é variável, dependendo da espécie do nematóide, grau da infestação e planta hospedeira. Durante o processo de formação das galhas, as fêmeas ficam sedentárias embebidas nos tecidos da raiz, iniciando a produção de ovos, chegando a mais de 350, mantidos nas massas de ovos, podendo originar de 14 a 17 gerações em um ano. O principal sinal da doença é a presença de massas de ovos sobre as raízes parasitadas (VENTURA; COSTA; TATAGIBA, 2003).

Em plantas susceptíveis, os sintomas são variáveis e envolvem vários mecanismos que estão diretamente associados ao número de parasitos na raiz. Sintomas de deficiência nutricional, murcha temporária durante períodos curtos de estresse hídrico ou temperatura elevada, redução de crescimento das plantas e queda de produtividade são comuns (MELAKEBERHAN; BROOKE; WEBSTER, 1986; WILCOX-LEE; LORIA, 1987). A infecção afeta as relações água × planta (WILCOX-LEE; LORIA, 1987; DORHOUT; GOMMERS; COLLOFFEL, 1991) e o processo fotossintético (MELAKEBERHAN; BROOKE; WEBSTER, 1986). A destruição de pelos absorventes e a redução da taxa de crescimento das raízes, outros sintomas associados à infecção, limitam a exploração do solo e absorção de água e nutrientes.

3.1.2. *Pratylenchus*

Considerado o segundo gênero em importância para o Brasil, *Pratylenchus* spp. congrega os chamados “nematóides das lesões radiculares” (LORDELLO, 1984). Ocorrem em todas as partes do mundo. Atacam as raízes de várias plantas cultivadas, tais como, cereais, gramíneas, árvores frutíferas e ornamentais (AGRIOS, 2005).

São endoparasitas migradores e causam severos danos em raízes de uma ampla gama de culturas, devido à alimentação, movimentação ativa e liberação de enzimas e toxinas no córtex radicular. Tanto a penetração na planta hospedeira, como a migração no interior das raízes, são, provavelmente, facilitadas por uma combinação de ações mecânica (uso do estilete e movimentação de todo o corpo) e tóxica (degradação enzimática das paredes celulares vegetais) (GOULART, 2008).

O ciclo de vida é simples e relativamente rápido, normalmente ocorrem várias gerações em uma única safra da cultura hospedeira (GOULART, 2008). A fêmea deposita os ovos no interior das raízes ou no solo próximo à superfície das raízes. Em média, cada fêmea produz 80 a 150 ovos durante o ciclo de vida, que se completa em três a quatro semanas (em média), porém a duração do ciclo pode variar em função da temperatura, umidade, espécie da planta hospedeira e espécie do nematóide (TIHOHOD, 1997; CASTILLO; VOVLAS, 2007).

Segundo Moura et al. (2004), espécies do gênero *Pratylenchus* são, de modo incontestado, sérios problemas da agricultura mundial, incluindo-se com destaque o nordeste brasileiro. Quando em altas densidades populacionais, esses parasitos causam severos danos ao sistema radicular que se torna mal desenvolvido, pouco volumoso e raso com presença de áreas necrosadas escurecidas. As reboleiras são características nas pratileiros de certos cultivos, como da cana-de-açúcar (FERRAZ; MONTEIRO, 1995).

Os sintomas são inespecíficos e podem ser facilmente despercebidos ou confundidos com sintomas causados por outros patógenos, deficiências nutricionais ou estresse hídrico. Os efeitos de *Pratylenchus* spp. sobre o crescimento e, conseqüentemente, sobre a produção vegetal, são resultantes de desordem e mal funcionamento dos processos de crescimento de raízes e exploração do solo para obtenção de água e nutrientes (LOOF, 1991).

3.2. Níveis de Dano

Os níveis populacionais associados aos níveis de danos dos fitonematóides podem afetar significativamente a produtividade agrícola da cana-de-açúcar. No entanto, esses níveis podem variar de acordo com questões epidemiológicas como diferentes condições ambientais de predisposição e da reação diferenciada das diversas variedades de cana-de-açúcar ao parasitismo de fitonematóides (MOURA et al., 2000).

Para as espécies de *Meloidogyne*, os prejuízos causados a cultura da cana-de-açúcar, foram estimados em 15%, podendo atingir até 60% em áreas de países menos desenvolvidos, onde as técnicas de controle fitossanitários são pouco difundidas (MOURA; REGIS, 1991).

Segundo Tokeshi e Rago (2005), os nematóides ao parasitarem as raízes da cana-de-açúcar causam ferimentos ou modificam a fisiologia dos tecidos, podendo favorecer a destruição delas, direta ou indiretamente, pela ação de bactérias e fungos causadores de podridões de raízes. Em solos arenosos, o complexo de nematóides, aliado as deficiências nutricionais e podridões de raízes, pode destruir canaviais antes do primeiro corte.

3.3. Distribuição Espacial no Solo

A partir da década de 80 houve aumento do interesse a respeito da distribuição espacial e amostragem de nematóides (McSORLEY et al., 1985). A distribuição espacial de nematóides parasitos de planta no campo tem sido descrita como agregada (GOODELL; FERRIS, 1980) com frequência de distribuição seguindo uma distribuição binomial negativa (SEINHORST, 1982). A agregação de nematóides é considerada como consequência de uma estratégia de reprodução e mecanismo de dispersão. Poucos estudos sobre distribuição de nematóides têm sido conduzidos; porém este tipo de análise pode ajudar a explicar o papel desses organismos no sistema agrícola (GUZMAN-PLAZOLA et al., 2006).

O padrão espacial horizontal de nematóides fitoparasitos é tipicamente agregado, podendo ser dividido em uma micro (dentro do campo) e uma macro (grandes regiões, países e partes de continentes) distribuição dos componentes. Os efeitos biológicos e edáficos influenciam na variação dos graus de agregação no arranjo espacial das populações no campo. A macro distribuição é medida por fatores relacionados à duração de tempo em que a população está presente no agroecossistema (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

O padrão espacial vertical é limitado por dois fatores, a profundidade da camada do solo acessível para as raízes das plantas hospedeiras e o enraizamento das plantas hospedeiras que pode limitar a profundidade habitada pelas espécies de nematóides (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

De maneira geral, o padrão de distribuição espacial de fitonematóides é afetado pela fisiologia da planta, arquitetura do sistema radicular e espaçamento das plantas hospedeiras (ROSSI; DELAVILLE; QUÉNÉHERVÉ, 1996). Segundo Silva et al. (2000), é importante o conhecimento sobre a distribuição espacial das infestações por

nematóides de modo a direcionar as técnicas de controle apenas nas áreas onde os níveis populacionais excedem o nível de tolerância.

4. Nematóides como bioindicadores

A qualidade do solo é mensurada através do uso de indicadores, representados por atributos que medem ou refletem o status ambiental ou a condição de sustentabilidade do ecossistema. Os indicadores de qualidade do solo podem ser classificados como físicos, químicos e biológicos (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Os microrganismos podem ser utilizados como bioindicadores sensíveis de qualidade de solo (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007). Por possuírem os mais importantes atributos conferidos a um bioindicador, tais como abundância em praticamente todos os ambientes, diversidade de estratégias de vida e hábitos alimentares, curto ciclo de vida e procedimentos de amostragem relativamente bem definidos, os nematóides têm sido utilizados como indicadores de qualidade e características do solo bem como, estabilidade do habitat (PORAZINSKA et al., 1999). A comunidade de nematóides do solo responde às alterações com mudanças em sua estrutura, sendo a descontinuidade climática um elemento importante para a manutenção da diversidade dentro do grupo (MATTOS, 2002).

A população de nematóides do solo é composta por diferentes grupos tróficos. Distinguem-se pelo menos cinco grupos de nematóides pelo hábito alimentar: fitófagos, micófagos, bacteriófagos, predadores e onívoros (YEATES et al., 1993). Os dois grupos mais abundantes são os bacteriófagos e os fitófagos, estes últimos também conhecidos como parasitas de plantas (NIELSEN, 1961).

Os nematóides desempenham importante papel nos processos ecológicos do solo e participam de várias interações que afetam a produção vegetal (MATTOS; HUANG;

PIMENTEL, 2006), tais como a ciclagem de nutrientes. Segundo Coleman et al. (1991), os nematóides bacteriófagos podem reduzir significativamente as populações de bactérias e incrementar a mineralização. Desta forma, afeta indiretamente a produtividade das plantas nos ecossistemas, regulando o total de nitrogênio inorgânico disponível às plantas.

Os índices da comunidade de nematóides podem ser utilizados para monitorar as condições ecológicas do solo em virtude da habilidade em refletir as mudanças ocorridas no solo e assim possibilitar a escolha de sistemas referenciais, nos quais as condições de solo apresentam pouca perturbação (BONGERS, 1990; NEHER; CAMPBELL, 1994).

5. Número de Amostras

O tamanho da amostra em experimento ou levantamento de campo, geralmente determina a qualidade e/ou confiabilidade dos dados de quantificação da doença, bem como o custo da iniciativa. O objetivo da amostragem é alocar os recursos sabiamente e, ao mesmo tempo, determinar o número de amostras que pode ser tomado para atingir certo nível de confiabilidade e precisão (CAMPBELL; DUTHIE, 1989; CAMPBELL; MADDEN, 1990). Por exemplo, Matos (2006) com o objetivo de estimar densidade populacional de *Meloidogyne* sp. e *Rotylenchulus* sp. em plantio de mamoeiro (*Carica papaya* L.), indicou vinte amostras por área para coleta de solo e monitoramento dos referidos nematóides.

Um plano de amostragem ideal para um atributo com variabilidade espacial é obtido em função da dependência espacial da distribuição dessa variabilidade (OLIVIER, 1997). Quando a distribuição tem dependência espacial, o valor do atributo em um local e o valor em outro local está correlacionado como uma função de distância

e direção (ROSSI et al., 1992). Quando se conhece a dependência espacial, o valor de um local não amostrado pode ser estimado a partir de valores de locais amostrados e da posição relativa das amostras (BURROUGH, 1991). De acordo com Burrough (1991), o custo com amostragem de solo reduz, bem como, a qualidade das informações obtidas aumenta, através da seleção de malha de amostragem, número de amostras, uso de amostras compostas e interpolações baseadas na dependência espacial.

6. Controle de Fitonematóides

Em geral, as técnicas de controle mais recomendadas para as fitonematoses são o uso de cultivares resistentes, controle biológico, incorporação de matéria orgânica, emprego de plantas antagonicas, rotação de culturas com plantas não hospedeiras e a aplicação de nematicidas sistêmicos (BARROS; MOURA; PEDROSA, 2000). Dentre todas as alternativas, o que tem sido comum nos últimos anos é o uso de nematicidas em plantios de cana-de-açúcar, devido aos incrementos de produtividade, que podem chegar a cerca de 40 t ha⁻¹, como observado em dados experimentais (DINARDO-MIRANDA et al., 1998). Entretanto, o uso de nematicidas tem sido questionado quanto à eficácia e pela inconstância dos resultados (BARROS; MOURA; PEDROSA, 2003), além dos impactos negativos causados ao meio ambiente (MOURA, 2000).

O controle alternativo de doenças pode ser realizado por meio do controle biológico, da indução de resistência em plantas e o uso de produtos alternativos ao controle químico (BURG; MAYER, 1998). De acordo com Rosa, Moura e Pedrosa (2003), recentemente tem se enfatizado a integração entre métodos de controle, a fim de tornar a operação mais racional, eficiente e econômica.

O emprego de matéria orgânica tem sido preconizado com destacada eficiência na região Sul e, principalmente, no Nordeste do Brasil, contribuindo para a redução do

uso de produtos químicos e os conseqüentes impactos ao meio ambiente. Muitos são os benefícios proporcionados pela incorporação da matéria orgânica ao solo. Segundo Rodríguez-Kábana, Morgan-Jones e Chet (1987) e Kaplan, Noe e Hartel (1992), quando adicionados ao solo, os produtos orgânicos possibilitam aumentos da população microbiana antagonista aos fitonematóides. Dias et al. (2000) acrescentam ao aumento da biodiversidade antagonista, liberação de compostos tóxicos durante a decomposição, ambos contribuindo para a redução da população de *Meloidogyne* spp. Paralelamente, a matéria orgânica melhora a nutrição das plantas, aumentando tolerância a nematóides. Nesse sentido é considerada promissora a aplicação da vinhaça.

A vinhaça é o produto derivado da destilação resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar na produção do álcool; é líquido residual, também conhecido, regionalmente, por restilo e vinhoto (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007). É produzido, em média, na proporção de 13 litros para cada litro de álcool (ORLANDO FILHO; LEME, 1984). Trata-se de um material com cerca de 2 a 6% de constituintes sólidos, onde se destaca a matéria orgânica, em maior quantidade. Em termos minerais apresenta quantidade apreciável de potássio e médios de cálcio e magnésio (ROSSETTO, 1987). Em função da riqueza em matéria orgânica, a vinhaça apresenta elevado índice de demanda biológica de oxigênio (DBO), caracterizando-se, portanto, como material poluente quando descartada em cursos de água (ORLANDO FILHO; LEME, 1984).

Segundo Penatti et al. (1988), a aplicação de vinhaça na lavoura, bem como fertirrigação, é prática adotada pelas usinas, com tecnologia conhecida e bem definida, existindo inúmeros ensaios que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola, associados à economia dos adubos minerais. A grande vantagem

no emprego da vinhaça é a substituição, em grande parte dos nutrientes da adubação mineral (AGUJARO, 1979).

Lyra, Rolim e Silva (2003) constataram efeitos benéficos da vinhaça sobre as propriedades físicas e químicas dos solos, aumentando a capacidade de retenção de umidade, porosidade, nível de potássio e condutividade elétrica. Há poucas informações relativas sobre os efeitos biológicos advindos da aplicação deste resíduo ao solo, principalmente sobre a atividade supressiva no controle de fitopatógenos do solo (PEDROSA et al., 2005). Estes autores observaram que a vinhaça reduziu a eclosão de juvenis de *M. incognita* e *M. javanica*, bem como reduziu a densidade populacional destes nematóides no solo. Albuquerque, Pedrosa e Moura (2002) também observaram efeito inibidor da vinhaça sobre *M. javanica* em cana-de-açúcar. Aguillera e Matsuoka (1984) constataram redução nas populações de fitoparasitos após aplicação de vinhaça em campos cultivados com cana-de-açúcar.

7. Propriedades químicas do solo

As propriedades físicas e químicas dos solos influenciam direta e indiretamente processos críticos para os microrganismos fitopatogênicos e hospedeiros. Dessa forma, o conhecimento sobre as propriedades e o efeito em potencial sobre doenças radiculares é crítico para a adoção de estratégias adequadas de manejo (McDONALD, 1994; LIDDELL, 1997).

Os tipos de minerais no solo e a quantidade de matéria orgânica determinam o pH e a fertilidade do solo. Tipicamente, solos com pouca matéria orgânica e alto percentual de areia apresentam baixa fertilidade. Plantas cultivadas em solos de baixa fertilidade são geralmente menos vigorosas e conseqüentemente mais suscetíveis a doenças que plantas cultivadas em solos férteis. Em muitas ocasiões os efeitos adversos

das doenças radiculares podem ser reduzidos ou totalmente eliminados pelo manejo da fertilidade do solo. Isto geralmente se deve ao aumento no vigor da planta, mas em algumas situações, nutrientes específicos podem ter ação direta sobre o fitopatógeno ou sobre outros microrganismos do solo que são antagonistas aos fitopatógenos (STAMFORD et al., 2005).

Os nutrientes minerais exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando não somente o crescimento e a produção das plantas, mas também o aumento ou a redução da resistência a determinados patógenos (ZAMBOLIM; VENTURA, 1993). A ausência de um nutriente essencial nos tecidos da planta pode refletir diretamente sobre o patógeno, afetando a sobrevivência, reprodução e desenvolvimento (‘, 1986; ZAMBOLIM; COSTA; VALE, 2005). Quando todos os elementos minerais estão presentes de forma equilibrada, a resistência aos patógenos pode ser aumentada pela formação de barreiras mecânicas, síntese de toxinas e alterações anatômicas das células (MARSCHNER, 1986).

O pH do solo parece importante para a atividade dos nematóides, ainda que os prováveis efeitos sejam indiretos. Em lavouras de soja de Chapadão do Sul (MS) e Chapadão do Céu (GO), foi observado que o pH e saturação de bases muito altas favorecem as populações de *Heterodera glycines* Ichinohe. Valores de pH acima de 6,0, contribuíram para intensificar os danos causados pelo nematóide e resultaram em imobilização de micronutrientes e redução do parasitismo natural de ovos e cistos, atuando de modo sinérgico ou aditivo ao *H. glycines* (GARCIA; SILVA, 1996; SILVA et al., 1997). Pinheiro et al. (2008) obtiveram correlações positivas entre cálcio e densidades de cistos viáveis, juvenis de 2º estágio, densidades de cistos não viáveis e ovos por cistos de *H. glycines*. Zambolim e Ventura (1993) observaram redução da

população de *Meloidogyne* spp. em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) após aplicação de doses freqüentes de fósforo no solo.

8. Aplicação da Geoestatística na Fitopatologia

Através dos avanços tecnológicos na agropecuária, especialistas têm notado, cada vez mais, que os diversos setores da agricultura não podem ser tratados de maneira homogênea no que diz respeito à medição de variáveis nas áreas agrícolas. Neste sentido, a variação espacial e temporal deve ser considerada para uma melhor aplicabilidade dos insumos, podendo assim melhorar a produtividade, reduzir o custo de produção e o impacto ambiental (FARIAS et al., 2003).

Durante décadas foi desconsiderada a possibilidade de tratar sistematicamente variações na topografia, no clima, nos tipos e características dos solos, devido a falta de condições técnicas e operacionais adequadas. Em virtude disto, tanto as necessidades das culturas, quanto fato restritivos à produção, tais como ocorrência de doenças, pragas ou plantas daninhas, foram tratados como se a regra fosse uma distribuição generalizada nas áreas de produção (SILVA et al., 2000).

Linsley e Bauer (1929) observaram que as necessidades de calagem variavam no espaço e desenvolveram então uma metodologia para aplicação localizada de corretivo. Posteriormente, a sociedade mundial foi marcada por revoluções tecnológicas em diversas áreas de conhecimento. Na agricultura, os seguintes fatores permitiram avanços inimagináveis: mecanização do processo produtivo; inovações biológicas que aumentaram a produção de plantas e animais; uso de agroquímicos no controle de doenças e pragas e na nutrição das plantas, e mais recentemente “the information revolution”, da qual a agricultura de precisão é consequência (SILVA et al., 2000).

