

MÉRCIA DE OLIVEIRA CARDOSO

**RELAÇÕES ENTRE A NEMATOFUNA E O GRAU DE
COMPACTAÇÃO DO SOLO EM ÁREA CULTIVADA
COM CANA-DE-AÇÚCAR E EM REMANESCENTE DE
FLORESTA ATLÂNTICA**

**Recife – PE
Julho de 2010**

MÉRCIA DE OLIVEIRA CARDOSO

Relações entre a Nematofauna e o Grau de Compactação do Solo em Área Cultivada com Cana-de-Açúcar e em Remanescente de Floresta Atlântica

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola na Área de Concentração em Engenharia de Água e Solo, da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), como requisito para obtenção do título de Mestre em Engenharia Agrícola.

COMITÊ DE ORIENTAÇÃO:

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

Prof^o. Dr. Mário Monteiro Rolim – co-orientador

Prof^o. Dr. Ênio Farias de França e Silva – co-orientador

Recife – PE
Julho de 2010

Ficha catalográfica

C268r Cardoso, Mércia de Oliveira
Relações entre a nematofauna e o grau de compactação
do solo em área cultivada com cana-de-açúcar e em
remanescente de Floresta Atlântica / Mércia de Oliveira
Cardoso. -- 2010.
68 f. : il.

Orientadora: Elvira Maria Régis Pedrosa.
Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) –
Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento
de Tecnologia Rural, Recife, 2010.
Inclui Referências e anexo.

CDD 631.4

1. Qualidade do solo
2. Monocultivo
3. Nematoda
4. Vegetação nativa
5. Solos – Degradação física
6. Compactação
7. Bioindicadores
8. Resistência Mecânica do Solo à Penetração
 - I. Pedrosa, Elvira Maria Régis, orientadora
 - II. Título

**RELAÇÕES ENTRE A NEMATOFUNA E O GRAU DE COMPACTAÇÃO DO
SOLO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR E EM
REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA**

Mércia de Oliveira Cardoso

Dissertação defendida e aprovada pela Banca Examinadora em: 20/07/2010

ORIENTADORA:

Prof. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa

EXAMINADORES:

Prof. Dr. Ênio Farias França e Silva

Prof. Dr. Rinaldo Luiz Caraciolo Ferreira

Dr^a Sandra Roberta Vaz Lira Maranhão

Recife - PE
Julho de 2010

DEDICO

*Ao meu amado paiinho Cardoso (in memoriam)
por ser meu eterno exemplo de luta e perseverança.*

*“Bom é o Senhor para aqueles
que esperam por ele, para
a alma que o busca”
Lm 3.25*

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus por renovar a minha fé todos os dias;

À Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), através do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, pela oportunidade de cursar o Mestrado;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes/Reuni), pela concessão da bolsa de estudos e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo fomento do presente trabalho;

A Prof^a. Dr^a. Elvira Maria Régis Pedrosa pela real e presente orientação, bem como pela paciência, amizade, conselho e compreensão, a minha sincera admiração;

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, em especial ao Prof^o. Dr. Mário Monteiro Rolim e ao Prof^o. Dr. Ênio Farias de França e Silva, pelos conselhos e apoio no desenvolvimento deste trabalho;

À Usina Santa Teresa, representada pelo Sr. José Carlos, que colaborou na escolha das áreas experimentais e na coleta das amostras;

À minha família pelo incentivo e apoio, especialmente a minha amada irmã Lílian e ao meu querido tio Pedro;

À Lamartine, Leda, Luana e Lamarck pelo amor, carinho e cuidado;

À Nêssa pelo amor, palavras sinceras nos momentos difíceis e pela harmoniosa convivência;

Aos amigos de todas as horas, alguns geograficamente distantes outros nem tanto. Especialmente à Lana, Graci, Paulinha, Kaly, Carmem, Carol, Laise e Joana pela amizade e dedicação;

A todos os amigos que conquistei na Pós-graduação, em especial a Thiciano Leão, Lúcio Veimrober, Matheus Quintela, Cícero Costa, Patrícia Barros e Thaís Fernanda pelo incentivo e colaboração durante o período de estudos;

A todos do Laboratório de Fitonematologia, especialmente a Diego, Ana Karina, Lílian, Natália, Elenilson, Dafanni, Larissa, Nelson, Daniela e Anailda pelo apoio, carinho e dedicação com a qual me auxiliaram nesta pesquisa;

Ao Secretário do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Eduardo Chaves, pelo auxílio nos procedimentos relativos aos assuntos institucionais;

Enfim, agradeço a todos que de alguma forma são responsáveis pela concretização desse momento. **MUITO OBRIGADA!**

SUMÁRIO

	Pág.
LISTA DE TABELAS	vii
LISTA DE FIGURAS	viii
LISTA DE ANEXO	ix
RESUMO	x
ABSTRACT	xii
CAPÍTULO I – Revisão de Literatura	13
Cana-de-açúcar.....	14
Floresta Atlântica.....	15
Compactação do Solo.....	16
Os Nematóides como Bioindicadores da Qualidade do Solo.....	19
Compactação do Solo e a Nematofauna.....	22
Comparativo entre a Nematofauna de Ecossistemas Naturais e Cultivados.....	23
Referências.....	25
CAPÍTULO II – Relações entre a nematofauna e a resistência mecânica do solo à penetração em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de Floresta Atlântica	34
Resumo.....	35
Abstract.....	37
Introdução.....	38
Material e Métodos.....	39
Resultados e Discussão.....	42
Conclusões.....	54
Referências.....	55
ANEXOS	64