No caso de fitonematóides, os principais danos causados às culturas iniciam-se de forma localizada, nas manchas ou reboleiras, ensejando a possibilidade da abordagem dos problemas nematológicos segundo o ponto de vista da agricultura de precisão (SILVA et al., 2000).

Para representar a dependência espacial nas amostragens utiliza-se a geoestatística, que surgiu na África do Sul, quando o engenheiro de minas D. G. Krige, em 1951, trabalhando com dados de concentração de ouro, concluiu que não havia sentido nas variâncias se não levasse em consideração a distância entre as amostras (FARIAS et al., 2002). Matheron (1963), baseado nestas observações, desenvolveu uma teoria, chamada Teoria das Variáveis Regionalizadas, que contém os fundamentos da geoestatística, a qual pode ser usada para quantificar a distância média da correlação espacial por meio da direção, e a variabilidade de observações que são separadas por uma pequena distância. Análise geoestatística tem sido usada para descrever dependência espacial de nematóides parasitos de planta dentro do campo (WALLACE; HAWKINS, 1994).

Wallace e Hawkins (1994), nos Estados Unidos, quantificaram a variabilidade espacial na distribuição de *Aglenchus agricola* (de Man), *Pratylenchus penetrans* (Cobb) Chitwood & Oteifa, *Heterodera trifolii* (Goffart), *Tylenchorhynchus* spp. Steiner, *Paratylenchus* spp. e *Criconemella* sp. Grisse & Loof e geraram, por meio da “Krigagem” ordinária, mapas de ocorrência destas espécies para a área em estudo. No Brasil, Dinardo-Miranda e Fracasso (2009) afirmaram ser viável o uso da geoestatística para avaliar a distribuição espacial de nematóides parasitos de planta em cana-de-açúcar, bem como para definir planos de amostragem visando implementação no programa de manejo integrado. Pinheiro et al. (2008) utilizaram como ferramenta a

geoestatística para relacionar fertilidade do solo com a distribuição espacial do nematóide do cisto da soja, *H. glycines*.

A Geoestatística constitui em uma metodologia apropriada para análise de dados desta natureza, a qual de posse dos modelos (semivariogramas), e do armazenamento de dados de várias safras, possibilita a otimização de planos de amostragem para a área, geração de mapas ou simulações de níveis de infestação desses patógenos, ou de futuros danos esperados na cultura, principalmente para locais não amostrados (SILVA et al., 2000).

Os objetivos do presente estudo foram avaliar em áreas de encosta e tabuleiro cultivadas com cana-de-açúcar os efeitos da fertirrigação com vinhaça nas comunidades de nematóides e atributos químicos do solo, relacionando efeitos entre as variáveis analisadas e malha de amostragem; recomendar número de amostras para monitoramento de *Meloidogyne* spp. e *P. zaeae*; e caracterizar a variabilidade espacial destes fitoparasitos em área de tabuleiro irrigado com vinhaça.

Referências Bibliográficas

AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. 5rd ed. San Diego: Elsevier Academic Press, 2005. 922 p.

AGUILLERA, M. M.; MATSUOKA, S. Efeitos de resíduos da industrialização da cana-de-açúcar em áreas infestadas por nematóides. **Nematologia Brasileira**, Campinas, v. 8, p. 22-24, 1984.

AGUIJARO, R. O uso da vinhaça na Usina Tamoio como fertilizante. **Saccharum STAB**, São Paulo, v.2, p.23-27, 1979.

ALBUQUERQUE, P. H. S.; PEDROSA, E. M. R.; MOURA, R. M. Relações nematóide-hospedeiro em solo infestado por *Meloidogyne* spp. e tratado com torta de filtro e vinhaça. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 26, p. 27-34, 2002.

ANDRADE, J. C. (Ed.). **Esforços históricos de antigas variedades de cana-de-açúcar**. Maceió: Indústria Gráfica Alagoana Ltda, 1985. 285 p.

ARAÚJO, S. F.; MONTEIRO, R. T. R. Indicadores biológicos de qualidade do solo. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 3, p. 66-75, 2007.

BARROS, A. C. B.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Aplicação de terbufos no controle de *Meloidogyne incognita* raça 1 e *Pratylenchus zae* em cinco variedades de cana-de-açúcar no Nordeste. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 24, p. 65-72, 2000.

BARROS, A. C. B.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Influência da aplicação conjunta de nematicida com calcário, cupinicida ou torta de filtro na eficiência do nematicida em cana-de-açúcar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 25., 2003, Petrolina. **Proceedings...** Brasília: Sociedade Brasileira de Nematologia. v. 27, 2003. p. 236.

BEEN, T. H.; SCHOMAKER, C. H. Distribution patterns and sampling. In: PERRY, R. N.; MOENS, M. (Eds.). **Plant Nematology**. Wallingford: CAB International, 2006. p. 302-326.

BONGERS, T. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. **Oecologia**, Wageningen, v. 83, p. 14-19, 1990.

BURG, I. C.; MAYER, P. H. Introdução. In: BURG, I. C.; MAYER, P. H. (Eds.). **Manual de alternativas ecológicas para prevenção e controle de pragas e doenças**. Francisco Beltrão: Grafitec, 1998. p.13.

BURROUGH, P. A. Sampling designs for quantifying map unit composition. In: MAUSBACH, M. J.; WILDING, L. P. (Eds.). **Spatial variabilities of soils and landforms**. Madison: Science Society of America, 1991. p. 89-125.

CAMPBELL, C. L.; DUTHIE, J. A. Special report: sampling for disease assessment. **Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases**, St. Paul, v. 4, p. 5-8, 1989.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. (Eds.). **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: J. Willey & Sons, 1990. 532 p.

CASTILLO, P.; VOVLAS, N. (Eds.). **Pratylenchus (Nematoda: Pratylenchidae): diagnosis, biology, pathogenicity and management**. Leiden: Brill, 2007. 529 p.

COLEMAN, D. C.; EDWARDS, A. L.; BELSKY, A. J.; MWONGA, S. The distribution and abundance of nematodes, in east african savannas. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v. 12, p. 67-72, 1991.

DIAS, C. R.; EZEQUIEL, D. P.; SCHWAN, A. V.; FERRAZ, S. Efeito da adubação a base de esterco de galinha poedeira sobre a população de *Meloidogyne incognita* no solo. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 24, p. 59-63, 2000.

DINARDO-MIRANDA, L. L. Manejo de nematóides na cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, S. N.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Eds.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 281-292.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; FRACASSO, J. V. Spatial distribution of plant-parasitic nematodes in sugarcane fields. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 66, n. 2, p. 188-194, 2009.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; MENEGATTI, C. C.; GARCIA, V.; SILVA, S. F.; ODORISI, M. Reação de variedades de cana-de-açúcar a *Pratylenchus zeae*. **STAB – Açúcar, Alcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 17, n. 2, p. 39-41, 1998.

DORHOUT, R.; GOMMERS, F. J.; COLLOFFEL, C. Water transport through tomato roots infected with *Meloidogyne incognita*. **Phytopathology**, St.Paul, v. 81, p. 379-385, 1991.

FARIAS, P. R. S.; NOCITI, L. A. S.; BARBOSA, J. C.; PERECIN, D. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geostatística. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 25, p. 235-241, 2003.

FARIAS, P. R. S.; SANCHEZ-VILA, X.; BARBOSA, J. C.; VIEIRA, S. R.; FERRAZ, L. C. C. B.; SOLIS-DELFIN, J. Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: economic implications. **Journal of Nematology**, Orlando, v. 34, p. 232-238, 2002.

FERNANDES, A. J. (Ed.). **Manual da cana-de-áçúcar**. 2. ed. São Paulo: Livro Ceres, 1990. 196 p.

FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Nematóides. In: BERGAMIM FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. (Eds.). **Manual de fitopatologia: princípios e conceitos**. 3. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v. 1, p. 168-201.

GARCIA, A.; SILVA, J. F. V. Interação entre a população de cistos de *Heterodera glycines* e o pH do solo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 21, p. 420, 1996.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. Sugarcane. In: THERE, I. D.; PEET, M. M. (Eds.). **Crop – water relations**. New York: John Wiley, 1983. p. 547

GOODELL, P.; FERRIS, H. Plant-parasitic nematode distributions in an alfafa field. **Journal of Nematology**, Hanover, v. 12. p. 136-141, 1980.

GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematóides-das-lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2008. 29 p. (Embrapa Cerrados. Documentos, 219).

GRAVATO NOBRE, M. J.; VON MENDE, N.; DOLAN, L.; SCHMIDT, K.P.; EVANS, K.; MULLIGAN, B. Immunolabelling of cell surfaces of *Arabidopsis thaliana* roots following infection by *Meloidogyne incognita* (Nematoda). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, p. 1711-1720, 1995.

GUZMAN-PLAZOLA, R. A.; DE DIOS JARABA NAVAS, J.; CASWELL-CHEN, E.; ZAVALETA-MEJIA, E.; DEL PRADO-VERA, I. C. Spatial distribution of *Meloidogyne* species and races in the tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) producing region of Morelos, Mexico. **Nematropica**, Bradenton, v. 36, n. 2, p. 215-229, 2006.

HUANG, C. S. Formation, anatomy and physiology of giant cells induced by root-knot nematodes. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Eds.). **An advanced treatise on Meloidogyne**. Biology and control. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. v. 1, p. 155-164.

HUSSEY, R. S.; WILLIAMSON, V. M. Physiological and molecular aspects of nematode parasitism. In: BARKER, K. R.; PEDERSON, G. A.; WINDHAM, G. L. (Eds.). **Plant and nematode interactions**. Winconsin: ASA-ESSA, 1998. p. 87-108.

IBGE - INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **SIDRA 98**: sistema IBGE de recuperação automática. Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2008. Disponível em < <http://www.sidra.ibge.gov.br/> >. Acesso em: 18 dez. 2009.

JONES, M. G. K. Host cell responses to endoparasitic nematode attack: structure and function of giant cell and syncytia. **Annals of Applied Biology**, Wellesbourne, v. 97, p. 353-372, 1981.

KAPLAN, M.; NOE, J. P.; HARTEL, P. G. The role of microbes associated with chicken litter in the suppression of *Meloidogyne arenaria*. **Journal of Nematology**, Gainesville, v. 24, p. 522-527, 1992.

LIDDELL, C. M. Abiotic factors and soilborne diseases. In: HILLOCKS, R. J.; WALLER, J. M. (Eds.). **Soilborne diseases of tropical crops**. Wallingford: CAB International, 1997. p. 365- 376.

LINSLEY, C. M.; BAUER, F. C. **Test your soil for acidity**. Urbana: University of Illinois. College of Agriculture and Agricultural Experiment Station, 1929. 10 p. (University of Illinois. Circular, 346).

LOOF, P. A. A. The family Pratylenchidae Thorne, 1949. In: NICKLE, W.R. (Ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York: Marcel Dekker, 1991. p. 363-421.

LORDELLO, L. G. E. (Ed.). **Nematóides das plantas cultivadas**. 8. ed. São Paulo: Nobel, 1984. 314 p.

LUCCHESI, A. A. Cana-de-açúcar. In: CASTRO, P. R. C.; KLUGE, R. A. (Eds.). **Ecofisiologia de culturas extrativistas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dedeizeiro e oliveira**. Piracicaba: Cosmópolis Stoller do Brasil, 2001. v. 1, p. 13-45.

LYRA, M. R. C. C.; ROLIM, M. M.; SILVA, J. A. A. Toposequência de solos fertirrigados com vinhaça: contribuição para a qualidade das águas do lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 7, n. 3, p. 525-532, 2003.

MACCHERONI, W.; MATSUOKA. Manejo das principais doenças da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, S. N.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Eds.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 238-256.

MARSCHNER, H. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests. In: MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. London: Academic Press, 1986. p. 369-390.

MATHERON, G. Principles of geostatistics. **Economic Geology**, Littleton, v. 58, p. 1246-1266, 1963.

McDONALD, J. D. The soil environment. In: CAMPBELL, C. L.; BENSON, D. M. (Eds.). **Epidemiology and management of root diseases**. Heidelberg: Springer-Verlag, 1994. p. 82-115.

McSORLEY, R.; DANKERS, W. H.; PARRADO, J. L.; REYNOLDS J. S. Spatial distribution of the nematode community on perrine marl soils. **Nematropica**, Bradenton, v. 15, n. 1, p. 77-89, 1985.

MATOS, D. S. S. **Nematofauna associada ao cultivo comercial de mamoeiro e considerações sobre amostragem em campos infestados com *Meloidogyne* sp. e**

Rotylenchulus sp. 2006, 60 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

MATTOS, J. K. A. Nematóides do solo como indicadores da interferência humana nos sistemas naturais: aspectos gerais e alguns resultados obtidos no Brasil. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 10, p. 373-390, 2002.

MATTOS, J. K. A.; HUANG, S. P.; PIMENTEL, C. M. M. Grupos tróficos da comunidade de nematóides do solo em oito sistemas de uso da terra nos cerrados do Brasil Central. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, p. 267-273, 2006.

MELAKEBERHAM, H.; BROOKE, R. C.; WEBSTER, J. M. Relationship between physiological response of French beans of different age to *Meloidogyne incognita* and subsequent yield losses. **Plant Pathology**, London, v. 35, p. 203-213, 1986.

MOURA, R. M. Controle integrado de nematóides da cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22., 2000, Uberlândia. **Proceedings...** Uberlândia: UFC/ICIAG, 2000. p. 88-94.

MOURA, R. M.; GUIMARÃES, L. M. P.; MARANHÃO, S. R. V. L.; PEDROSA, E. M. R. Pratilencose atípica assinalada no Estado do Rio Grande do Norte. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 692, 2004.

MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R.; MARANHÃO, S. R. V. L.; MACEDO, M. E. A.; MOURA, A. M.; SILVA, E. G.; LIMA, R. F. Ocorrência dos nematóides *Pratylenchus zae* e *Meloidogyne* spp. em cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 101-103, 2000.

MOURA, R. M.; REGIS, E. M. Interações entre a meloidoginose da cana-de-açúcar e deficiências minerais observadas através de biotestes. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 15, p. 179-188, 1991.

NEHER, D. A.; CAMPBELL, C. L. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 1, p. 17-28, 1994.

NIELSEN, C. O. Respiratory metabolismo of some populations of enchytraeids worms and free living nematodes. **Oikos**, Copenhagen, v. 12, p. 17-35, 1961.

OLIVIER, M. A. A rational strategy for determining the number of cores for bulked soil samples. In: STAFFORD, J. V. (Ed.). **Precision Agriculture**. Oxford: Bios Scientific Publishers Limited, 1997. p. 155-162.

ORLANDO-FILHO, J.; LEME, E. J. A. Utilização agrícola dos resíduos da agroindústria canavieira. In: SIMPÓSIO SOBRE FERTILIZANTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 2., 1984, Brasília. **Proceedings...** Brasília: EMBRAPA, 1984. p. 451-475.

PEDROSA, E. M. R.; ROLIM, M. M.; ALBUQUERQUE, P. H. S.; CUNHA, A. C. Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 9, p. 197-201, 2005.

PENATTI, C. P.; CAMBRIA, S.; BONI, P. S.; ARRUDA, F. C. DE O.; MANOEL, L. A. **Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira da cana-de-açúcar**. São Paulo: Copersucar, 1988. p. 32-38. (Copersucar. Boletim Técnico, 44).

PINHEIRO, J. B.; POZZA, E. A.; POZZA, A. A. A.; MOREIRA, A. S.; ALVES, M. C.; CAMPOS, V. P.; Influência da nutrição mineral na distribuição espacial do nematóide de cisto da soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, p. 270-278, 2008.

PORAZINSKA, D. L.; DUNCAN, L. W.; McSORLEY, R.; GRAHAM, J. H. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 13, p. 69-86, 1999.

RODRIGUEZ-KABANA, R.; MORGAN-JONES, G.; CHET, I. Biological control of nematodes soil amendments and microbial antagonists. **Plant and Soil**, The Hague, v. 100, p. 237-247, 1987.

ROSA, R. C. T.; MOURA, R. M.; PEDROSA, E. M. R. Ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em cana-de-açúcar no Brasil. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 27, p. 93-95, 2003.

ROSSETTO, A. J. Utilização agronômica dos sub-produtos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: ROSSETTO, A. J. (Ed.). **Cana-de-açúcar – cultivo e utilização**, 1987. v. 2, p. 435-504.

ROSSI, J. P.; DELAVILLE, L.; QUÉNÉHERVÉ, P. Microspatial structure of a plant-parasitic nematode community in a sugarcane field in Martinique. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 3, p. 17-26, 1996.

ROSSI, R. E.; MULLA, D. J.; JOURNEL, A. G.; FRANZ, E. H. Geostatistical tools for modeling and interpreting ecological spatial dependence. **Ecological Monographs**, Lawrence, v. 62, p. 277-314, 1992.

SASSER, J. N. Root-knot nematodes: a global menace to crop production. **Plant Disease**, St. Paul, v. 64, p. 36-41, 1980.

SEGATO, S. V.; MATTIUZ, C. F. M.; MOZAMBANI, A. E. Aspectos fenológicos da cana-de-açúcar. . In: SEGATO, S. V.; PINTO, S. N.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Eds.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 19-36.

SEINHORST, J. W. The distribution of cysts of *Globodera rostochiensis* in small lots and the resulting sampling errors. **Nematologica**, Leiden, v. 28, p. 285-297, 1982.

SILVA, E. A.; GARCIA, A.; MONICO, J. F. G.; SILVA, J. F. V. Agricultura de precisão e o potencial de tecnologias inovadoras no manejo integrado de fitonematóides. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 22., 2000, Uberlândia. **Proceedings...** Brasília: Sociedade Brasileira de Nematologia, 2000. p. 19-27.

SILVA, J. F. V.; GARCIA, A.; PEREIRA, J. E.; HIROMOTO, D. **Nematóide de cisto da soja (*Heterodera glycines* Ichinohe)**. Londrina: Embrapa soja, 1997. 217 p.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

STAMFORD, N. P.; RODRIGUES, J. J. V.; HECK, R. J.; ANDRADE, D. E. G. T. Propriedades físicas e químicas dos solos. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Ed.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 41-60.

TAYLOR, A. L.; SASSER, J. N. **Biology, identification and control of root-knot nematodes (*Meloidogyne* species)**. International *Meloidogyne* Project. Raleigh: North Carolina State University/United States Department Agriculture, 1978. 111 p.

TIHOHOD, D. (Ed.). **Guia prático de identificação de fitonematóides**. Jaboticabal: FCAV: FAPESP, 1997. 246 p.

TOKESHI, H.; RAGO, A. Doenças da cana-de-açúcar. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L. E. A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 2005. v. 2, p. 185-196.

VAN GUNDY, S. D. Ecology of *Meloidogyne* spp. – emphasis on environmental factories affecting survival and pathogenicity. In: SASSER, J. N.; CARTER, C. C. (Eds.). **An advanced treatise on *Meloidogyne***. Biology and control. Raleigh: North Carolina State University Graphics, 1985. v. 1, p. 177-182.

VENTURA, J. A.; COSTA, H.; TATAGIBA, J. S. Manejo das doenças do mamoeiro. In: MARTINS, D. dos S.; COSTA, A. de F. S. (Eds.). **A cultura do mamoeiro: tecnologias de produção**. Vitória: Incaper, 2003. p. 229-308.

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

WILCOX-LEE, D.; LORIA, R. Effects of nematode parasitism on plant water relations. In: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (Eds.). **Vistas on nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p. 261-266.

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

ZAMBOLIM, L.; COSTA, H.; VALE, F. X. R. Nutrição mineral e patógenos radiculares. In: MICHEREFF, S. J.; ANDRADE, D. E. G. T.; MENEZES, M. (Ed.). **Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais**. Recife: UFRPE, Imprensa Universitária, 2005. p. 153-182.

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 1, p. 275-318, 1993.



Capítulo 2

**COMUNIDADE DE NEMATÓIDES E
ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM
ÁREAS DE TABULEIRO E ENCOSTA
CULTIVADAS COM CANA-DE-AÇÚCAR
FERTIRRIGADAS COM VINHAÇA**

**COMUNIDADE DE NEMATÓIDES E ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO EM
ÁREAS DE TABULEIRO E ENCOSTA CULTIVADAS COM CANA-DE-
AÇÚCAR FERTIRRIGADAS COM VINHAÇA¹**

D. S. S. Matos², E. M. R. Pedrosa^{3*}, S. J. Michereff⁴, C. V. M. A. Rodrigues², and J. E. Medeiros²

¹Parte da tese da primeira autora. ²Aluna de Pós-graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco Departamento de Agronomia, Brasil ³Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Brasil. ⁴Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Brasil.

*Autor para correspondência: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil, CEP: 52171-900, Phone: 55-81-85151222, Fax: 55-81-33206205, e-mail: elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br

ABSTRACT

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, S. J. Michereff, C. V. M. A. Rodrigues and J. E. Medeiros. 2010. Nematode communities and soil chemical attributes in coastal table and lean areas cultivated with sugarcane irrigated with vinasse. *Nematropica* 00:00-00. Several control measures are recommended for nematode control, however none of them is effective enough in decreasing initial population density and avoiding environmental risks. On the other hand, the vinasse application has been frequently emphasize because of the high residue amount from sugarcane industrialization and high pollution from oxygen demand. The objective of the present study was to evaluate effects of the sugarcane irrigation with vinasse on nematode communities and chemical attributes of soil, correlating effects among variables analyzed and sampling net. The experiments were carried out in coastal table and lean areas cultivated with sugarcane irrigated and non irrigated with vinasse. Soil samples were collected 25-cm deep in 1×1,

10×10 and 50×50-m square net samplings, with 36 points each. Total amount of nematode in the irrigated areas was lower than in non irrigated ones. In coastal tables, phosphorus, calcium and cation concentration significantly correlated with plant parasite nematodes ($r = -0.17, 0.17$ and 0.16) and total nematodes ($r = -0.20, 0.21$ and 0.17), respectively. In lean lands there was negative correlation between magnesium and plant parasitic nematodes ($r = -0.16$). The results pointed out that nematode population dynamic depended on chemical characteristics of the soil.

Key words: *Saccharum* spp., nematode community, fertilization, correlation.

RESUMO

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, S. J. Michereff, C. V. M. A. Rodrigues and J. E. Medeiros. 2010. Comunidades de nematóides e atributos químicos do solo em áreas de tabuleiro e encosta cultivadas com cana-de-açúcar fertirrigadas com vinhaça. *Nematropica* 00:00-00.

Diversas medidas para controle de nematóides são recomendadas, porém nenhuma tem se mostrado suficientemente efetiva em reduzir as populações iniciais e evitar riscos ambientais. Por outro lado, a aplicação de vinhaça tem sido bastante enfatizada, em razão da elevada quantidade gerada pelas usinas e destilarias, e por ser considerada altamente poluente devido à alta demanda de oxigênio. O presente estudo teve por objetivo avaliar efeitos da fertirrigação com vinhaça nas comunidades de nematóides e atributos químicos do solo, relacionando efeitos entre as variáveis analisadas e malha de amostragem. Os experimentos foram conduzidos em áreas de tabuleiro e de encosta cultivadas com cana-de-açúcar com e sem aplicação de vinhaça. As amostras de solo foram coletadas a 25 cm de profundidade e em cada área foi estabelecida malhas de amostragem quadrangular de 1×1; 10×10 e 50×50 m, compostas por 36 pontos georreferenciados, cada. O total de nematóides na área irrigada foi menor que na área

não irrigada. Em tabuleiro, o fósforo, o cálcio e a saturação de bases se correlacionaram significativamente com os fitoparasitos ($r = -0,17; 0,17$ e $0,16$) e total de nematóides ($r = -0,20; 0,21$ e $0,17$), respectivamente. Na área de encosta ocorreu correlação negativa entre magnésio e fitoparasitos ($r = -0,16$). Os resultados obtidos indicaram que a dinâmica populacional dos nematóides é dependente das características químicas do solo.

Palavras chave: *Saccharum* spp., nematofauna, fertilização, correlação.

INTRODUÇÃO

Estima-se que os danos causados pelos nematóides na cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) sejam superiores a 20% da produção (Dinardo-Miranda e Menegatti, 2003). Os nematóides danificam o sistema radicular das plantas, chegando a comprometer a absorção de água e nutrientes e, conseqüentemente, o desenvolvimento da cana (Dinardo-Miranda e Menegatti, 2003). Além disso, os prejuízos causados pelos fitonematóides podem inviabilizar a utilização dessas áreas para novos cultivos, tornando assim, antieconômica a exploração de certas culturas (Oliveira *et al.*, 2005).

Dentre todas as alternativas de controle de fitonematoses em canaviais brasileiros, a mais comum tem sido o uso de nematicidas químicos, devido aos incrementos de produtividade, que podem chegar a cerca de 40 t ha^{-1} (Dinardo-Miranda, *et al.*, 1998). Entretanto, o uso de nematicidas tem sido questionado quanto à eficácia e pela inconstância dos resultados, além dos impactos negativos causados ao meio ambiente (Barros *et al.*, 2006).

Uma das alternativas para o controle desses parasitos que reduza o uso dos químicos e conseqüentemente dos efeitos negativos associados a essa prática é a incorporação de matéria orgânica ao solo, pois ao serem adicionados ao solo, os produtos orgânicos possibilitam aumento da população microbiana antagonista aos

fitonematóides (Rodriguez-Kabana *et al.*, 1987; Kaplan *et al.*, 1992), bem como melhora a nutrição das plantas, aumentando dessa forma a tolerância a fitonematóides. Segundo Ricci *et al.* (2004), durante a decomposição da matéria orgânica há liberação de compostos tóxicos no solo o que explica a redução na população de fitonematóides e favorecimento de populações de inimigos naturais.

Os nutrientes minerais exercem importantes funções no metabolismo vegetal, influenciando não somente o crescimento e a produção das plantas, mas também o aumento ou a redução da resistência a determinados patógenos (Zambolim e Ventura, 1993). A ausência de um nutriente essencial nos tecidos da planta pode refletir diretamente sobre o patógeno, afetando sua sobrevivência, reprodução e desenvolvimento (Marschner, 1986; Zambolim *et al.*, 2005). Quando todos os elementos minerais estão presentes de forma equilibrada, a resistência aos patógenos pode ser aumentada pela formação de barreiras mecânicas, síntese de toxinas e alterações anatômicas das células (Marschner, 1986).

Em função da grande importância econômica do controle de nematóides na cultura da cana-de-açúcar, do potencial que representa a vinhaça como fonte de matéria orgânica e de nutrientes ao solo e, no intuito de fornecer subsídios para utilização deste resíduo da agroindústria canavieira no controle de fitonematóides, foi desenvolvido o presente estudo que objetiva, além da descrição da nematofauna nas referidas áreas, correlacionar as variações nos atributos químicos dos solos e nas comunidades de nematóides em função da fertirrigação com vinhaça em áreas de encosta e tabuleiro cultivadas com cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas quatro áreas, sendo duas de tabuleiro, onde uma era irrigada com vinhaça (07°37'21.1" de latitude sul e 034°59'49.2" de longitude oeste) e outra não

irrigada (07°37'18.0" de latitude sul e 034°59'39.6" de longitude oeste) e duas de encosta: uma irrigada com vinhaça (07°38'42.7" de latitude sul e 034°58'14.2" de longitude oeste) e outra não irrigada (07°35'37.3" de latitude sul e 034°56'55.2" de longitude oeste), todas cultivadas com cana-de-açúcar (variedades RB863129 e RB92579, nas áreas de tabuleiro e encosta respectivamente) e localizadas no Município de Goiana, Estado de Pernambuco. Em cada área foram estabelecidas três malhas de amostragem quadrangular de 1 × 1 m, 10 × 10 m e 50 × 50 m, totalizando áreas de 25 m², 2.500 m² e 62.500 m², respectivamente, de forma que a malha menor fosse aleatoriamente inserida na malha maior (Figura 1). Cada malha foi composta por 36 pontos, georreferenciados com GPS, e as amostras coletadas a 25 cm de profundidade. No total, foram coletadas e processadas 532 amostras de solo. Para processamento das amostras de solo adotou-se o método de Jenkins (1964). As suspensões de nematóides obtidas foram mantidas sob refrigeração (4-6°C), realizando-se a identificação e contagem dos espécimes com auxílio de lâminas de Peters sob microscópio ótico, utilizando-se a média de três leituras. Os nematóides foram classificados quanto ao hábito alimentar em cinco grupos tróficos (fitoparasitos, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros) baseado na morfologia do estoma e esôfago (Yeates *et al.*, 1993). Para os nematóides fitoparasitos foram efetuadas identificações ao nível de gênero de acordo com a chave proposta por Mai *et al.* (1996). A estrutura da nematofauna foi descrita pelos grupos tróficos e pelas razões micófagos/bacteriófagos (M/B) e onívoros+predadores/bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos (O+P/B+M+FP), segundo Gomes *et al.* (2003). Em cada ponto amostrado foi realizada análise química do solo. Visando avaliar relações entre taxa da nematofauna e atributos químicos do solo, foram efetuadas análises de correlação de Pearson, utilizando o programa SAS – Statistical Analytical System (SAS Institute, Inc.)

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A nematofauna das quatro áreas encontra-se descrita nas Tabelas 1 e 2. Na área de tabuleiro irrigada com vinhaça foi observada, nas malhas de 1×1 e 10×10 m, redução no número total de nematóides em relação a área não irrigada. Em relação às áreas de encosta, em todas as três malhas da área irrigada com vinhaça houve redução do número total de nematóides em relação à área não irrigada. Fato semelhante foi observado por Aguilera e Matsuoka (1984), que constataram redução nas populações de fitonematóides após aplicação de vinhaça em campos cultivados com cana-de-açúcar. Pedrosa *et al.* (2005) verificaram redução da densidade de ovos e juvenis de nematóides ao aplicarem vinhaça em solo infestado com *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *M. javanica* (Treub) Chitwood cultivado com cana-de-açúcar. Na área de tabuleiro não irrigado com vinhaça houve, dentre os fitoparasitos, dominância do gênero *Meloidogyne* 15,61% e 17,65% nas malhas de 1×1 e 10×10 m, respectivamente, e *Pratylenchus* Graham na malha de 50×50 m representando 13,86% do total de nematóides encontrados. Na área de tabuleiro irrigado com vinhaça, houve maior densidade populacional do gênero *Criconemella* Grisse & Loof nas três malhas analisadas. Em relação aos nematóides de vida livre, nas três malhas da área irrigada e nas malhas de 1×1 e 50×50 m da área não irrigada com vinhaça houve dominância dos bacteriófagos, mais precisamente da família Rhabditidae, porém na malha de 10×10 m houve maior densidade populacional de onívoros, representados pela família Doylaimidae com 32,11% do total de vida livre encontrado (Tabela 1). Segundo Coleman *et al.* (1991), os nematóides bacteriófagos podem reduzir significativamente as populações de bactérias e incrementar a mineralização, afetando de maneira indireta a produtividade das plantas nos ecossistemas, regulando o total de nitrogênio inorgânico disponível às plantas. Uma população elevada de bacteriófagos, particularmente da

família Rhabditidae, pode indicar alta atividade bacteriana, estando relacionados ao nitrogênio (N) mineralizável do solo (Freckman e Caswell, 1985). Ao alimentar-se da biomassa microbiana com baixa relação C/N, contribuem para aumentar o N disponível à planta, melhorando o crescimento da mesma.

Dentre os fitoparasitos, na área de encosta irrigada com vinhaça, houve dominância do gênero *Pratylenchus* nas malhas de 1×1 e 50×50 m e de *Meloidogyne* na malha de 10×10 m. Na área não irrigada *Pratylenchus* predominou nas três malhas (Tabela 2).

Na área de encosta, irrigada e não irrigada com vinhaça, os onívoros, representados pela família Dorylaimidae, apresentaram maior densidade populacional dentre os grupos de vida livre (Tabela 2), discordando de Mattos (2002), que afirma prevalência de Dorylaimidae apenas em solos pouco perturbados. Segundo Yeates *et al.* (1993), por serem nematóides estrategistas tipo *K*, os onívoros são relativamente sensíveis às perturbações do ambiente. Gomes *et al.* (2003) afirmam que alta percentagem de Dorylaimidae representa pouca intervenção humana no campo (Medeiros *et al.*, 2008), fato discordante às práticas canavieiras.

Em todas as malhas da área de tabuleiro irrigada com vinhaça e nas malhas de 1×1 e 10×10 m da área não irrigada, a razão entre micófagos e bacteriófagos (M/B) foi baixa tendo como referência o valor estimado por Neher e Campbell (1994) para culturas anuais $M/B=0,11$ e bem próximo deste valor na malha de 50 m da área não irrigada ($M/B=0,13$). O baixo valor da relação demonstra que a via de decomposição do ecossistema em estudo está fundamentada na ação de bactérias, fato associado ao alto teor de matéria orgânica presente na vinhaça, o que explica a abundância de bacteriófagos nas três malhas.

Na área de encosta irrigada com vinhaça a relação M/B foi baixa na malha de 1×1 m (M/B=0,05), próxima ao valor estimado por Neher e Campbell (1994) na malha de 10×10 m (M/B=0,13) e alta na malha de 50×50 m (M/B=0,40). Na área de encosta não irrigada os valores da M/B foram: 0,14; 0,17 e 0,10, nas malhas de 1×1, 10×10 e 50×50 m respectivamente (Tabela 2).

Quanto à razão onívoros+predadores/bacteriófagos+micófitos+fitoparasitos (O+P/B+M+FP), foi verificado, de maneira geral, altos valores, com exceção para as malhas de 10×10 e 50×50 m da área de tabuleiro irrigada com vinhaça (Tabela 1 e 2). Esses altos valores contradizem Maranhão (2008) e Neher e Campbell (1994), que afirmam como sendo característica de cultivo anual, valores baixos. Por outro lado, a quase ausência de nematóides pertencentes ao grupo dos predadores no presente estudo é característica de sistemas anuais (Mattos, 2002).

Ocorreram correlações significativas entre os grupos tróficos nas áreas de tabuleiro e de encosta. As correlações significativas mais altas observadas nas áreas de tabuleiro foram entre os nematóides de vida livre e total de nematóides ($r = 0,84$), entre vida livre e Dorylaimidae ($r = 0,83$) e total de nematóides com fitoparasitos ($r = 0,82$) (Tabela 3). Nas áreas de encosta as mais altas correlações obtidas foram entre total de nematóides e fitoparasitos ($r = 0,86$), entre vida livre e Dorylaimidae ($r = 0,80$) e vida livre com total de nematóides ($r = 0,79$) (Tabela 4).

Quanto às características químicas do solo, as mais altas correlações foram verificadas entre potássio e malha ($r = -0,52$), fósforo e malha ($r = -0,50$) e matéria orgânica e vinhaça ($r = 0,43$), nas áreas de tabuleiro (Tabela 3). Nas áreas de encosta as correlações mais altas foram entre ferro e vinhaça ($r = -0,67$), matéria orgânica e vinhaça ($r = 0,54$) e zinco e vinhaça ($r = 0,53$) (Tabela 4). Nas áreas de tabuleiro, o fósforo se correlacionou significativamente, dentre outros, com fitoparasitos ($r = -0,17$)

e com total de nematóides ($r = -0,20$). Zambolim e Ventura (1993) observaram redução da população de nematóides do gênero *Meloidogyne* em feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) e pepino (*Cucumis sativus* L.) após aplicação de doses frequentes de fósforo no solo. A aplicação de superfosfato pode aumentar a síntese de proteínas e a atividade celular dos tecidos vegetais, proporcionando maior resistência da planta hospedeira aos nematóides, além disso, pode produzir mudanças bioquímicas tais como aumento na quantidade de vitamina C, óleos vegetais, polifenóis, peroxidase e amônia, criando-se um ambiente desfavorável aos nematóides, promovendo redução na fecundidade e população de fitonematóides (Zambolim *et al.*, 2005).

Nas áreas de tabuleiro, houve correlações significativas entre cálcio e fitoparasitos ($r = 0,17$), entre cálcio e total de nematóides ($r = 0,21$), entre saturação de bases e fitoparasitos ($r = 0,16$) e saturação de bases e total de nematóides ($r = 0,17$). Esse resultado corrobora com Sologuren e Santos (1997), que ao estudar características do solo em reboleiras de soja (*Glycine max* L.) parasitadas com *Heterodera glycines* Ichinohe, observaram correlações positivas entre densidades de cistos viáveis e de juvenis de 2º estágio com cálcio, magnésio e saturação de bases. Pinheiro *et al.* (2008) também obtiveram correlações positivas entre cálcio e densidades de cistos viáveis, juvenis de 2º estágio, densidades de cistos não viáveis e ovos por cistos de *H. glycines*. Por outro lado, na área de encosta, foi verificada correlação negativa entre magnésio e fitoparasitos ($r = -0,16$), discordando de Sologuren e Santos (1997).