LISTA DE TABELAS

	Pág.
Tabela 1. Abundância, média e dominância da nematofauna associada à área de cultivo de cana-de-açúcar e à área de Floresta Atlântica na Zona da Mata Norte de Pernambuco.....	43
Tabela 2. Coeficientes de correlação significativa entre as propriedades físicas do solo e as distribuições dos taxa que compõem a nematofauna associada à área de cultivo de cana-de-açúcar e à área de Floresta Atlântica.....	47
Tabela 3. Coeficientes de correlação significativa entre as distribuições dos taxa que compõem a nematofauna associada à área de cultivo de cana-de-açúcar.....	50
Tabela 4. Coeficientes de correlação significativa entre as distribuições dos taxa que compõem a nematofauna associada à área de Floresta Atlântica.....	51
Tabela 5. Coeficientes de correlação significativa entre as propriedades físicas do solo na área de cultivo de cana-de-açúcar e no remanescente de Floresta Atlântica.....	52

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) avaliada em diferentes profundidades em dois ambientes distintos: cultivo convencional de cana-de-açúcar e remanescente de Floresta Atlântica na Zona da Mata Norte de Pernambuco.....	53

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo 1. Vista aérea da Usina Santa Teresa, Goiana, PE.....	65
Anexo 2. Vista parcial da área de cultivo de cana de açúcar, lote 168, Engenho Bujari, Usina Santa Teresa, Goiana, PE.....	65
Anexo 3. Vista parcial do fragmento de Floresta Atlântica, na Usina Santa Teresa, Goiana, PE.....	66
Anexo 4. Marcação dos transectos na área de cana (a) e de floresta (b), na Usina Santa Teresa, Goiana, PE.....	66
Anexo 5. Aferição da resistência mecânica do solo à penetração com penetrógrafo digital em área de cana (A) e floresta (B).....	67
Anexo 6. Amostragem de solo para análises físicas com trado de amostra indeformada (A) e retirada da amostra de solo do anel cilíndrico (B).....	67
Anexo 7. Coleta de solo em diferentes profundidades para análises nematológicas.....	68
Anexo 8. Georeferenciamento dos pontos de amostragem.....	68

RESUMO

Os bioindicadores indicam o estado ambiental de determinado ecossistema, podendo ser utilizados para monitoramento da qualidade do solo. Por sua abundância, especificidade alimentar, curto ciclo reprodutivo, morfologia e resposta rápida a mudanças ambientais e ações de manejo do solo, os nematóides podem vir a ser um excelente bioindicador e a análise da estrutura da sua comunidade poderá complementar as análises de solo convencionais. Apesar disso, no Brasil, ainda são poucos os estudos relacionados à caracterização da estrutura da comunidade de nematóides existente em solos cultivados e de vegetação nativa. O presente estudo foi conduzido com o objetivo de analisar a diversidade de nematóides em área cultivada com cana-de-açúcar e em área remanescente de Floresta Atlântica situadas na Zona da Mata de Pernambuco e, paralelamente, avaliar o efeito da compactação do solo na estrutura da comunidade de nematóides, por meio da determinação da resistência mecânica do solo à penetração. As coletas foram realizadas na Usina Santa Tereza, situada no Município de Goiana, Pernambuco. As amostras foram coletadas entre os meses de setembro e novembro de 2009, ao longo de dois transectos cruzados de 200 m cada: dentro do fragmento florestal e dentro do cultivo de cana-de-açúcar nas camadas entre as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Para a caracterização física do solo foram realizadas análises granulométricas, umidade, porosidade total, densidade do solo e densidade de partícula. Os níveis de compactação do solo foram determinados através da resistência mecânica do solo à penetração utilizando-se penetrógrafo digital. Os nematóides foram extraídos de alíquotas de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose e, em seguida, quantificados, classificados quanto ao hábito alimentar e identificados ao nível de gênero ou família. Por meio dos dados gerados pelas análises físicas e nematológicas foram efetuados cálculos de coeficientes de correlação de Pearson. Os gêneros que prevaleceram na área cultivada com cana-de-açúcar foram *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp., enquanto que na área de floresta prevaleceram as famílias Dorylaimidae e Rhabditidae. O número total de nematóides não diferiu entre os ambientes, porém na estrutura trófica das comunidades em área de floresta prevaleceram os nematóides de vida livre: onívoros seguidos dos bacteriófagos, enquanto que na área de cana-de-açúcar prevaleceram os parasitos de plantas. A diversidade de nematóides foi maior na área remanescente de Floresta Atlântica.

Entretanto, a resistência mecânica do solo à penetração foi maior em área cultivada com cana-de-açúcar, afetando mais diretamente as comunidades de nematóides de vida livre, especialmente os Dorylaimidae, os quais se mostraram mais sensíveis às alterações das propriedades físicas do solo.

Palavras-chaves: qualidade do solo, monocultivo, vegetação nativa, degradação física do solo, nematóides, biodiversidade.

ABSTRACT

Bioindicators indicate environmental state in an agroecosystem and can be used in monitoring soil quality. Due to abundance, feed specificity, short reproductive cycle, morphology and fast response to environmental and soil manage changes, nematodes presents high potential as bioindicator of soil quality and their community structure analysis could complement ordinary soil analysis. Despite of this, there are few studies of nematode community structure in cultivated soils and native vegetation. The present study was conducted to characterize nematode diversity in sugarcane cropping area and Atlantic Forest remaining in the North Forest Zone of Pernambuco and evaluate relations between nematode community and physical soil properties through soil resistance to penetration. Samples were collected from September to November 2009 along two 200-m transects in both remaining of Atlantic Forest and sugarcane field at deeps of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. For soil characterization it was carried out analysis of soil size, humidity, porosity, soil density and particle density. The level of soil penetration resistance was evaluated through digital penetrometer. Nematodes were extracted per 300 cm³ of soil through centrifugal flotation in sucrose being quantified, classified according trophic habit and identified in level of genus or family. Data were analyzed using Pearson correlation at 5% of probability. The prevalent genus on sugarcane field was *Pratylenchus* sp. and *Helicotylenchus* sp., but in forest there was prevalence of Dorylaimidae and Rhabditidae. Total amount of nematode did not differ between environments; however, community trophic structure in forest presented prevalence of free-living nematodes: omnivorus followed by bacterial-feeding, while plant-feeding nematodes were prevalent in sugarcane field. The nematode diversity was higher in the remaining of Atlantic Forest. However, the soil mechanical resistance to penetration was higher in sugarcane culture, affecting more directly the free-living nematodes; especially Dorylaimidae which was the most sensible to the changes in soil physical properties.