O pH do solo parece ser importante para a atividade dos nematóides, ainda que seus efeitos prováveis sejam indiretos (Rocha *et al.*, 2007). Na área de encosta, o pH se correlacionou positivamente com o total de nematóides ($r = 0,20$). Por outro lado, a falta de correlação significativa entre a maioria dos taxa com teores de potássio, nas áreas de encosta, provavelmente, devem-se ao fato do excesso de cálcio acentuar uma eventual

carência de potássio no solo, uma vez que, existe antagonismo entre estes dois cátions (Malavolta, 2006).

A matéria orgânica, como esperado, se correlacionou negativamente com nematóides de vida livre, fitoparasitos e total de nematóides, nas áreas de tabuleiro e de encosta (Tabela 3 e 4). A natureza do resíduo orgânico e as propriedades do solo são fatores chaves que podem influenciar a população de nematóides (Akhtar e Malik, 2000). Mesmo considerando os relatos de redução nas populações de fitonematóides após aplicação de vinhaça em campos cultivados com cana-de-açúcar, não foram realizados estudos que descrevam a ação direta deste produto sobre os fitonematóides. No entanto, existem indícios de que a provável ação do resíduo na redução populacional dos parasitos seja de forma indireta, através da proliferação de inimigos naturais e da atividade e biodiversidade dos nematóides, fitoparasitos ou não, no ecossistema (Albuquerque *et al.*, 2002). Finalmente, os resultados obtidos no presente estudo indicam efeito supressor da vinhaça sobre os fitonematóides, a despeito do efeito positivo e negativo dos atributos químicos do solo sobre a nematofauna.

LITERATURA CITADA

- Aguillera, M. M. and S. Matsuoka. 1984. Efeitos de resíduos da industrialização da cana-de-açúcar em áreas infestadas por nematóides. *Nematologia Brasileira* 8:22-24.
- Akhtar, M. and A. Malik. 2000. Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology* 74:35-47.
- Albuquerque, P. H. S., E. M. R. Pedrosa and R. M. Moura. 2002. Relações nematóide-hospedeiro em solo infestado por *Meloidogyne* spp. e tratado com torta de filtro e vinhaça. *Nematologia Brasileira* 26:27-34.

- Barros, A. C. B., R. M. Moura and E. M. R. Pedrosa. 2006. Estudos sobre aplicações conjuntas de herbicida e nematicidas sistêmicos na eficácia dos nematicidas em cana-de-açúcar. *Fitopatologia Brasileira* 31:254-259.
- Coleman, D. C., A. L. Edwards, A. J. Belsky and S. Mwonga. 1991. The distribution and abundance of nematodes in east african savannas. *Biology and Fertility of Soils* 12:67-72.
- Dinardo-Miranda, L. L., C. C. Menegatti, V. Garcia, S. F. Silva and M. Odorisi. 1998. Reação de variedades de cana-de-açúcar a *Pratylenchus zaeae*. *STAB – Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba* 17:39-41.
- Dinardo-Miranda, L. L. and C. C. Menegatti. 2003. Danos causados por nematóides a variedades de cana-de-açúcar em cana planta. *Nematologia Brasileira* 27:69-73.
- Freckman, D. W. and E. P. Caswell. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* 23:275-296.
- Gomes, G. S., S. P. Huang and J. E. Cares. 2003. Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira* 28:258-256.
- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
- Kaplan, M., J. P. Noe and P. G. Hartel. 1992. The role of microbes associated with chicken litter in the suppression of *Meloidogyne arenaria*. *Journal of Nematology* 24:522-527.
- Mai, W. F.; P. G. Mullin, H. H. Lyon and K. Loeffle. 1996. Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera. Cornell University Press. 277, Ithaca, NY.
- Malavolta, E. 2006. Manual de nutrição mineral de plantas. Editora Agronômica Ceres. 638, São Paulo, SP.

- Maranhão, S. R. V. L. 2008. Comunidade, dinâmica populacional e variabilidade espacial de nematóides em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. 126 pp.
- Marschner, H. 1986. Relationship between mineral nutrition and plant diseases and pests. Pp. 369-390 in H. Marschner, ed. Mineral nutrition of higher plants. London: Academic Press.
- Mattos, J. K. A. 2002. Nematóides do solo como indicadores da interferência humana nos sistemas naturais: aspectos gerais e alguns resultados obtidos no Brasil. Revisão Anual de Patologia de Plantas 10:373-390.
- Medeiros, H. A., G. R. C. Torres, I. M. Guimarães, R. Sales Júnior and O. F. Oliveira. 2008. Estrutura trófica e composição da nematofauna em um ecossistema costeiro de dunas. Caatinga Mossoró 21:102-112.
- Neher, A. D. and C. L. Campbell. 1994. Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. Applied Soil Ecology 1:17-28.
- Oliveira, F. S., M. R. Rocha, A. J. S. Reis, V. O. F. Machado and R. A. B. Soares. 2005. Efeito de produtos químicos e naturais sobre a população de nematóide *Pratylenchus brachyurus* na cultura da cana-de-açúcar. Pesquisa Agropecuária Tropical 35:171-178.
- Pedrosa, E. M. R., M. M. Rolim, P. H. S. Albuquerque, A. C. Cunha. 2005. Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 9:197-201.
- Pinheiro, J. B., E. A. Pozza, A. A. A. Pozza, A. S. Moreira, M. C. Alves and V. P. Campos. 2008. Influência da nutrição mineral na distribuição espacial do nematóide de cisto da soja. Nematologia Brasileira 32:270-278.

- Ricci, M. S. F., D. L. Almeida, M. C. A. Fernandes, R. L. D. Ribeiro and M. C. S. Catanheide. 2004. Efeitos da solarização do solo na densidade populacional da tiririca e na produtividade de hortaliças sob manejo orgânico. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 35:129-135.
- Rocha, M. R., Y. de Carvalho, G. C. Corrêa, M. G. Cunha and L. J. Chaves. 2007. Efeito da calagem e da adubação potássica sobre o nematóide *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952). *Agrociência* 11:31-38.
- Rodriguez-Kabana, R., G. Morgan-Jones and I. Chet. 1987. Biological control of nematodes soil amendments and microbial antagonists. *Plant and Soil* 100:237-247.
- Sologuren, L. J. and M. A. Santos. 1997. Estudo de características químicas do solo em reboleiras de soja com *Heterodera glycines*. *Fitopatologia Brasileira* 22: 339.
- Yeates, G. W., T. Bongers, R. G. M. De Goede, D. W. Freckman and S. S. Georgieva. 1993. Feeding habits in nematode families and genera – an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology* 25:315-331.
- Zambolim, L., H. Costa and F. X. R. Vale. 2005. Nutrição mineral e patógenos radiculares. Pp. 153-182 in S. J. Michereff, D. E. G. T. Andrade and M. Menezes, eds. *Ecologia e manejo de patógenos radiculares em solos tropicais*. Recife, PE: UFRPE, Imprensa universitária.
- Zambolim, L. and J. A. Ventura. 1993. Resistência a doenças induzidas pela nutrição mineral das plantas. *Revisão Anual de Patologia de Plantas* 1:275-318.

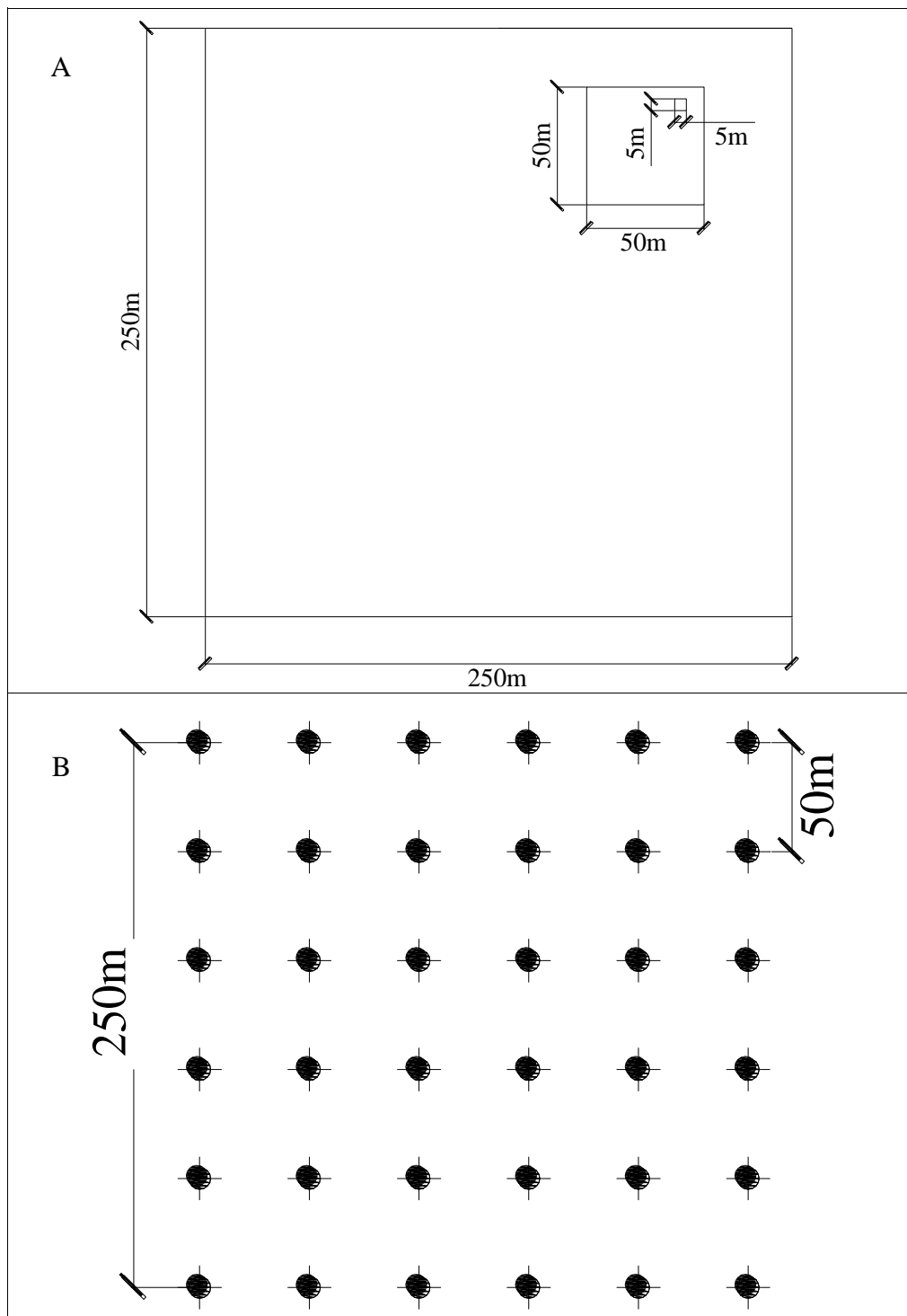


Figura 1. Malha de amostragem quadrangular. A – Área total abrangendo as malhas de 50×50, 10×10, 1×1 m. B – Representação dos pontos de amostragem na malha de 50×50 m.

Tabela 1. Abundância, média e dominância da nematofauna associada às áreas de tabuleiro irrigada e não irrigada com vinhaça cultivadas com cana-de-açúcar

Tabuleiro Irrigado com Vinhaça									
Grupos Tróficos	A ^w	1 metro		10 metros			50 metros		
		Média ± DP ^w	D ^x (%)	A	Média ± DP	D (%)	A	Média ± DP	D (%)
Vida Livre	1884	52,33±44,85	56,46	2512	69,78±56,08	45,30	6452	179,22±27,81	48,84
Bacteriófagos									
Rhabditidae	610	16,94±28,38	18,28	1141	31,69±48,54	20,58	3454	95,94±105,91	26,14
Cephalobidae	343	9,53±18,50	10,28	621	17,25±27,82	11,19	1112	30,89±39,58	8,43
Micófagos									
Aphelenchidae	0	0,00±0,00	0,00	0	0,00±0,00	0,00	46	1,28±7,67	0,35
Onívoros									
Dorylaimidae	909	25,25±28,15	27,24	750	20,83±22,22	13,53	1813	50,36±45,77	13,72
Predadores									
Mononchidae	22	0,61±3,67	0,66	0	0,00±0,00	0,00	27	0,75±4,50	0,20
Fitoparasitos	1453	40,36±64,60	43,54	3033	84,25±123,72	54,70	6759	187,75±263,80	51,16
<i>Meloidogyne</i> sp.	186	5,17±11,04	5,57	536	14,89±31,90	9,67	1429	39,69±61,64	10,82
<i>Pratylenchus</i> sp.	387	10,75±21,41	11,59	510	14,17±23,63	9,20	1534	42,61±60,40	11,61
<i>Criconemella</i> sp.	764	21,22±43,83	22,90	1801	50,03±91,48	32,48	3123	86,75±216,23	23,64
<i>Trichodorus</i> sp.	116	3,22±9,57	3,48	153	4,25±10,88	2,76	212	5,89±14,46	1,60
<i>Paratrichodorus</i> sp.	0	0,00±0,00	0,00	0	0,00±0,00	0,00	109	3,03±10,69	0,82
<i>Xiphinema</i> sp.	0	0,00±0,00	0,00	33	0,92±5,50	0,59	352	9,78±22,87	2,67
Nematóides Totais	3337	92,69±90,11	100	5545	154,03±155,78	100	13211	366,97±299,06	100
M/B ^y		0,00±0,00			0,00±0,00			0,01±0,05	
(O+P)/(B+M+FP) ^z		0,39±0,28			0,16±0,20			0,16±0,12	
Tabuleiro não Irrigado com Vinhaça									
Vida Livre	12998	361,05±220,60	65,29	4755	132,08±105,89	54,04	7865	218,47±162,92	63,51
Bacteriófagos									
Rhabditidae	2832	78,67±65,00	14,22	1128	31,33±51,78	12,82	2932	81,44±90,99	23,68
Cephalobidae	3435	95,42±114,78	17,25	508	14,11±23,39	5,77	933	25,92±38,71	7,54
Micófagos									
Aphelenchidae	174	4,83±14,67	0,87	56	1,56±6,52	0,64	499	13,86±27,87	4,03
Onívoros									
Dorylaimidae	5990	166,39±112,26	30,09	2825	78,47±68,93	32,11	3031	84,19±81,93	24,47
Predadores									
Mononchidae	567	15,75±23,12	2,86	238	6,61±15,37	2,70	470	13,05±23,52	3,79
Fitoparasitos	6910	191,94±181,69	34,71	4044	112,33±98,76	45,96	4519	125,53±98,04	36,49
<i>Meloidogyne</i> sp.	3108	86,33±158,31	15,61	1553	43,14±63,38	17,65	1282	35,61±75,49	10,35
<i>Pratylenchus</i> sp.	1837	51,03±51,80	9,23	1074	29,83±37,50	12,21	1716	47,67±61,53	13,86
<i>Criconemella</i> sp.	538	14,94±20,36	2,70	222	6,17±19,31	2,52	597	16,58±24,60	4,82
<i>Trichodorus</i> sp.	1045	29,02±30,23	5,26	721	20,03±25,15	8,19	507	14,08±24,88	4,09
<i>Paratrichodorus</i> sp.	142	3,94±11,40	0,71	36	1,00±6,00	0,41	23	0,64±3,83	0,19
<i>Xiphinema</i> sp.	240	6,67±15,73	1,20	438	12,17±25,94	4,98	394	10,94±17,92	3,18
Nematóides Totais	19908	553,00±333,94	100	8799	244,42±170,57	100	12384	344,00±234,95	100
M/B		0,03±0,08			0,03±0,09			0,13±0,21	
(O+P)/(B+M+FP)		0,49±0,36			0,34±0,47			0,39±0,41	

^wA (Abundância) = somatório do número de nematóides nas 36 amostras de cada malha em cada área por 300 cm³ de solo, Média ± DP = Número médio e desvio padrão de nematóides por 300 cm³ de solo em cada malha das 36 amostras,

^xD(%)= Dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em percentagem,

^yM/B = razão média entre micófagos e bacteriófagos das 36 amostras,

^z(O+P)/(B+M+FP) =razão média entre onívoros+predadores e bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos das 36 amostras.

Tabela 2. Abundância, média e dominância da nematofauna associada às áreas de encosta irrigada e não irrigada com vinhaça cultivadas com cana-de-açúcar

Encosta Irrigada com Vinhaça									
Grupos Tróficos	A ^w	1 metro		10 metros			50 metros		
		Média ± DP ^w	D ^x (%)	A	Média ± DP	D (%)	A	Média ± DP	D (%)
Vida Livre	7274	202,06±128,89	76,39	3578	99,39±81,79	46,72	5700	158,33±115,93	52,38
Bacteriófagos									
Rhabditidae	2607	72,42±71,56	27,38	989	27,47±41,99	12,91	1187	32,97±41,68	10,91
Cephalobidae	117	3,25±11,13	1,23	334	9,28±26,14	4,36	296	8,22±23,40	2,72
Micófagos									
Aphelenchidae	146	4,06±11,76	1,53	179	4,97±17,45	2,34	590	16,39±22,50	5,42
Onívoros									
Dorylaimidae	4046	112,39±65,75	42,49	1706	47,39±39,52	22,28	3178	88,28±86,25	29,20
Predadores									
Mononchidae	358	9,94±23,50	3,76	370	10,28±19,79	4,83	449	12,47±23,77	4,13
Fitoparasitos	2248	62,44±85,46	23,61	4080	113,33±111,88	53,28	5183	143,97±129,35	47,62
<i>Meloidogyne</i> sp.	566	15,72±35,73	5,94	1352	37,56±82,04	17,65	1721	47,80±77,71	15,81
<i>Pratylenchus</i> sp.	674	18,72±40,51	7,08	1205	33,47±36,06	15,73	2089	58,03±76,13	19,19
<i>Criconemella</i> sp.	577	16,03±24,57	6,06	1269	35,25±40,66	16,57	446	12,39±21,25	4,10
<i>Trichodorus</i> sp.	431	11,97±21,56	4,53	164	4,56±13,88	2,15	774	21,50±32,17	7,11
<i>Paratrichodorus</i> sp.	0	0,00±0,00	0,00	64	1,78±10,67	0,84	0	0,00±0,00	0
<i>Xiphinema</i> sp.	0	0,00±0,00	0,00	26	0,72±4,33	0,34	153	4,25±13,38	1,41
Nematóides Totais	9522	264,50±168,92	100	7658	212,72±155,37	100	10883	302,30±205,56	100
M/B^y		0,05±0,14			0,13±0,26			0,40±0,35	
(O+P)/(B+M+FP)^z		0,86±0,50			0,37±0,30			0,50±0,51	
Encosta não Irrigada com Vinhaça									
Vida Livre	8898	247,17±136,99	52,60	9290	258,06±158,23	49,88	7841	217,80±144,22	43,55
Bacteriófagos									
Rhabditidae	1264	35,11±38,98	7,47	1508	41,89±46,00	8,10	1749	48,58±68,42	9,71
Cephalobidae	0	0,00±0,00	0,00	239	6,64±18,87	1,28	224	6,22±22,59	1,24
Micófagos									
Aphelenchidae	173	4,81±14,29	1,02	300	8,33±25,64	1,61	195	5,42±16,13	1,08
Onívoros									
Dorylaimidae	4303	119,53±70,16	25,44	6211	172,53±130,53	33,35	4868	135,22±107,83	27,04
Predadores									
Mononchidae	3158	87,72±102,96	18,67	1032	28,67±57,35	5,54	805	22,36±49,94	4,48
Fitoparasitos	8018	222,72±141,39	47,40	9333	259,25±186,93	50,12	10162	282,28±209,10	56,45
<i>Meloidogyne</i> sp.	770	21,39±36,85	4,55	1151	31,97±88,62	6,18	1185	32,92±94,46	6,59
<i>Pratylenchus</i> sp.	4210	116,94±93,23	24,89	4440	123,33±99,85	23,84	5725	159,03±139,56	31,80
<i>Criconemella</i> sp.	840	23,33±37,67	4,96	845	23,47±60,25	4,55	1017	28,25±41,02	5,65
<i>Trichodorus</i> sp.	1774	49,28±55,99	10,49	2666	74,06±72,93	14,31	2081	57,80±69,08	11,56
<i>Paratrichodorus</i> sp.	0	0,00±0,00	0,00	54	1,50±9,00	0,29	0	0,00±0,00	0
<i>Xiphinema</i> sp.	424	11,78±24,41	2,51	177	4,92±13,03	0,95	154	4,28±15,06	0,85
Nematóides Totais	16916	469,89±219,67	100	18623	517,30±283,59	100	18003	500,08±290,90	100
M/B		0,14±0,37			0,17±0,39			0,10±0,18	
(O+P)/(B+M+FP)		0,79±0,89			0,64±0,68			0,46±0,50	

^wA (Abundância) = somatório do número de nematóides nas 36 amostras de cada malha em cada área por 300 cm³ de solo, Média ± DP = Número médio e desvio padrão de nematóides por 300 cm³ de solo em cada malha das 36 amostras,

^xD(%)= Dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em porcentagem,

^yM/B = razão média entre micófagos e bacteriófagos das 36 amostras,

^z(O+P)/(B+M+FP) =razão média entre onívoros+predadores e bacteriófagos+micófagos+fitoparasitos das 36 amostras.

Tabela 3. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de tabuleiro irrigada e não irrigada com vinhaça

	Melo ^w	Prat	Cric	Tric	Para	Xiph	Ceph	Dory	Rhab	Mono	VL	FP	TOT
Malha		0,15*	0,16*			0,14*			0,29**				
Vinh	-0,19**	-0,18*	0,19**	-0,33**		-0,15*	-0,20**	-0,44**		-0,33**	-0,36**		-0,29**
Melo		0,23**					0,21**	0,30**	0,29**		0,35**	0,69**	0,62**
Prat	0,23**			0,19**	0,15*			0,35**	0,34**		0,36**	0,47**	0,50**
Cric												0,68**	0,40**
Tric		0,19**			0,39**		0,21**	0,38**	0,20**	0,23**	0,38**	0,24**	0,38**
Para		0,15*			0,39**	0,16*		0,20**	0,20**		0,17*	0,16*	0,20**
Xiph						0,16*					0,17*	0,19**	0,21**
Ceph	0,21**			0,21**				0,46**	0,17*	0,17*	0,70**	0,18*	0,53**
Dory	0,30**	0,35**		0,39**		0,19**	0,46**		0,29**	0,27**	0,83**	0,30**	0,68**
Rhab	0,29**	0,34**		0,20**	0,20**		0,17*	0,29**			0,66**	0,37**	0,63**
Mono				0,23**			0,17*	0,27**			0,31**		0,19**
VL	0,35**	0,36**		0,38**	0,17*	0,17*	0,70**	0,83**	0,66**	0,31**		0,38**	0,84**
FP	0,69**	0,47**	0,68**	0,24**	0,16*	0,19**	0,18*	0,30**	0,37**				0,82**
TOT	0,62**	0,50**	0,40**	0,38**	0,20**	0,21**	0,53**	0,68**	0,62**	0,19**	0,84**	0,82**	
	Fe	Cu	Zn	Mn	P	pH	K	Na	Al	Ca	Mg	H	SB
Malha		-0,38**			-0,50**	0,19**	-0,52**	0,19**		0,16*	0,15*		0,24**
Vinh	-0,28**	-0,28**	-0,29**	-0,41**		0,15*	0,46**					-0,43**	
Melo	0,18**		0,24**	0,28**									
Prat		0,18*	0,23**	0,21**	-0,24**							0,14*	
Cric	-0,18*												
Tric		0,15*		0,18**			-0,20**					0,19**	
Para		0,15*							0,15*				
Xiph										0,23**	0,19**		0,23**
Ceph			0,19**	0,25**								0,19**	
Dory		0,26**	0,31**	0,37**		-0,18*	-0,23**					0,21**	
Rhab			0,19**	0,23**	-0,21**					0,18*			0,15*
Mono							-0,19**						
VL		0,20**	0,32**	0,39**	-0,17*					0,18*		0,22**	
FP			0,17*	0,19**	-0,17*					0,17*		0,14*	0,16*
TOT		0,15*	0,29**	0,35**	-0,20**					0,21**		0,22**	0,17*
	CTC	V	C	M	MO								
Malha	0,22**												
Vinh	-0,30**	0,26**	0,34**	-0,20**	0,43**								
Melo													
Prat													
Cric			0,18**										
Tric			-0,15*		-0,15*								
Para				0,21**									
Xiph	0,22**		0,16*										
Ceph	0,16*		-0,17*										
Dory	0,17*		-0,18*		-0,22**								
Rhab	0,18*												
Mono			-0,19**		-0,19**								
VL	0,22**		-0,17*		-0,24**								
FP	0,21**												
TOT	0,26**				-0,17*								

^wMelo=*Meloidogyne* sp., Prat=*Pratylenchus* sp. Cric=*Criconebella* sp. Tric=*Trichodorus* sp., Para=*Paratrichodorus* sp., Xiph=*Xiphinema* sp., Ceph=Cephalobidae, Dory=Dorylaimidae, Rhab=Rhabditidae, Mono=Mononchoidae, VL=vida livre, FP=fitoparasitos, TOT= total de nematódos, Vinh=vinhaça, Fe=ferro, Cu=cobre, Zn=zinco, Mn=manganês, P=fósforo, pH=potencial hidrogeniônico, K=potássio, Na=sódio, Al=alumínio, Ca=cálcio, Mg=magnésio, H=hidrogênio, SB=saturação de bases, V=valor V%, C=carbono, M=massa, MO=matéria orgânica. *significativo ao nível de 5%, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pela análise de correlação de Pearson.

Tabela 4. Coeficientes de correlação significativa entre os taxa que compõem a nematofauna associada à rizosfera da cana-de-açúcar e atributos químicos do solo em áreas de encosta irrigada e não irrigada com vinhaça

	Melo ^w	Prat	Cric	Tric	Para	Xiph	Ceph	Dory	Rhab	Mono	VL	FP	TOT
Malha		0,16*								-0,16*		0,15*	
Vinh		-0,47**		-0,42**		-0,18**		-0,31**		-0,29**	-0,32**	-0,44**	-0,47**
Melo			0,27**	0,14*								0,56**	0,42**
Prat				0,34**		0,21**		0,20**	0,24**	0,14*	0,30**	0,73**	0,64**
Cric	0,27**											0,37**	0,24**
Tric	0,14*	0,34**			0,22**			0,36**		0,28**	0,41**	0,62**	0,64**
Para				0,22**			0,14*					0,15*	
Xiph		0,21**										0,28**	0,22**
Ceph					0,14*						0,18**		0,14*
Dory		0,20**		0,36**							0,80**	0,29**	0,63**
Rhab		0,24**						0,19**	0,19**		0,55**	0,20**	0,43**
Mono		0,14*		0,28**							0,49**	0,18**	0,39**
VL		0,30**		0,41**			0,18**	0,80**	0,55**	0,49**		0,37**	0,79**
FP	0,56**	0,73**	0,37**	0,62**	0,15*	0,28**	0,29**	0,20**	0,20**	0,18**	0,36**		0,81**
TOT	0,42**	0,64**	0,24**	0,64**		0,22**	0,14*	0,63**	0,43**	0,39**	0,79**	0,86**	
	Fe	Cu	Zn	Mn	P	pH	K	Na	Al	Ca	MG	H	SB
Malha	0,20**			-0,17*	0,15*	-0,49**	0,22**		0,41**	-0,43**		0,51**	-0,41**
Vinh	-0,67**		0,53**	0,23**		-0,41**		0,30**			0,20**		
Melo													
Prat	0,41**		-0,25**	-0,15*						-0,14*	-0,15*		-0,16*
Cric													
Tric	0,41**		-0,32**					-0,15*		-0,14*			-0,16*
Para													
Xiph	0,21**		-0,15*										
Ceph													
Dory	0,28**		-0,22**			0,22**							
Rhab				0,16*						0,14*			0,15*
Mono	0,34**		-0,18*			0,17*							
VL	0,28**		-0,21**			0,26**							
FP	0,39**		-0,32**	-0,16*				-0,17*			-0,16*		
TOT	0,42**		-0,34**			0,20**		-0,16*					
	CTC	V	C	M	MO								
Malha	0,27**	-0,57**	0,28**	0,41**	0,23**								
Vinh			0,54**		0,54**								
Melo													
Prat		-0,15*	-0,25**		-0,24**								
Cric													
Tric			-0,20**		-0,25**								
Para													
Xiph													
Ceph			0,23**		0,23**								
Dory			-0,23**		-0,23**								
Rhab													
Mono			-0,30**		-0,26**								
VL			-0,20**		-0,19**								
FP			-0,21**		-0,21**								
TOT			-0,26**		-0,25**								

^wMelo=*Meloidogyne* sp., Prat=*Pratylenchus* sp., Cric=*Criconemella* sp., Tric=*Trichodorus* sp., Para=*Paratrichodorus* sp., Xiph=*Xiphinema* sp., Ceph=Cephalobidae, Dory=Dorylaimidae, Rhab=Rhabditidae, Mono=Mononchoidae, VL=vida livre, FP=fitoparasitos, TOT=total de nematódes, Vinh=vinhaça, Fe=ferro, Cu=cobre, Zn=zinco, Mn=manganês, P=fósforo, pH=potencial hidrogeniônico, K=potássio, Na=sódio, Al=alumínio, Ca=cálcio, Mg=magnésio, H=hidrogênio, SB=saturação de bases, V=valor V%, C=carbono, M=massa, MO=matéria orgânica. *significativo ao nível de 5%, **significativo ao nível de 1% de probabilidade pela análise de correlação de Pearson.



Capítulo 3

**TAMANHO DA AMOSTRA PARA
MONITORAMENTO DE *MELOIDOGYNE*
SPP. E *PRATYLENCHUS ZEA* EM
ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-
AÇÚCAR**

**TAMANHO DA AMOSTRA PARA MONITORAMENTO DE *MELOIDOGYNE*
SPP. E *PRATYLENCHUS ZEA* EM ÁREAS CULTIVADAS COM CANA-DE-
AÇÚCAR¹**

D. S. S. Matos², E. M. R. Pedrosa^{3*}, L. M. P. Guimarães⁴, C. V. M. A. Rodrigues² and C. S.
Costa⁵

¹Parte da tese da primeira autora. ²Aluna de Pós-graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco Departamento de Agronomia, Brasil ³Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Brasil. ⁴Doutora, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Brasil. ⁵Aluno de Pós-graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Brasil. *Autor para correspondência: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil, CEP: 52171-900, Phone: 55-81-85151222, Fax: 55-81-33206205, e-mail: elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br

ABSTRACT

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, L. M. P. Guimarães, C. V. M. A. Rodrigues and C. R. C. Silva. 2010. Sample size for monitoring *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus zea* in sugarcane growing areas. *Nematropica* 00:00-00.

In Northeastern Brazil the root-knot (*Meloidogyne* spp.) and lesion nematodes (*Pratylenchus zea*) are important plant pathogens in sugarcane growing areas, causing damage higher than 20% of production. Adequate sampling would improve nematode management and reduce costs. The objective of the present work was to indicate sample size for detection of these plant parasitic nematodes in costal table and lean areas cultivated with sugarcane irrigated or non irrigated with vinasse. Soil and root samples were collected 25-cm deep in 1×1, 10×10 and 50×50-m square net samplings, with 36 points

each. Ten and 12 soil and root samples, respectively, were indicated for monitoring *P. zaeae* on both 1×1 and 10×10 m net. For *Meloidogyne* spp. 34 and 13 samples for soil and root, respectively, were indicated for 1×1 m net. Higher number of samples was necessary in vinasse irrigated areas than in non irrigated one.

Key words: *Saccharum* spp., root-knot nematode, lesion nematode, sample number, spatial variability

RESUMO

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, L. M. P. Guimarães, C. V. M. A. Rodrigues and C. R. C. Silva. 2010. Tamanho de amostras para monitoramento de *Meloidogyne* spp. e

Pratylenchus zaeae em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. Nematropica 00:00-00.

No Nordeste brasileiro, os nematóides das galhas (*Meloidogyne* spp.) e das lesões

(*Pratylenchus zaeae*) são importantes patógenos em cultivos de cana-de-açúcar, causando danos superiores a 20% da produção. A coleta adequada de amostras pode permitir adoção de práticas eficientes no controle de fitonematóides e reduzir os custos. O objetivo do presente estudo foi determinar o tamanho ideal das amostras para detecção destes

fitoparasitos em áreas de encosta e de tabuleiro com e sem vinhaça cultivadas com cana-de-açúcar. As amostras de solo e de raiz foram coletadas a 25 cm de profundidade e em cada área foi estabelecida malhas de amostragem quadrangular de 1×1; 10×10 e 50×50 m, compostas por 36 pontos georreferenciados, cada. Dez amostras de solo e 12 amostras de raiz por área foram indicadas para monitoramento de *P. zaeae* nas malhas de 1×1 e 10×10 m. Para monitoramento de *Meloidogyne* spp. o número de amostras foi de 34 amostras de solo na malha de 10×10 m e de 13 para raiz na malha de 1×1 m. De maneira geral foi observada a necessidade de um número maior de amostras de solo para monitoramento de *Meloidogyne* spp. e *P. zaeae* em áreas irrigadas com vinhaça em relação as áreas não

irrigadas.

Palavras chave: *Saccharum* spp., nematóide das galhas, nematóide das lesões, número de amostras, variabilidade espacial

INTRODUÇÃO

A agroindústria brasileira desenvolve completa tecnologia agrícola e industrial, com aproveitamento máximo da cana-de-açúcar (híbridos de *Saccharum* spp.), porém a expansão da cultura nos últimos anos a fim de atender a demanda de produção, fez com que novos canaviais fossem estabelecidos em solos pobres e arenosos, aumentando os problemas fitossanitários, entre os quais destacam-se as fitonematoses (Barros *et al.*, 2006).

Muitas espécies de fitonematóides são encontradas em associação com a cana-de-açúcar, mas, nas condições brasileiras, três são economicamente importantes, em função dos danos que causam à cultura: *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *Pratylenchus zae* Graham (Dinardo-Miranda, 2006). Torna-se necessário o monitoramento dessas espécies para indicação do método de controle mais eficiente. Para isso é fundamental a coleta adequada de amostras, permitindo adoção de práticas eficientes de controle dos fitonematóides e redução dos custos (Davis, 2005).

O tamanho da amostra em experimento ou levantamento de campo, geralmente determina a qualidade e/ou confiabilidade dos dados de quantificação da doença obtidos, bem como o custo da iniciativa. O objetivo da amostragem é alocar os recursos sabiamente e, ao mesmo tempo, determinar o número de amostras que pode ser tomado para atingir determinado nível de confiabilidade e precisão (Campbell e Duthie, 1989; Campbell e Madden, 1990). De acordo com Burrough (1991), a qualidade das informações obtidas

umenta e o custo com amostragem de solo reduz, através da seleção de malha de amostragem, número de amostras, uso de amostras compostas e interpolações baseadas na dependência espacial.