Keywords: soil quality, monoculture, native vegetation, soil physical degradation, nematode, biodiversity

Revisão de Literatura

CAPÍTULO I

Cana-de-Açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea perene, geralmente cultivada em áreas tropicais ou subtropicais, sendo originária do Sudeste Asiático. Pertence à classe Liliopsida, sub-classe Commelinidae, ordem Cyperales, família Poaceae, tribo Andropogoneae e sub-tribo Saccharinineae (CASTRO; KLUGE, 2001).

O Brasil é considerado atualmente o maior produtor mundial de cana-de-açúcar. Em Pernambuco, para a safra 2010/2011, foram cultivados 334,2 mil hectares, nos quais se estima obter uma produção de 18.802,1 mil toneladas de cana-de-açúcar para todos os usos. E a produtividade de 56.250 kg ha⁻¹, a qual se estima que seja utilizada como matéria-prima na produção de, aproximadamente, 1.690 mil toneladas de açúcar e mais de 365 mil litros de álcool (CONAB, 2010).

A cana-de-açúcar vem sendo cultivada no Brasil desde a época da colonização. Atualmente, assume grande importância econômica, social e ambiental, pelas grandes áreas plantadas, por gerar matéria prima como base para as agroindústrias do açúcar e álcool, além de representar para o nosso país uma fonte de grande geração de empregos e renda no meio rural. Sua agroindústria gera cerca de um milhão de empregos diretos na área rural e outro 300 mil diretos e indiretos na área industrial, proporcionando desta forma, grande contribuição social para o Brasil (SINDAÇÚCAR, 2003).

A partir do final da década de 1950 e início da de 1960, para melhorar a produtividade, todas as fases do processo produtivo da cana-de-açúcar passaram por um processo de modernização com a mecanização, utilização de defensivos agrícolas e introdução de novas variedades. Este processo foi bastante heterogêneo entre as regiões, sendo que atualmente ainda existem usinas que cultivam a cana com tecnologia baseada em mão-de-obra e outras com mecanização intensiva (VIAN et al., 2007).

Com isso, as práticas de manejo intensivas na cultura da cana-de-açúcar se iniciam no plantio e vão até o final do corte. Desse modo, inúmeras operações de preparo do solo, colheita e transporte da matéria prima são conduzidas diversas vezes em uma mesma área. Esse intenso tráfego de máquinas agrícolas provoca modificações na estrutura física do solo (LANZANOVA et al., 2007).

Diante disso, a compactação do solo é considerada um dos fatores limitantes para o aumento da produtividade da cana-de-açúcar, por caracterizar-se pela redução da macroporosidade, reduzindo a quantidade de água disponível no solo

(ALBUQUERQUE; REINERT, 2001; VITTI; MAZZA, 2002). Além da redução da água disponível, via redução da macroporosidade, a compactação aumenta a resistência mecânica do solo ao desenvolvimento do sistema radicular da cana-de-açúcar, acarretando duplo efeito negativo na absorção de água e nutrientes.

Sendo assim, um preparo inadequado do solo pode ocasionar decréscimos na produção que serão extensivos a todo o ciclo da cana-de-açúcar, já que, a produção das soqueiras está relacionada à produção do corte anterior (CAMARGO; ALLEONI 1997).

Floresta Atlântica

Sob o ponto de vista da legislação brasileira (Lei Federal nº 11.428/2006), a Floresta Atlântica é composta por formações florestais bem distintas, incluindo a Floresta Ombrófila Densa, Floresta Ombrófila Mista (Mata de Araucárias), Floresta Ombrófila Aberta, Floresta Estacional Semidecidual e Floresta Estacional Decidual, bem como os manguezais, restingas, campos de altitude, brejos interioranos e encraves florestais do Nordeste.

Desde o início da colonização do Brasil, a Floresta Atlântica vem sendo desmatada, restando apenas poucas áreas preservadas (YOUNG, 2003). Já foi a segunda maior floresta tropical em ocorrência e importância na América do Sul. Cobria toda a linha do litoral brasileiro do Rio Grande do Sul ao Rio Grande do Norte.

Atualmente, é uma das florestas tropicais mais ameaçadas do mundo, restam apenas 11,73% de toda a extensão territorial brasileira (RIBEIRO et al., 2009). E o que restou encontra-se em um estado de intensa fragmentação, em estágio de sucessão secundária, bem como alterados e empobrecidos quanto a sua composição (SOUZA et al., 2002). Sendo considerada por MYERS et al., (2000) o quarto *hot spot* mais importante em termos de endemismo de plantas e invertebrados. Porém, apesar de reduzida a poucos fragmentos, na sua maioria descontínuos, a biodiversidade de seu ecossistema é uma das maiores do planeta.

Com isso, em Pernambuco, a perda de áreas florestadas está intrinsecamente relacionada com as formas de uso da terra e com o modo de produção estabelecido nas áreas convertidas. Como espécie exótica introduzida, a cana-de-açúcar juntamente com os processos desordenados de urbanização exerceram pressão sobre a Floresta Atlântica, acarretando um severo desmatamento nas áreas férteis do litoral nordestino, uma vez

que as florestas eram abertas para o cultivo e a produção de lenha a ser usada como combustível nos engenhos de açúcar (YOUNG, 2003).

No Nordeste Brasileiro, Pernambuco é um dos estados que detém os menores fragmentos desse bioma. Ao todo são 25 reservas de proteção integral e seis de uso sustentável, que representam menos de 2% da área original (SILVA; TABARELLI, 2000). Esses fragmentos relativamente conservados encontram-se em propriedades particulares, sobretudo em áreas pertencentes a usinas de cana-de-açúcar (TABARELLI; RODAL, 2005).

Considerando-se os estádios avançados de degradação desse bioma, as informações sobre a biodiversidade permanecem incipientes e limitadas, principalmente quando se trata da nematofauna. Estudos sobre a diversidade de nematóides, tanto em áreas cultivadas como naquelas cobertas por vegetação nativa se justifica, em termos econômicos, pelos seus possíveis efeitos sobre a vegetação, uma vez que são organismos originários das áreas naturais que se adaptaram as áreas cultivadas.

Compactação do Solo

O solo é um sistema complexo em que seus diversos componentes encontram-se interligados e em constante transformação. Sendo que seu uso e manejo alteram suas condições físicas, químicas e biológicas (VALPASSOS et al., 2001).

Em decorrência do aumento das atividades agrícolas, o solo tem sofrido mudanças, muitas vezes irreversíveis, devido ao seu uso intensivo. As principais alterações ocasionadas são: compactação do solo, perda de matéria orgânica e erosão do solo, fatores os quais, acabam refletindo negativamente nas atividades microbianas que são imprescindíveis para um bom desenvolvimento das plantas (ARAÚJO; MONTEIRO, 2007).

Todavia, a compactação do solo é um dos principais problemas da agricultura moderna, ocasionada por maquinários, cultivo intensivo, rotações com culturas de ciclos curtos, pastejo intensivo e manejo inadequado do solo. Sendo conceituado como um processo físico caracterizado pela perda da estrutura do solo acarretando aumento da densidade e a conseqüente redução da porosidade do solo (HAMZA; ANDERSON, 2005). Esse processo pode ser iniciado pelo pisoteio de animais (VZZOTTO; MARCHEZÁN; SEGABINAZZI, 2000), pelo tráfego de maquinário agrícola

(LANZANOVA et al., 2007) ou pelo manejo do solo em condições inadequadas de umidade (SILVA; BARROS; BOAS, 2006). Além disso, há solos naturalmente susceptíveis à compactação.

Assim, a compactação do solo pelo tráfego de máquinas agrícolas tem sido uma preocupação desde o início da mecanização na agricultura brasileira, pois é um dos fatores que mais influencia a sustentabilidade dos solos agrícolas, em virtude das modificações ocasionadas em algumas propriedades físicas do solo (RICHART et al., 2005). Esse tráfego intenso propicia o aparecimento de superfícies compactas, principalmente quando estes estão saturados, ocasionando a formação dessas camadas, tanto em superfície como em subsuperfície, que surgem pela ação de compressão das ferramentas, acompanhadas pelo atrito das mesmas com as partículas de argila que formam uma fina camada na superfície superior da camada compactada (RICHART et al., 2005; LANZANOVA et al., 2007).

Certos implementos de preparo do solo, tais como: o arado de aiveca e a grade de disco, compactam o solo abaixo da sua profundidade de trabalho (SILVA et al., 2003). O uso destes implementos ou o tráfego de máquinas pesadas pode formar uma camada compactada abaixo da camada arável, chamado “pé-de-grade”, até que seja necessário quebrar a camada compacta que se forma, utilizando-se ferramentas de ação mais profunda como subsoladores. Entretanto, o mesmo efeito ocorre com os subsoladores, de modo que a sua utilização apenas significa a transferência do problema para uma superfície mais profunda (CAMARGO; ALLEONI, 1997).

O manejo inadequado das máquinas agrícolas, com operações de mecanização sem prévio conhecimento da capacidade do solo, tem levado o agravamento dos problemas de compactação, com redução do crescimento radicular das plantas. Em consequência tem afetado as produções das culturas em maior ou menor grau, dependendo do tipo de solo e do grau de compactação (HAFEMANN et al., 2005).

Com relação às máquinas e equipamentos utilizados, alguns aspectos importantes devem ser levados em consideração, tais como: a) o tipo de pneu utilizado e a pressão de insuflagem, que determinarão a distribuição da pressão no solo pelas máquinas agrícolas, cujo peso determinará o total da força exercida sobre a superfície do solo; b) o tamanho da área de contato entre o pneu e o solo, que determina a distribuição da força pela área de contato. Portanto, a utilização da mecanização na agricultura deve vir acompanhada de técnicas que possibilitem a menor alteração

possível nas características físicas dos solos, permitindo a sustentabilidade dessas áreas e evitando sua degradação (RICHART et al., 2005)

Os impactos no solo causados pelo tráfego de veículos foram estudados por RAPER (2005), o qual fez algumas recomendações para minimizar seus efeitos quando seu uso é necessário. Dentre as recomendações estão: reduzir a carga, utilizar sistemas que controlam o tráfego, fazer subsolagem para eliminar a camada compactada no perfil do solo na zona de crescimento radicular. E por fim, o mesmo autor concluiu que a compactação do solo resultante do tráfego de veículos não pode ser completamente eliminada, mas pode ser controlada e reduzida através de um gerenciamento racional.