Embora haja na literatura exemplos do número de amostras para monitoramento da densidade populacional de fitonematóides em solos com algumas culturas (McSorley, 1987; TIHOHOD *et al.*, 1991), estudos para monitoramento de *Meloidogyne* e *Pratylenchus* em solos cultivados com cana-de-açúcar ainda são escassos, motivo pelo qual, o presente estudo teve por objetivo determinar os tamanhos ideais das amostras para detecção destes fitoparasitos em áreas de encosta e tabuleiro cultivadas com cana-de-açúcar.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram selecionadas quatro áreas, sendo duas de tabuleiro, onde uma era irrigada com vinhaça (07°37'21.1" de latitude sul e 034°59'49.2" de longitude oeste) e outra não irrigada (07°37'18.0" de latitude sul e 034°59'39.6" de longitude oeste) e duas de encosta: uma irrigada com vinhaça (07°38'42.7" de latitude sul e 034°58'14.2" de longitude oeste) e outra não irrigada (07°35'37.3" de latitude sul e 034°56'55.2" de longitude oeste), todas cultivadas com cana-de-açúcar (variedades RB863129 e RB92579, nas áreas de tabuleiro e encosta respectivamente) e localizadas no Município de Goiana, Estado de Pernambuco. Em cada área foram estabelecidas três malhas de amostragem quadrangular de 1×1 m, 10×10 m, e 50×50 m, totalizando áreas de 25 m², 2.500 m² e 62.500 m², respectivamente, de forma que a malha menor se apresentasse aleatoriamente inserida na malha maior (Figura 1). Cada malha foi composta por 36 pontos, georreferenciados e as amostras coletadas a 25 cm de profundidade. No total, foram coletadas e processadas 532 amostras de solo e o mesmo número de amostras de raiz. Para processamento das amostras de solo

adotou-se o método de Jenkins (1964). Para as amostras de raízes foram coletados 10 g, utilizando-se a associação da técnica de maceração rápida em liquidificador (20 segundos), com o método de Jenkins (1964). As suspensões de nematóides obtidas foram mantidas sob refrigeração (4-6°C), realizando-se a identificação e contagem dos espécimes com auxílio de lâminas de Peters sob microscópio ótico, utilizando-se a média de três leituras. O tamanho ideal da amostra (n) foi estabelecido para cada área de plantio, pela equação:

$n = k + \frac{\mu}{\mu * k * CV^2}$, onde k é o parâmetro associado à distribuição binomial negativa,

descritiva do arranjo agregado dos nematóides, e pode ser estimado

como: $k = \frac{\mu^2}{\sigma^2 - \mu}$, enquanto CV^2 é o coeficiente de variação da média, considerando-

se confiabilidades (erros aceitáveis) preestabelecidas de 5, 10 e 25% (= 0,05; 0,10; 0,25)

(Campbell e Madden, 1990). Com os dados obtidos em cada área foi calculado o número ideal médio das amostras para cada área.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na estimativa do número ideal de amostras de solo para monitoramento de *Meloidogyne* spp. e *P. zae*, em área de tabuleiro irrigado com vinhaça foi observada a necessidade de maior número de amostras em relação à área não irrigada, exceto para *Meloidogyne* spp. na malha de 50×50 m (39 amostras na área irrigada e 72 na área não irrigada) (Figura 2). Aparentemente, a aplicação de vinhaça interferiu sobre as populações dos nematóides, bem como sobre a distribuição. De acordo com Dias *et al.* (2000), a vinhaça aumenta a biodiversidade antagonista, libera compostos tóxicos durante a decomposição, contribuindo assim para a redução da população de *Meloidogyne* spp., favorecendo a necessidade de um número maior de amostras em áreas irrigadas com vinhaça. No entanto, Maranhão (2008) ao trabalhar em áreas de tabuleiro irrigada e não

irrigada com água observou que em áreas irrigadas *Pratylenchus* sp. se distribuiu mais uniformemente, alastrando-se por toda área, situação inversa a verificada na área não irrigada.

Na área de encosta foi observado resultado semelhante aos obtidos nas áreas de tabuleiro, confirmando a necessidade de maior número de amostras de solo para detecção de *Meloidogyne* spp. e *P. zaeae* na área irrigada com vinhaça, exceto para *Meloidogyne* spp. nas malhas de 50×50 e 10×10 m. Para *Meloidogyne* spp. na malha de 1×1 m a indicação foi de 83 amostras na área irrigada e 47 na área não irrigada. Em relação à *P. zaeae* nas malhas de 50×50, 10×10 e 1×1 m, a indicação foi de 28, 18 e 75 na área irrigada e 12, 10 e 10 amostras na área não irrigada, respectivamente (Figura 2). De maneira geral, o número de amostras de solo estimadas para detecção e monitoramento de *P. zaeae* variou entre 12 e 32 na malha de 50×50 m; entre 10 e 45 na malha de 10×10 m e entre 10 e 75 na malha de 1×1 m, contradizendo a afirmação de McSorley e Parrado (1983) que o número de amostras diminui à medida que o tamanho da área diminui.

Para *Meloidogyne* spp. o número de amostras variou entre 39 e 132 na malha de 50×50 m; entre 35 e 123 na malha de 10×10 m e entre 48 e 83 na malha de 1×1 m. Devido à distribuição horizontal dos nematóides no campo, o número de amostras coletadas dependerá do tamanho da área afetada, sendo importante que os pontos coletados sejam representativos para cada área amostrada (Barker e Campbell, 1981).

Em relação ao número estimado de amostra de raiz foi verificado também aumento do número de amostras na área de tabuleiro irrigado com vinhaça se comparado com a área não irrigada, com exceção para ambos nematóides na malha de 50×50 m (30 e 18 amostras na área irrigada e 84 e 36 na área não irrigada para *Meloidogyne* spp. e *P. zaeae*, respectivamente) (Figura 3). O número de amostra de raiz estimado na área de encosta

irrigada com vinhaça foi menor do que na área não irrigada, exceto para *Meloidogyne* spp na malha de 50×50 m (65 amostras na área irrigada e 27 na não irrigada) e *P. zae* na malha de 1×1 m (22 amostras na área irrigada e 12 amostras na área não irrigada). *Pratylenchus zae* se mostrou mais dependente das malhas de amostragem do que *Meloidogyne* spp. (Figura 2).

Com base nos resultados obtidos e considerando um erro aceitável de 25 %, independente da malha de amostragem, recomenda-se para monitoramento de *P. zae* em áreas cultivadas com cana-de-açúcar de até 6,25 ha, entre 10 (áreas sem vinhaça) e 28 amostras (áreas com vinhaça) de 300 cm³ de solo e entre 12 amostras de 10 g de raízes. Resultado próximo ao obtido por Assis (2006), que estimaram o mínimo de 11 amostras de raiz para detecção de *Pratylenchus* sp. em áreas de 1 a 3 ha cultivada com Zingiberales tropicais no Estado de Pernambuco. McSorley (1987) estimou 30 amostras de solo em áreas de até 2 ha para detecção de fitonematóides.

Considerando a mesma percentagem de erro aceitável (25 %), estima-se que para monitoramento de *Meloidogyne* spp., independentemente da malha de amostragem, em áreas iguais ou inferiores a 6,25 ha, o número de amostras deverá estar compreendido entre 35 (áreas sem vinhaça) e 39 (áreas com vinhaça) amostras de 300 cm³ de solo e 13 amostras de 10 g de raízes. Os valores encontrados foram superiores aos propostos por Dinardo-Miranda e Fracasso (2009) que estimaram para *P. zae*, *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Schuurmans. Stekhoven e *M. javanica*, em média, pelo menos cinco amostras de raiz por hectare para estimativa confiável da população desses fitoparasitos em determinada área. McSorley e Parrado (1983) verificaram que para obter um erro aceitável de 25 %, em uma área de 2,3 a 6 ha foram necessárias quatro amostras compostas de solo retiradas em 20 pontos distintos para detecção de *Meloidogyne* spp.

A estimativa de maior número de amostras em solos irrigados com vinhaça pode estar associada às modificações ocorridas na rizosfera decorrentes da ação do resíduo sobre a microbiota do solo. Segundo Pedrosa *et al.* (2005), a vinhaça reduziu a eclosão e densidade populacional de *M. incognita* e *M. javanica* no solo. Estudos conduzidos por outros pesquisadores (Aguillera e Matsuoka, 1984; Albuquerque *et al.*, 2002) indicaram redução nas populações de *M. javanica* e outros fitoparasitos após aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar. Aparentemente a diminuição da densidade populacional de nematóide afeta a distribuição espacial do parasito, aumentando a variabilidade e, conseqüentemente, a necessidade de um número maior de amostras.

Segundo Campbell e Madden (1990) um pressuposto básico no uso dos diferentes métodos para estimar tamanho de amostra é de que os dados dos locais analisados sejam representativos do que poderia ocorrer em outros campos, sendo a validade desses pressupostos variável entre patossistemas. Dessa forma, os resultados obtidos neste estudo servem como base para futuros levantamentos de fitonematóides em cultivos de cana-de-açúcar irrigados ou não com vinhaça.

LITERATURA CITADA

- Aguillera, M. M. and S. Matsuoka. 1984. Efeitos de resíduos da industrialização da cana-de-açúcar em áreas infestadas por nematóides. *Nematologia Brasileira* 8:22-24.
- Albuquerque, P. H. S., E. M. R. Pedrosa and R. M. Moura. 2002. Relações nematóide-hospedeiro em solo infestado por *Meloidogyne* spp. e tratado com torta de filtro e vinhaça. *Nematologia Brasileira* 26:27-34.
- Assis, T. C. 2006. Fitonematóides associados a Zingiberales ornamentais em Pernambuco: estimativa do número de amostras para monitoramento, efeito de indutores de

- resistência e avaliação de mecanismos evoluídos. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. 84 pp.
- Barker, K. R. and C. L. Campbell. 1981. Sampling nematode populations. Pp. 451-474 *in* B.M. Zuckerman and R. A. Rohde, eds. Plant parasitic nematodes. New York, NY: Academic Press.
- Barros, A. C. B., R. M. Moura and E. M. R. Pedrosa. 2006. Estudos sobre aplicações conjuntas de herbicida e nematicidas sistêmicos na eficácia dos nematicidas em cana-de-açúcar. *Fitopatologia Brasileira* 31:254-259.
- Burrough, P. A. 1991. Sampling designs for quantifying map unit composition. Pp. 89-125 *in* M. J. Mausbach and L. P Wilding, eds. Spatial variabilities of soils and landforms. Madison, WI: Science Society of America.
- Campbell, C. L. and J. A Duthie. 1989. Special report: sampling for disease assessment. *Biological and Cultural Tests for Control of Plant Diseases* 4:5-8.
- Campbell, C. L. and L. V. Madden, eds. 1990. Introduction to plant disease epidemiology. John Willey and Sons. 532, New York, NY.
- Davis, F. R. 2005. Plant pathology - extension. University of Georgia.
Online.<http://www.plant.uga.edu/extension/nematode/nemasample.htm>.
- Dias, C. R., D. P. Ezequiel, A. V. Schwan and S. Ferraz. 2000. Efeito da adubação a base de esterco de galinha poedeira sobre a população de *Meloidogyne incognita* no solo. *Nematologia Brasileira* 24:59-63.
- Dinardo-Miranda, L. L. 2006. Manejo de nematóides na cana-de-açúcar. Pp. 3-17 *in* S. V. Segato, ed. Atualização em produção de cana-de-açúcar. Piracicaba, SP: CP 2.
- Dinardo-Miranda, L. L. and J. V. Fracasso 2009. Spatial distribution of plant-parasitic nematodes in sugarcane fields. *Science Agricola* 66:188-194.

- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
- Maranhão, S. R. V. L. 2008. Comunidade, dinâmica populacional e variabilidade espacial de nematóides em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. 126 pp.
- McSorley R. 1987. Extraction of nematodes and sampling methods. Pp 13-47 in R. H. Brown and B. R. Kerry, eds. *Principles and Practice of Nematode Control in Crops*. Marrickville, NSW: Academic Press Australia.
- McSorley, R. and J. L. Parrado. 1983. A bioassay sampling plan for *Meloidogyne incognita*. *Plant Disease* 67:182-184.
- Pedrosa, E. M. R., M. M. Rolim, P. H. S. Albuquerque, A. C. Cunha. 2005. Supressividade de nematóides em cana-de-açúcar por adição de vinhaça ao solo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 9:197-201.
- Tihohod D., L. C. C. B. Ferraz and J. C. Barbosa. 1991. Manejo de fitonematóides do algodoeiro. 1. Comparação entre métodos de amostragem. *Nematologia Brasileira* 15:112-120.

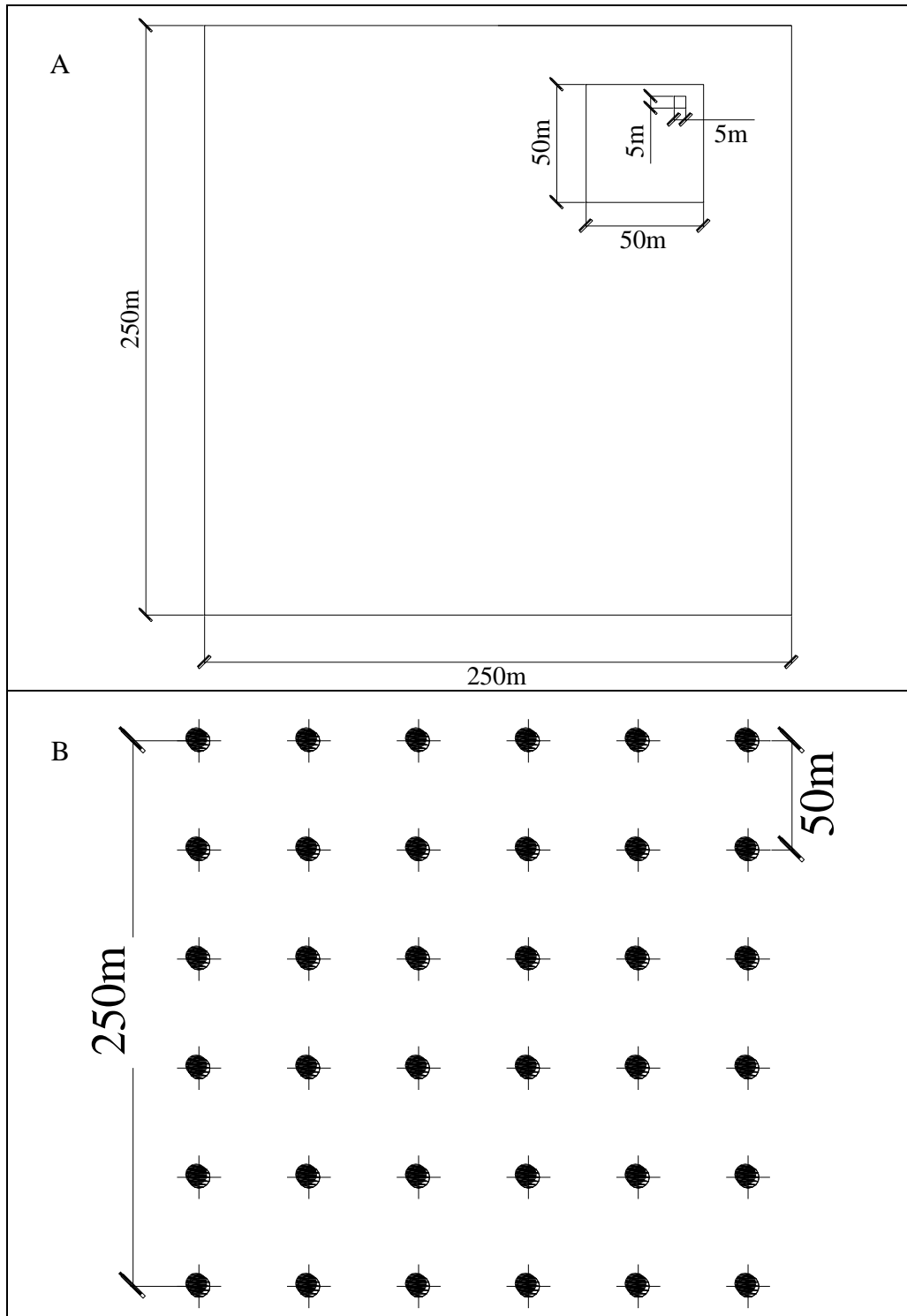


Figura 1. Malha de amostragem quadrangular. A – Área total abrangendo as malhas de 50×50, 10×10, 1×1 m. B – Representação dos pontos de amostragem na malha de 50×50 m.

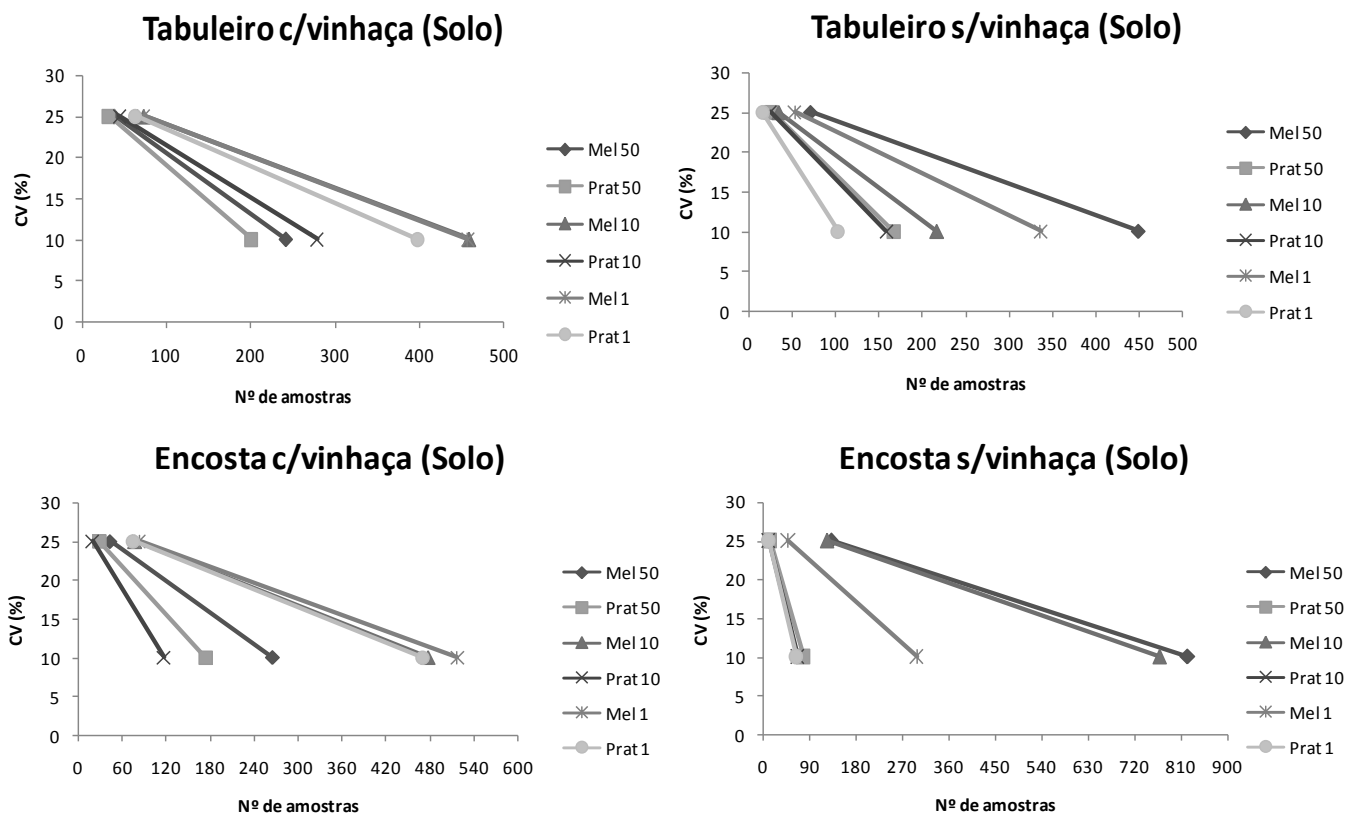


Figura 2. Relação entre o coeficiente de variação e o número de amostras de solo para estimativa da densidade populacional de *Meloidogyne* spp. (Mel) e *Pratylenchus zeae* (Prat) em solo de tabuleiro e encosta irrigados e não irrigados com vinhaça, em três malhas de amostragem (50×50, 10×10 e 1×1 m).