Os tipos de solo e manejos da cultura têm influência direta nas condições físicas, químicas e biológicas (VALPASSOS et al., 2001). Diferentes manejos podem beneficiar ou inibir o estabelecimento de diferentes grupos microbianos. A atividade microbiana no solo depende, entre outros fatores, da temperatura, aeração, umidade, disponibilidade de nutrientes, competição e antagonismos que se estabelecem entre os próprios grupos de microorganismos. Estes são fundamentais para que importantes processos do solo ocorram. Ao reduzir a aeração, a compactação desfavorece os microorganismos aeróbios, fazendo com que a atividade microbiana se reduza também e com isso modifica os processos edáficos e afeta a produção da planta (PUPIN et al., 2009).

A compactação do solo também aumenta a densidade (VEIGA et al., 2007) e a resistência mecânica do solo à penetração (KAISER et al., 2009), além de alterar a quantidade, tamanho e continuidade dos poros (KLEIN; LIBARDI, 2002). Em algumas situações, a compactação do solo tem efeitos benéficos, como por exemplo, a melhoria do contato solo-semente (LATIF; KHAN; ALI, 2008). Entretanto, a compactação excessiva pode limitar a absorção de nutrientes, infiltração e redistribuição de água, trocas gasosas e desenvolvimento do sistema radicular, refletindo negativamente na produção (GUIMARÃES; STONE; MOREIRA, 2002).

A resistência mecânica do solo à penetração é utilizada para avaliar a compactação, sendo considerada um indicador da qualidade física do solo (IMHOFF et al., 2000; COSTA et al., 2003; ARAÚJO; TORMENA; SILVA, 2004; CAVALIERI et al., 2006). Com isso, é dependente de certos fatores do solo, tais como: textura, densidade do solo e teor de água. Em condições de solo mais úmido, os valores da

resistência do solo à penetração podem ser considerados não impeditivos para o crescimento de raízes para determinados tipos de solo (ASSIS et al., 2009).

Diversas pesquisas revelam que a resistência mecânica do solo à penetração, capaz de restringir o crescimento radicular e, conseqüentemente, afetar a produção, depende da cultura a ser explorada, além das características físicas do solo. Sendo assim, SILVA et al., (2002) relataram que um valor acima de 2,0 MPa de RMSP têm sido associado a condições impeditivas para o crescimento das raízes e da parte aérea das plantas. Enquanto, que BEUTLER et al. (2006), observaram que valores de 2,0 a 3,0 MPa afetam a produtividade de soja, ao contrário de KLEIN e CAMARA (2007) que afirmam que até 3 MPa não é um valor limitante para o crescimento das raízes. Entretanto, em arroz de sequeiro a produção é afetada por RMSP de 1,82 MPa (BEUTLER et al., 2004). Embora, BEUTLER; CENTURION (2004) afirmarem que o valor de RMSP limitante à produtividade de arroz de sequeiro foi de 2,38 e 2,07 MPa, respectivamente para o Latossolo Vermelho textura média e Latossolo Vermelho textura argilosa. Portanto, a RMSP restritiva ao crescimento das raízes depende da cultura em questão.

Desse modo, a resistência mecânica do solo à penetração vem sendo utilizada para detectar camadas compactadas; prevenir impedimento mecânico ao desenvolvimento do sistema radicular das plantas; prever a força de tração necessária para execução de trabalhos e para conhecimento de processos de umedecimento e de ressecamento (CUNHA; VIEIRA; MAGALHÃES, 2002).

Assim, a manutenção e a produtividade de muitos agroecossistemas dependem, em grande parte, de processos realizados exclusivamente pelos microrganismos, e da conseqüente qualidade física do solo. Embora diversos trabalhos abordem o efeito da compactação nas propriedades físicas do solo e no desenvolvimento vegetal, muito pouco é estudado em relação à dinâmica das comunidades de microrganismos do solo, apesar do seu importante papel nos processos do solo.

Os Nematóides como Bioindicadores da Qualidade do Solo

Atualmente tem-se observado um crescente interesse na avaliação e na interpretação da qualidade do solo. Indicadores biológicos, químicos e físicos têm sido utilizados no monitoramento de agroecossistemas. Porém, uma das maiores dificuldades

encontradas está na escolha de parâmetros que sejam realmente sensíveis para detectar alterações em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo (LIMA; PILLON; LIMA, 2007).

A demanda por indicadores de qualidade ambiental é resultante do aumento da pressão em áreas disponíveis em face da expansão da urbanização, perda de florestas e de área resultante de degradação. Os indicadores biológicos incluem mensurações do tipo e número de organismos no solo, sua atividade e seus subprodutos. Estes indicam que há algo de errado com tal ecossistema, funcionando como sinalizadores, com o intuito de reduzir os impactos negativos sobre a biodiversidade. Em muitos casos, uma espécie representativa é selecionada e as alterações observadas na população são indicativas das condições dos outros componentes biológicos do ecossistema (TURCO; BLUME, 1999). Por estarem tão intimamente associados aos processos ecológicos do ambiente, os microrganismos apresentam grande potencial como indicadores da qualidade do solo (HOFMAN et al., 2003).

Por ter uma heterogeneidade espacial e temporal, o solo fornece milhares de habitats para uma diversidade de organismos. Alguns organismos invertebrados de solo têm sido utilizados como bioindicadores e, com menor ou maior sensibilidade, demonstram o estado da qualidade do solo sob ações antrópicas (TURCO; BLUME, 1999). CORDEIRO et al. (2004) confirma isso ao observar em seus experimentos que a fauna do solo é sensível a alterações da cobertura vegetal e ao manejo, sendo, portanto, um bom indicador da qualidade do solo.