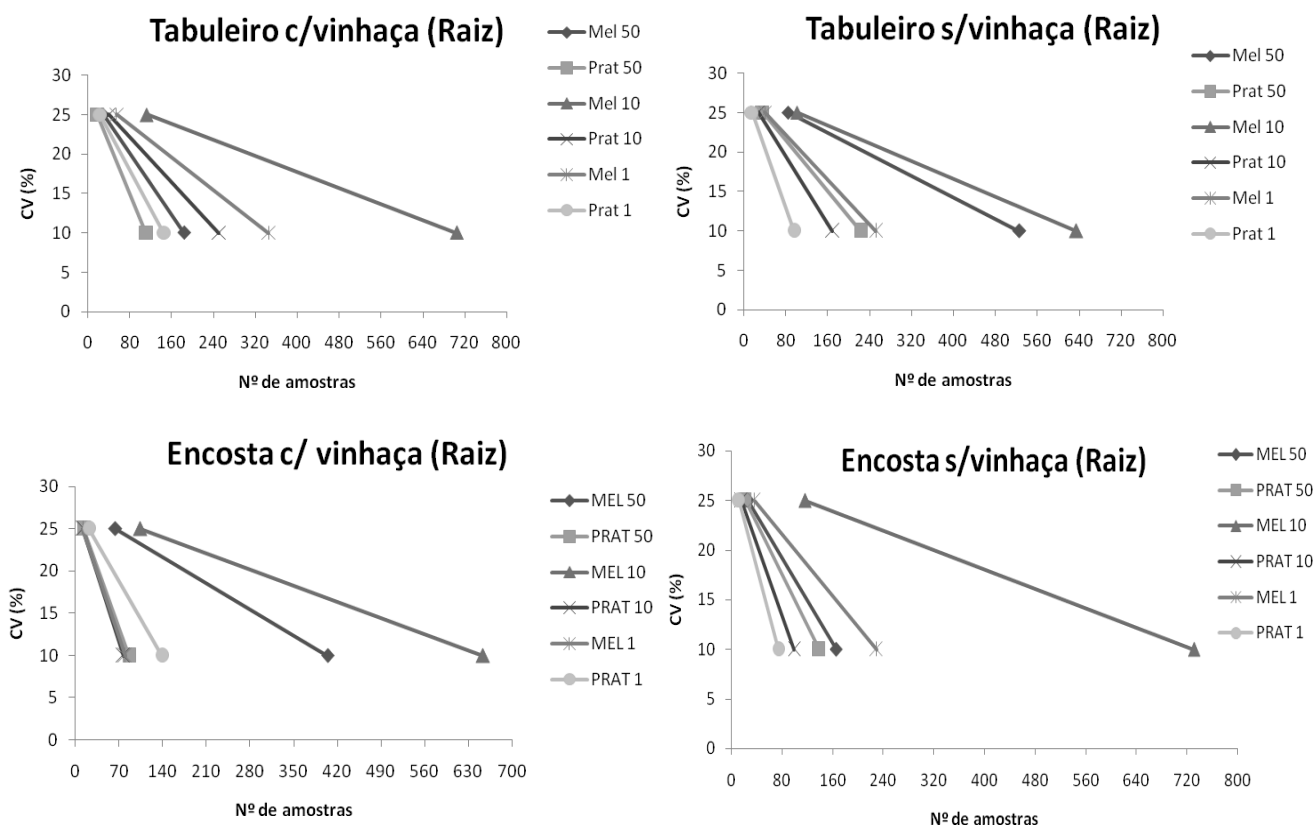


Figura 3. Relação entre o coeficiente de variação e o número de amostras de raiz para estimativa da densidade populacional de *Meloidogyne* spp. (Mel) e *Pratylenchus zeae* (Prat) em solo de tabuleiro e encosta irrigados e não irrigados com vinhaça, em três malhas de amostragem (50×50, 10×10 e 1×1 m).



Capítulo 4

**VARIABILIDADE ESPACIAL DO
NEMATÓIDE DAS GALHAS E DO
NEMATÓIDE DAS LESÕES EM
CULTIVO COMERCIAL DE CANA-DE-
AÇÚCAR**

VARIABILIDADE ESPACIAL DO NEMATÓIDE DAS GALHAS E DO NEMATÓIDE DAS LESÕES EM CULTIVO COMERCIAL DE CANA-DE-AÇÚCAR¹

D. S. S. Matos², E. M. R. Pedrosa^{3*}, A. A. A. Montenegro³, R. V. P. Fontes Júnior⁴ and N. M. R. Barbosa⁵

¹Parte da tese da primeira autora. ²Aluna de Pós-graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Brasil ³Professor, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Brasil. ⁴Aluno de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Brasil. ⁵Aluna de graduação, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Agronomia, Brasil.

*Autor para correspondência: Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Tecnologia Rural, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil, CEP: 52171-900, Phone: 55-81-85151222, Fax: 55-81-33206205, e-mail: elvira.pedrosa@dtr.ufrpe.br

ABSTRACT

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, A. A. A. Montenegro, R. V. P. Fontes Júnior, J. E. de Medeiros and N. M. R. Barbosa. 2010. Spatial variability of root-knot nematode and lesion nematode in commercial sugarcane crop. *Nematropica* 00:00-00.

The objective of the present study was to evaluate the spatial variability of *Meloidogyne* spp. and *Pratylenchus zaei* in commercial sugarcane crop. Experiments were carried out in costal table irrigated with vinasse. Soil samples were collected 25-cm deep in 1×1, 10×10 and 50×50-m square net samplings, with 36 points each, in a total area of 25 m², 2,500 m² and 62,500 m², respectively. It was applied techniques of descriptive statistics and geostatistics for characterize the magnitude of spatial dependence of nematode distribution. According to semivariograms, *Meloidogyne* spp. presented moderate and strong spatial dependence in 1×1 and 50×50-m net, respectively, and *P. zaei* moderate spatial dependence in both nets. The

Gaussian model best fitted *Meloidogyne* spp. in 1×1-m net and *P. zae* in both 1×1 and 50×50-m net. For *Meloidogyne* spp. in 50×50-m net the exponential model fitted the best. In 10×10-m net there was pure nugget effect model for both nematodes. In order to provide data for an adequate disease management in the area, it was drawn krigagen maps of nematodes spatial distribution.

Key words: *Saccharum* spp., semivariogram, nematodes, management.

RESUMO

Matos, D. S. S., E. M. R. Pedrosa, A. A. A. Montenegro, R. V. P. Fontes Júnior, J. E. de Medeiros and N. M. R. Barbosa. 2010. Variabilidade espacial do nematóide das galhas e do nematóide das lesões em cultivo comercial de cana-de-açúcar. *Nematropica* 00:00-00.

O presente trabalho teve como objetivo estudar a variabilidade espacial de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus zae*, em cultivo comercial de cana-de-açúcar. Os experimentos foram conduzidos em área de tabuleiro com aplicação de vinhaça. Amostras de raiz foram coletadas a 25 cm de profundidade em malhas de amostragem quadrangular de 1×1; 10×10 e 50×50 m, compostas por 36 pontos georreferenciados, cada e totalizando áreas de 25 m², 2.500 m² e 62.500 m², respectivamente. Foram utilizadas técnicas estatísticas descritivas e geoestatísticas para identificação dos padrões de variabilidade e dependência da distribuição dos nematóides. Os semivariogramas experimentais apresentaram dependência espacial moderada e forte para *Meloidogyne* spp. na malha de 1×1 m e 50×50 m, respectivamente, e moderada para *P. zae* nas duas malhas. O modelo gaussiano proporcionou melhor ajuste do semivariograma experimental para *Meloidogyne* spp. na malha de 1×1 m e *P. zae* nas malhas de 1×1 e 50×50 m. Para *Meloidogyne* spp. na malha de 50×50 m o modelo exponencial apresentou o melhor ajuste. Foi observado efeito pepita puro para *Meloidogyne* spp. e *P. zae* na malha de 10 m.

Com finalidade de fornecer subsídios para um manejo mais adequado das nematoses na área estudada, foram confeccionados mapas de krigagem da distribuição dos nematóides.

Palavras chave: *Saccharum* spp., semivariograma, nematóides, manejo.

INTRODUÇÃO

Muitas espécies de nematóides são encontradas em associação com a cana-de-açúcar, (híbridos de *Saccharum* spp.), mas, nas condições brasileiras, três são economicamente importantes, em função dos danos que causam à cultura: *Meloidogyne javanica* (Treub) Chitwood, *M. incognita* (Kofoid & White) Chitwood e *Pratylenchus zeae* Graham. O parasitismo desses nematóides à cana-de-açúcar restringe-se às raízes, de onde extraem nutrientes para o crescimento e desenvolvimento e, para isso, injetam toxinas no sistema radicular, resultando em deformações, como as galhas provocadas por *Meloidogyne*, e extensas áreas necrosadas, quando os nematóides presentes são *Pratylenchus* (Dinardo-Miranda, 2006).

De acordo com Wyse-Pester *et al.* (2002), inúmeras técnicas de controle, isoladas ou em sistema integrado, são recomendadas para manejo de áreas infestadas com fitonematóides. No entanto, o sucesso dessas, depende do conhecimento da distribuição espacial do fitonematóide no campo. Essa distribuição tem sido descrita como do tipo agregada, o que implica em dependência espacial de dados, e a estatística convencional é geralmente inadequada para descrevê-los quando estes estão espacialmente correlacionados (Avendaño *et al.*, 2003). Para representar a dependência espacial nas amostragens, utiliza-se a geoestatística, desenvolvida por D. G. Krige, que leva em consideração a distância entre as amostras para encontrar sentido nas variâncias (Farias *et al.*, 2003).

Segundo Silva *et al.* (2000), através da geoestatística há possibilidade de caracterizar e modelar a variabilidade espacial de fitonematóides e outras variáveis do solo relacionadas ao

rendimento das culturas. Outras vantagens da metodologia de análise geoestatística incluem a possibilidade de quantificar a magnitude e o grau de dependência espacial das epidemias, bem como visualizar a evolução espacial no tempo. Além disso, os modelos de semivariogramas obtidos podem ser utilizados em estudos posteriores para prever a probabilidade de ocorrência das epidemias em campos naturalmente infestados e, melhorar as estratégias de amostragem sob diferentes escalas (Alves *et al.*, 2006).

O presente trabalho teve como objetivo caracterizar a variabilidade espacial de *Meloidogyne* spp. e *P. zaeae*, em área de cultivo comercial de cana-de-açúcar, utilizando-se de técnicas estatísticas descritivas e geoestatísticas para identificação dos padrões de variabilidade e dependência espacial das variáveis estudadas, visando ao mapeamento dos fitonematóides e o fornecimento de subsídios para manejo mais adequado da doença.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi selecionada uma área de tabuleiro irrigada com vinhaça (07°37'21.1" de latitude sul e 034°59'49.2" de longitude oeste), cultivada com cana-de-açúcar variedade RB863129 e localizada no município de Goiana, Estado de Pernambuco. Na área foram estabelecidas três malhas de amostragem quadrangular de 1×1 m, 10×10 m, e 50×50 m, totalizando áreas de 25 m², 2.500 m² e 62.500 m², respectivamente, de forma que a malha menor fosse aleatoriamente inserida na malha maior (Figura 1). Cada malha foi composta por 36 pontos, georreferenciados com GPS, e as amostras coletadas a 25 cm de profundidade. No total, foram coletadas e processadas 108 amostras de raiz com 10 g cada. O processamento das amostras seguiu o método de Jenkins (1964) e da maceração rápida em liquidificador. As suspensões de nematóides obtidas foram mantidas sob refrigeração (4-6°C), realizando-se a identificação e contagem dos espécimes com auxílio de lâminas de Peters sob microscópio óptico, utilizando-se a média de três leituras.

Foi realizada, inicialmente, uma análise descritiva com o objetivo de observar o comportamento geral dos dados (presença de valores atípicos, tendência central, entre outros) e aderência à distribuição normal. Os dados discrepantes foram eliminados com base no critério de Hoaglin *et al.* (1983) que consideram discrepantes aqueles dados abaixo do limite inferior (Li) ou acima do limite superior (Ls) estimados por: $Li = Qi - 1,5 Ai$ e $Ls = Qs + 1,5 Ai$, sendo Qi e Qs os quartis inferior e superior, respectivamente, e Ai a amplitude interquartilica. Foi utilizado o programa GEO-EAS (Geostatistical Environmental Assessment Software) para estudo da estrutura de dependência espacial, através de semivariogramas construídos com base nas semivariâncias estimadas por:

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

em que γ^* é o valor da semivariância estimada a partir dos dados experimentais; $N(h)$ é o número de pares de observações $Z(x_i)$ e $Z(x_i + h)$ separadas por uma distância h (Journel, 1983).

Os parâmetros do semivariograma teórico definidos como: alcance (a), patamar (C_i) e efeito pepita (C_0) foram ajustados de modo a minimizar os erros quadráticos médios, considerando os modelos matemáticos: exponencial e gaussiano. Para a análise do grau de dependência espacial das variáveis foi utilizada a classificação de Cambardella *et al.* (1994), considerando-se de forte dependência espacial os semivariogramas que têm efeito pepita 25% do patamar, moderada quando entre 25 e 75% e de fraca quando $> 75\%$.

Para validação do semivariograma ajustado, foi empregada a técnica do “jack-knifing” (Vauclin *et al.*, 1983), em que cada um dos valores medidos é interpolado pelo método da krigagem universal eliminando-se, sucessivamente, os valores medidos, os quais são substituídos pelas estimativas calculando-se, em seguida, a distribuição dos erros

padronizados, a qual deve apresentar média zero e desvio-padrão unitário. Para fins de caracterização das fitonematoses nas áreas estudadas foram confeccionados mapas de krigagem utilizando o programa Surfer Software.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Por meio dos ajustes dos semivariogramas experimentais (Figura 2) e tendo em vista os valores obtidos de C_0 e $C_0 + C_i$, foi possível avaliar a dependência espacial moderada para *Meloidogyne* spp. e *P. zae* na malha de 1×1 m, e para *P. zae* na malha de 50×50 m. Resultado semelhante foi obtido por Dinardo-Miranda e Fracasso (2009), ao estudar a distribuição espacial de *P. zae*, *P. brachyurus* (Godfrey) Filipjev & Schuurmans. Stekhoven e *M. javanica* em cana-de-açúcar, que observaram dependência espacial moderada para os referidos nematóides. Na malha de 50×50 m, constatou-se dependência espacial forte para *Meloidogyne* spp., conforme classificação proposta por Cambardella *et al.* (1994).

Nas malhas de 1×1 m para *Meloidogyne* spp. e *P. zae* e na malha de 50×50 m para *P. zae* o modelo Gaussiano proporcionou um melhor ajuste do semivariograma experimental, ao passo que na malha de 50×50 m o modelo que melhor se ajustou para *Meloidogyne* spp. foi o exponencial (Tabela 1). Foi observado efeito pepita puro para *Meloidogyne* spp. e *P. zae* na malha de 10×10 m, resultado também obtido por Dinardo-Miranda e Fracasso (2009) para *M. javanica* e *P. zae* em algumas áreas cultivadas com cana-de-açúcar por eles estudadas. Segundo Dinardo-Miranda *et al.* (2007) e Dinardo-Miranda e Fracasso (2009), esse efeito pode estar relacionado com o grande número de variedades de cana-de-açúcar, cultivadas nos mais diversos ambientes de produção, bem como o plano de amostragem utilizado.

O valor do alcance encontrado na malhas de 1×1 m foi 3,7 para *Meloidogyne* spp. e 3,785 para *P. zae*. Torres *et al.* (2006), ao trabalhar com *Rotylenchulus reniformis* Linford & Oliveira em meloeiro (*Cucumis melo* L.) encontraram alcance variando entre 2,69 e 3,24 m

em áreas com e sem sintomas da doença respectivamente. Na malha de 50×50 m o alcance foi de 137 e 135 para *Meloidogyne* spp. e *P. zaeae*, respectivamente. Valores muito distintos aos encontrados por Maranhão (2008), que ao estudar a distribuição espacial de *Pratylenchus* sp. também em cana-de-açúcar obteve alcances com valores entre 2,5 e 15,27. Caswell e Chellemi (1986) encontraram alcance de 10×10 m ao estudar a distribuição espacial de *R. reniformis* em abacaxizeiro (*Ananas comosus* L. Merrill) e Farias *et al.* (2002) encontraram alcance de 15 m para a mesma espécie na cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.). Rossi *et al.* (1996) justificam essa diferença ao afirmar que o padrão de distribuição espacial de espécies de fitonematóides é fortemente afetado pelo espaçamento das plantas hospedeiras, arquitetura do sistema radicular e fisiologia da planta.

Uma vez de posse dos semivariogramas, tornou-se possível a geração de mapas (Figura 3), podendo simular níveis de infestação desses patógenos, ou futuros danos esperados na cultura, principalmente em locais não amostrados. De acordo com Silva *et al.* (2000), os principais danos às culturas causados pelos nematóides iniciam-se de forma localizada, nas manchas e reboleiras, ensejando a possibilidade da abordagem dos problemas nematológicos segundo a agricultura de precisão, fornecendo subsídios para o manejo integrado de fitonematóides. Os mapas apontam as porções da área que devem receber tratamento localizado, possibilitando redução de custos de manejo integrado destes patógenos.

LITERATURA CITADA

Alves, M. C., E. A. Pozza, J. C. Machado, D. V. Araújo, V. Talamini and M. S. Oliveira. 2006.

Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. Fitopatologia Brasileira 31:557-563.