Inicialmente, na década de 1970, os nematóides foram utilizados para avaliar a qualidade da água. Durante a década de 1980 as preocupações com a vulnerabilidade dos solos aumentaram, com isso, a nematofauna passou a ser estudada para avaliação de ecossistemas. Por isso, destacam-se entre outros grupos de animais e passaram a ser estudados como bioindicadores de impacto ambiental, podendo diferenciar diversos sistemas de uso do solo (MATTOS, 2002).

Estima-se que há entre 40.000 a 10.000.000 de espécies no filo Nematoda (BLAXTER, 1998; YEATES; BOAG, 2006). Os nematóides são abundantes (mais de 3 milhões m^{-2} em alguns locais) e suas comunidades diversas (mais de 200 espécies em alguns locais) (YEATES; BOAG, 2003). Além de terem papel-chave na decomposição e na ciclagem de nutrientes (FERRIS; VENETTE; SCOW, 2004).

Contudo, qualquer mudança que ocorra em certo ambiente terá reflexos na comunidade de nematóides do local. Assim, essa sensibilidade, juntamente com outras características, faz destes, bons candidatos a bioindicadores da qualidade de um ecossistema, pois possuem atributos importantes de alguns bioindicadores em perspectiva: abundância em praticamente todos os ambientes, diversidade de estratégias da vida, variedade trófica (YEATES et al., 1993), curto ciclo de vida e procedimentos de amostragem relativamente bem definidos (PORAZINSKA et al., 1999). Por estas razões, muitos pesquisadores têm procurado desenvolver relações entre a estrutura da comunidade nematóide e sucessão de ecossistemas naturais ou distúrbio ambiental, dentre eles: KANDJI; OGOL; ALBRECHI, (2001), MATTOS (2002) e KIMENJU et al., (2009).

A proposta de se utilizar a diversidade de nematóides como indicador de qualidade do solo vem das observações de que os nematóides, em último nível, são os responsáveis por recuperarem formas de energia e nutrientes que outros organismos mais evoluídos, como os animais, não conseguem (LOREAU, 2001).

A diversidade de nematóides pode ser medida por intermédio de índices matemáticos, que levam em consideração informações taxonômicas na definição das unidades de medida (taxa). Alguns índices, como o de diversidade, de Shannon-Weaver, de Simpson e Hill; de riqueza, de Margalef e Menhinik; e de equitabilidade, de Pielou, fornecem informações importantes a cerca do padrão de distribuição de espécies microbianas dentro do ecossistema.

Pesquisas recentes indicam que análises nematológicas *in situ* a nível de família fornece muitas informações nas vias de decomposição e estado nutricional do solo. Além de indicar efeitos das práticas agrícolas e contaminantes no funcionamento da cadeia alimentar do solo, fornecendo uma base para a gestão ambiental, decisões para remediação e conservação.

Pouco se sabe sobre a estrutura da comunidade de nematóides no solo e como usar sua diversidade para atestar que o manejo empregado ao solo afeta a sustentabilidade do agroecossistema. Assim, o estudo da diversidade como bioindicadora de qualidade do solo está em fase de desenvolvimento e ainda com poucos resultados práticos. Entretanto, tentativas de se associar a diversidade de nematóides do solo com a qualidade do solo têm sido realizadas, como por exemplo:

- FRECKMAN e ETTEMA (1993) que estudaram o efeito dos distúrbios nas comunidades de nematóides do solo ao variar em intensidade da intervenção humana;
- MATTOS et al. (2008) que relacionaram as comunidades de nematóides às coberturas vegetais nativas (cerrado, cerradão, mata de galeria e campo limpo) e cultivadas (eucalipto, *Pinus caribaea*, citros, café, milho, feijão-vagem e tomate), considerando diferentes níveis de intervenção humana. Evidenciando que alguns gêneros notórios de culturas nem sempre figuram como gênero-chave da comunidade de nematóides;
- MONDINO et al. (2009) que avaliaram os efeitos de diferentes sistemas agrícolas na comunidade de nematóides de uma área do Sistema Integrado de Produção e confirmaram a hipótese de que os nematóides são sensíveis ao manejo e que eles podem ser usados como indicadores da qualidade dos sistemas de cultivos orgânicos;
- POWERS et al., (2009) que compararam comunidades de nematóides entre ecossistemas e estimaram a diversidade de nematóides em floresta tropical.

Compactação do Solo e a Nematofauna

Os fatores do solo que influenciam as comunidades de nematóides incluem a conservação de carbono e mudanças físicas na estrutura do solo ocasionadas pelas operações agrícolas (GUPTA; YEATES, 1997).

Como a utilização de maquinário vem sendo intensificada, a preocupação sobre os efeitos diretos nas condições físicas e indiretas no rendimento da cultura e biota do solo tem aumentado. Na pesquisa de BOUWMAN e ARTS (2000), a densidade do solo foi monitorada como um indicador de compactação do solo. Os resultados indicaram que um moderado grau de compactação obteve elevado rendimento e que elevados graus de compactação impedem que o sistema radicular penetre nas camadas mais profundas. Os nematóides não foram afetados pela compactação, mas sua distribuição nos níveis tróficos sim, onde o número de parasitos de plantas aumentou e de bacteriófagos e onívoros/predadores diminuiu. Essa alteração na estrutura das comunidades de nematóides está associada com as alterações nas condições do solo.

Do mesmo modo, PATTISON et al., (2008) confirma o resultado citado acima, pois observaram que a nematofauna é afetada pelas alterações na estrutura do solo, onde

o aumento na densidade do solo alterou a comunidade de nematóides aumentando a dominância de um único gênero e o número de onívoros.

Na Austrália, PANKHURST et al., (2003) documentaram a queda da produtividade da cana-de-açúcar devido à compactação do solo resultante de uso de maquinário pesado durante as operações de colheita. Observaram também, que as práticas de manejo têm afetado o desenvolvimento da cultura devido a redução no carbono orgânico e na CTC (Capacidade de Troca Catiônica) do solo resultado do aumento da densidade do solo e da queda da biomassa microbiana. Esses fatores associados à supressão dos organismos do solo afetaram o crescimento e a sanidade do sistema radicular da cana-de-açúcar. Onde lesões provocadas pelo nematóide *Pratylenchus zae* tem sido associadas a redução do rendimento da cultura. Como solução, os estudos dos autores revelaram que a rotação de cultura com pastagem, culturas alternativas e pousio refletem positivamente no rendimento da cana-de-açúcar devido a supressão de organismos fitopatogênicos e que apenas uma rotação com leguminosa é suficiente para obter esses benefícios.

Comparativo entre a Nematofauna de Ecossistemas Naturais e Cultivados

As comunidades de nematóides que se desenvolvem sob monocultura se diferenciam daquelas que se desenvolvem em área de floresta. O manejo do solo afeta a estrutura da comunidade de nematóides, talvez pelo fato de que a floresta contém uma heterogeneidade de espécies vegetais e, assim não permaneça a dominância da comunidade de nematóides fitoparasitas. Além disso, o menor teor de nutrientes, alto teor de matéria orgânica e a mínima perturbação do solo pode contribuir para baixas populações de fitoparasitas. A complexidade na rede alimentar e a maior interação entre os organismos explicam a elevada diversidade de nematóides sob ecossistemas naturais em relação a áreas com monocultivos (PATTISON et al., 2008).

No Brasil, ZAMITH e LORDELLO (1957) realizaram os primeiros estudos das comunidades de nematóides em solos de vegetação nativa, comparando-a com solos cultivados. Nos quais os solos de vegetação nativa continham maior diversidade que os solos cultivados e que, quando se estabelece um cultivo em um solo que estava sob floresta, algumas espécies tendem a desaparecer enquanto outras permanecem e, outras,

ainda, são introduzidas na área por meio de máquinas e implementos que transportam solo aderente.

Estudos realizados na Nigéria confirmaram que a substituição de ecossistemas nativos por cultivos agrícolas ocasiona reduções nas densidades de nematóides (CAVENESS, 1972). Embora, essas densidades cresçam nos cultivos anuais e decresçam em períodos de pousio, os mesmos favoreceram algumas espécies de nematóides, tais como: *Pratylenchus coffeae* (Zimmermann) Filipjev & Schuurmans Stekhoven, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) Chitood e *Helicotylenchus pseudorobustus* (Steiner) Golden, em detrimento de outras dos gêneros *Helicotylenchus* Steiner, *Scutellonema* Andrassy, *Xiphinema* Cobb, *Paratylenchus* Micoletzky e *Criconemoides* Taylor.

Na Austrália nematóides foram avaliados como bioindicadores da qualidade do solo em cultivo de banana por PATTISON et al., (2008). Para determinar o impacto do cultivo da banana nas propriedades do solo utilizaram diferentes áreas para compará-las com sistemas de manejo menos intenso, tais como: floresta e pastagem. Analisaram as propriedades físicas (densidade do solo, teor de matéria orgânica e a taxa de infiltração de água) e químicas (nitrogênio total, potencial hidrogeniônico e condutividade elétrica) e as correlacionaram com as análises da estrutura das comunidades de nematóides. Concluíram que o cultivo de banana reduziu significativamente a diversidade de nematóides quando comparado aos outros manejos menos intensivos e que os nematóides demonstraram potencial como bioindicadores da qualidade do solo.

Recentemente, TOMAZINI; FERRAZ; MONTEIRO, (2008) analisaram a estrutura de comunidades de nematóides em áreas de mata natural preservada e de culturas perenes (citrus, pessegueiro e bananeira) e anuais (milho e leguminosas). Ao fim do experimento concluíram que à menor profundidade os maiores valores de número e riqueza de gêneros ocorreram na área de mata e à maior profundidade em milho, leguminosas e citrus. A retirada da vegetação nativa e implantação dos cultivos anuais e perenes influenciaram as comunidades, resultando na ausência de *Discocriconemella* e *Xiphidorus* (abundantes na vegetação nativa), estabilidade de certos gêneros parasitos de plantas como *Helicotylenchus* e *Rotylenchus* e a introdução de *Pratylenchus* e *Radopholus* nas áreas cultivadas.

Contudo, a preocupação com a integridade do meio ambiente torna necessária a busca de estratégias sustentáveis que maximizem a produtividade e minimizem o

impacto ao ambiente. Sendo assim, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de caracterizar a estrutura trófica da nematofauna em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de Floresta Atlântica, situadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco e paralelamente avaliar o efeito da compactação do solo na estrutura da comunidade de nematóides, através da determinação da resistência mecânica do solo à penetração.

Referências

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

ARAÚJO, M.A.; TORMENA, C.A.; SILVA, A.P. Propriedades físicas de um latossolo vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, 2, p. 337-345, 2004.

ASSIS, R.L.; LAZARINI, G.D.; LANÇAS, K.P.; CARGNELUTTI FILHO, A. Avaliação da resistência do solo à penetração em diferentes solos com a variação do teor de água. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 558-568, 2009.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F. Resistência à penetração em Latossolos: valor limitante à produtividade de arroz de sequeiro. **Ciência Rural**, v. 34, n. 6, p. 1793-1800, 2004.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; SILVA, A.P.; BARBOSA, J.C. Intervalo hídrico ótimo e produtividade de cultivares de soja. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 10, n. 3, p. 639 – 645, 2006.

BEUTLER, A.N.; CENTURION, J.F.; ROQUE, C.G. Relação entre alguns atributos físicos e a produção de grãos de soja e arroz de sequeiro em latossolos, **Ciência Rural**, v. 34, n. 2, p. 365-371, 2004.