- Avendaño, F., O. Schabenberger, F. J. Pierce and H. Melakeberhan. 2003. Geostatistical analysis of field spatial distribution patterns of soybean cyst nematode. *Journal of Agronomy* 95:936-948.
- Cambardella, C. A., T. B. Moorman, J. M. Novak, T. B. Parkin, D. L. Kkarlem, R. F. Turco and A. A. Konopa. 1994. Field scale variability of soil properties in central Iowa soil. *Soil Science Society America Journal* 58:1501-1511.
- Caswell, E. P. and D. A. Chellemi. 1986. A geoestatistical anlyses of spatial pattern of *Rotylenchulus reniformis* in a Hawaiian pineapple field. *Journal of Nematology* 18:603.
- Dinardo-Miranda, L. L. 2006. Manejo de nematóides na cana-de-açúcar. Pp. 3-17 in S. V. Segato, ed. *Atualização em produção de cana-de-açúcar*. Piracicaba, SP: CP 2.
- Dinardo-Miranda, L. L., A. C. M. Vasconcelos, S. R. Vieira, J. V. Fracasso and C. R. Grego. 2007. Uso da geoestatística na avaliação da distribuição especial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar. *Bragantia* 66:449-455.
- Dinardo-Miranda, L. L. and J. V. Fracasso. 2009. Spatial distribution of plant-parasitic nematodes in sugarcane fields. *Science Agricola* 66:188-194.
- Farias, P. R. S., L. A. S. Nociti, J. C. Barbosa, D. Perecin. 2003. Agricultura de precisão: mapeamento da produtividade em pomares cítricos usando geoestatística. *Revista Brasileira de Fruticultura* 25:235-241.
- Farias, P. R. S.; Sanchez-Vila, X.; Barbosa, J. C.; Vieira, S. R.; Ferraz, L. C. C. B. ; Solis-delfin, J. 2002. Using geostatistical analysis to evaluate the presence of *Rotylenchulus reniformis* in cotton crops in Brazil: economic implications. *Journal of Nematology* 34:232-238.
- Hoaglin, D. C., F. Mosteller and J. W. Tykey. 1983. *Análisis exploratória de datos: técnicas robustas, um guia*. Salamandra. 446, Lisboa.

- Jenkins, W.R. 1964. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter* 48:692.
- Journel, A. G. 1983. Nonparametric estimation of spatial distributions. *Mathematical Geology* 15:445-468.
- Maranhão, S. R. V. L. 2008. Comunidade, dinâmica populacional e variabilidade espacial de nematóides em áreas de cultivo de cana-de-açúcar sob diferentes condições edafoclimáticas. Tese de Doutorado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Brasil. 126 pp.
- Rossi, J. P.; Delaville, L.; Quénéhervé, P. 1996. Microspatial structure of a plant-parasitic nematode community in a sugarcane field in Martinique. *Applied Soil Ecology* 3:17-26.
- Silva, E. A., A. Garcia, J. F. G. Monico and J. F. V. Silva. 2000. Agricultura de precisão e o potencial de tecnologias inovadoras no manejo integrado de fitonematóides. *Anais do Congresso Brasileiro de Nematologia* 22: 19-27.
- Torres, G. R. C., E. M. R. Pedrosa; A. A. A. Montenegro, S. J. Michereff and R. M. Moura. 2006. Aspectos ecológicos de comunidade de nematóides associada a cultivo de *Cucumis melo* no Rio Grande do Norte. *Nematologia Brasileira* 30:1-9.
- Vauclin, M., S. R. Vieira, G. Vachaud and D. R. Nielsen. 1983. The use of cokriging with limited field soil observations. *Soil Science Society of America Journal* 47:175-184.
- Wyse-Pester, D. Y., L. J. Wiles and P. Westra. 2002. The potential for mapping nematode distributions for site-specific management. *Journal of Nematology* 34:80-87.

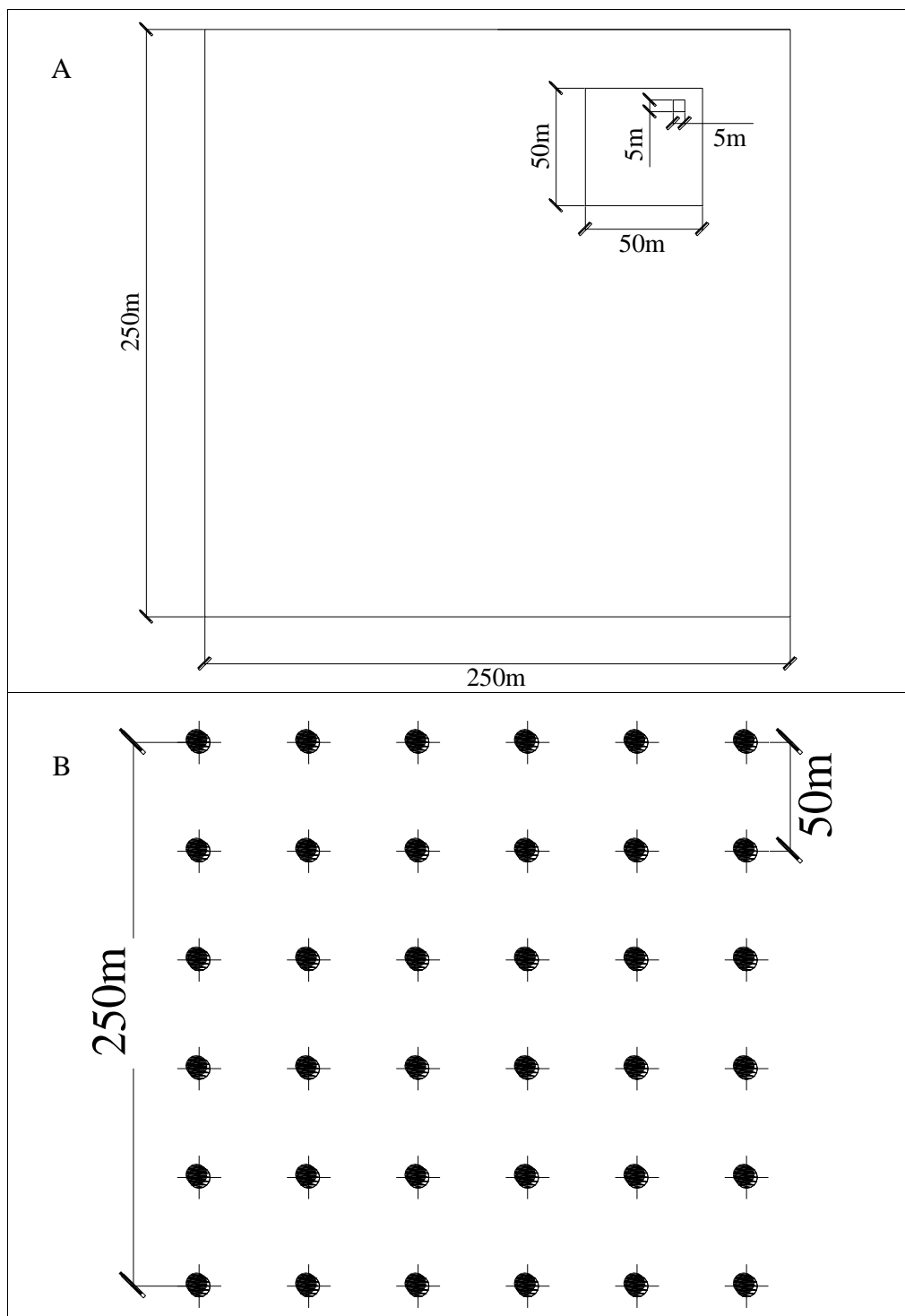


Figura 1. Malha de amostragem quadrangular. A – Área total abrangendo as malhas de 50×50 , 10×10 , 1×1 m. B – Representação dos pontos de amostragem na malha de 50×50 m.

Tabela 1. Média, desvio padrão, parâmetros de semivariograma, modelos e tipo de dependência espacial de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus zaeae* em tabuleiro irrigado com vinhaça cultivado com cana-de-açúcar, no município de Goiana - PE

Nematóide	Malha	Média±DP	Parâmetros dos semivariogramas			Modelo	C ₀ / C ₀ +C _i *100 ^y	Tipo de dependência
			C ₀ ^x	C _i	A (m)			
Mel ^w	1	253,9444±472,1638	90000	110000	3,7	Gaus	45	Moderada
Prat	1	213,1944±256,4820	19563	42563	3,785	Gaus	31,49	Moderada
Mel	10	254,5833±676,1292	EPP ^z	370100	38,32	Expo	0	-
Prat	10	382,5833±604,4575	EPP	280500	32	Expo	0	-
Mel	50	641,5556±871,3151	100000	570000	137	Expo	14,92	Forte
Prat	50	756,3056±799,4065	200000	430000	135	Gaus	31,75	Moderada

^wMel = *Meloidogyne*, Prat = *Pratylenchus*, Média±DP = Número médio e desvio padrão de nematóides por 10 g de raiz,

^xC₀ = efeito pepita, ^yC_i = patamar, a (m) = alcance em metros, Gaus = modelo Gaussiano, Expo = modelo Exponencial,

^y C₀/ C₀ +C_i*100 = percentual do efeito pepita em relação a soma entre o efeito e o patamar,

^zEPP = efeito pepita puro.

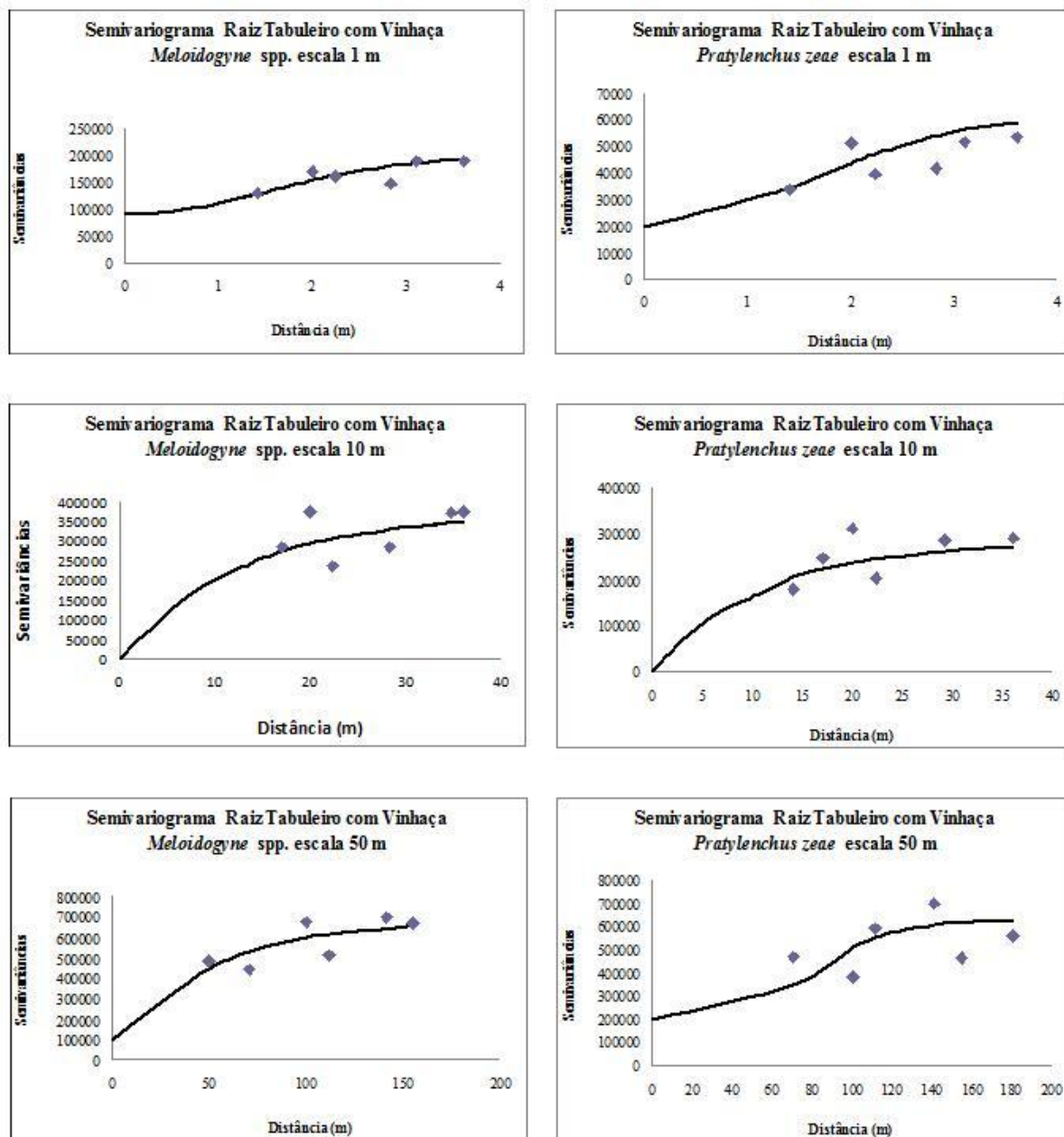


Figura 2. Semivariogramas experimentais e modelos ajustados para as populações de *Meloidogyne* spp. e *Pratylenchus zeae* nas três malhas analisadas da área de tabuleiro irrigado com vinhaça.

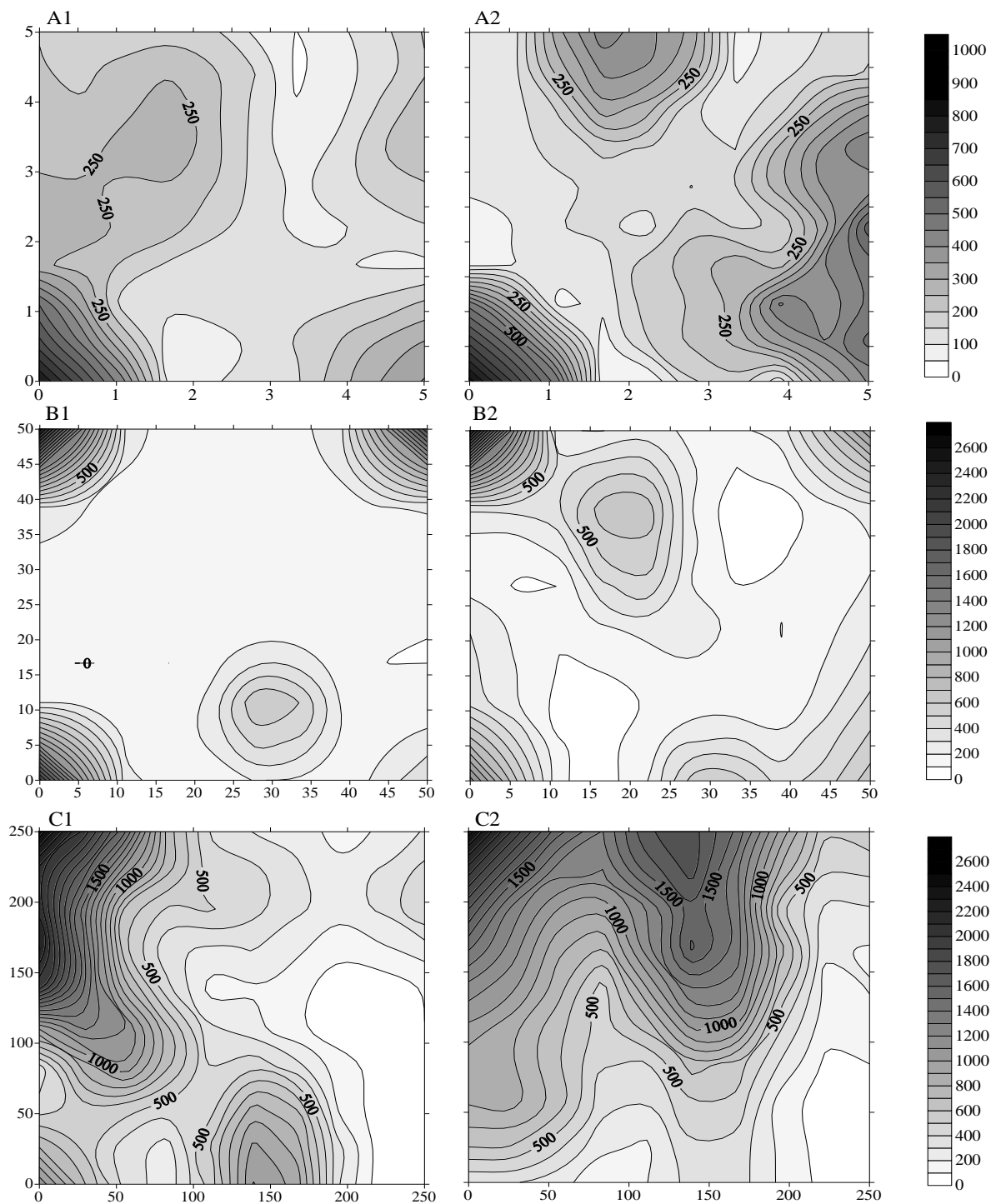


Figura 3. Mapas de krigagem. A1- *Meloidogyne* spp. na malha de 1×1 m; A2- *Pratylenchus zae* na malha de 1×1 m; B1- *Meloidogyne* spp. na malha de 10×10 m; B2- *P. zae* na malha de 10×10 m; C1- *Meloidogyne* spp. na malha de 50×50 m; C2- *P. zae* na malha de 50×50 m.



CONSIDERAÇÕES FINAIS

CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com os resultados obtidos no presente estudo pode-se concluir que:

- A via principal de decomposição do ecossistema no tabuleiro irrigado e não irrigado com vinhaça está fundamentada na ação de bactérias no solo;
- O cultivo sucessivo de cana-de-açúcar em tabuleiro afetou o equilíbrio do ecossistema restringindo sensivelmente a presença de nematóides predadores;
- O fósforo interfere negativamente sobre a densidade populacional dos nematóides;
- Nas áreas de encosta, o potássio foi o nutriente que menos se correlacionou com os taxa encontrados;
- A dinâmica populacional dos nematóides é dependente das características químicas do solo;
- A irrigação com vinhaça afeta a dinâmica populacional da nematofauna e reduz a densidade populacional de nematóides endoparasitos no solo;
- Dez amostras de solo e 12 amostras de raiz por área foram indicadas para monitoramento de *Pratylenchus zae* nas malhas de 1×1 e 10×10 m em área de tabuleiro e de encosta cultivada com cana-de-açúcar;

- Trinta e quatro amostras de solo na malha de 10×10 m e 13 amostras de raiz na malha de 1×1 m são indicadas para monitoramento de *Meloidogyne* spp. em área de tabuleiro e de encosta cultivada com cana-de-açúcar;
- A dependência espacial de *P. zaeae* é moderada enquanto a dependência espacial de *Meloidogyne* spp. varia de moderada a forte em função da malha de amostragem;
- A geoestatística foi eficiente para indicar variabilidade e mapear áreas infestadas com nematóide, mostrando ser ferramenta útil no controle de fitonematóides.