BLAXTER, M.L. *Caenorhabditis elegans* is a nematode. **Science**. v. 282, n. 5396, p. 2041-2046, 1998.

BOUWMAN, L.A.; ARTS, W.B.M. Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. **Applied Soil Ecology**, v. 14, n. 3, p. 213-222, 2000.

CAMARGO, O. A.; ALLEONI, L. R. F. **Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas**. Piracicaba: ESALQ/ USP, 1997, 132 p.

CASTRO, P.R.C.; KLUGE, R.A. **Ecofisiologia de culturas extrativistas: cana-de-açúcar, seringueira, coqueiro, dendenzeiro e oliveira**. Cosmópolis: Stoller do Brasil, 2001, 138 p.

CAVALIERI, K. M.V.; TORMENA, C. A.; VIDIGAL FILHO, P. S.; GONÇALVES, A.C.A.; COSTA, A.C. S. Efeitos de sistemas de preparo nas propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 1, p. 137-147, 2006.

CAVENESS, F.E. Changes in plant parasite nematode populations on newly cleared land. **Nematropica**, v. 2, n. 1, p. 1-2, 1972.

CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento (2010), Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, 1º levantamento: abril. <<www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento2010_abr2010.pdf>> Acesso em: 15/05/2010.

CORDEIRO, F.C.; DIAS, F.C.; MERLIM, A.O.; CORREIA, M.E.F.; AQUINO, A.M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. **Agronomia**, v. 24, n. 2, p. 29-30, 2004.

COSTA, F.S. ALBUQUERQUE, J.A.; BAYER, C.; FONTOURA, S.M.V.; WOBETO, C. Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. **Revista Brasileira de Ciência de Solo**, v. 27, n.3, p. 527-535, 2003.

CUNHA, J.P.A.; VIEIRA, L.B.; MAGALHÃES, A.C. Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. **Engenharia na Agricultura**, v. 10, n. 1-4, p. 1-7, 2002.

FERRIS, H.; VENETTE, R. C.; SCOW, K. M. Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralization function. **Applied Soil Ecology**, v. 24, n. 1, p. 19-35, 2004.

FRECKMAN, D.W.; ETTEMA, C.H. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v. 45, n. 3/4, p. 239-261, 1993.

GUIMARÃES, C.M.; STONE, L.F.; MOREIRA, A.A.J. Compactação do solo na cultura do feijoeiro: efeito sobre o desenvolvimento radicular e da parte aérea. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 213-218, 2002.

GUPTA, V.V.S.R.; YEATES, G.W. Soil microfauna as bioindicators of soil health. In.: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B. M.; GUPTA, V.V.S.R (eds.). **Biological Indicators of Soil Health**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 1997, p. 201-233.

HAFEMANN, T.F., GUIMARÃES, R.R., SOUZA, D.A., TEIXEIRA, I.R. e FELIPE, C.A.S.. **Influência da compactação do solo sobre a produção de biomassa do feijoeiro**, 2005. Disponível em: <www.cnpaf.embrapa.br> Acesso em: 27/06/2010.

HAMZA, M. A.; ANDERSON, W. K. Soil compaction in cropping systems: a review of the nature causes and possible solutions. **Soil and Tillage Research**, v. 82, n. 2, p. 121-145, 2005.

HOFMAN, J.; BEZCHLEBOVÁ, J.; DUŠEK, L.; DOLEŽAL, L.; HOLOUBEK, I.; ANSORGOVÁ, A.; ALÝ, S. Novel approach to monitoring of the soil biological quality. **Environment International**, v. 28, n. 8, p. 771-778, 2003.

IMHOFF, S.; SILVA, A.P.; TORMENA, C.A. Aplicações da curva de resistência no controle da qualidade de um solo sob pastagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, n. 7, p. 1493- 1500, 2000.

KAISER, D.R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M.; COLLARES, G.L.; KUNZ, M. Intervalo hídrico ótimo no perfil explorado pelas raízes de feijoeiro em um latossolo sob diferentes níveis de compactação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 4, p. 845-855, 2009.

KANDJI, S.T.; OGOL, C.K.P.O.; ALBRECHT, A. Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. **Applied Soil Ecology**, v. 18, n. 2, 143-157, 2001.

KIMENJU, J.W.; KARANJA, N.K.; MUTUA, G.K.; RIMBERIA, B.M.; WACHIRA, P.M. Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. **Tropical and subtropical agroecosystems**, v. 11, n. 2, 353-360, 2009.

KLEIN, V.A.; CAMARA, R. K. Rendimento da soja e intervalo hídrico ótimo em Latossolo Vermelho sob plantio direto escarificado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, n. 2, p. 221 – 227, 2007.

KLEIN, V.A.; LIBARDI, P.L. Densidade e distribuição do diâmetro dos poros de um Latossolo Vermelho sob diferentes sistemas de uso e manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, n.4, p. 857-867, 2002.

LANZANOVA, M.E.; NICOLOSO, R.S.; LOVATO, T.; ELTZ, F.L.F.; AMADO, T.J.C.; REINERT, D.J. Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.31, n.5, p. 1131-1140, 2007.

LATIF, N.; KHAN, M.A; ALI, T. Effects of soil compaction caused by tillage and seed covering techniques on soil physical properties and performance of wheat crop. **Soil and Environment**, v. 27, n. 2, p. 185-192, 2008.

LEI FEDERAL nº 11.428 de 2006. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111428.htm> Acesso em: 15/05/2010.

LIMA, C.L.R.; PILLON, C.N.; LIMA, A.C.R.. **Qualidade física do solo: indicadores quantitativos**. Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 2007. 25 p. (Documentos 196).

LOREAU, M. Microbial diversity, producer-decomposer interaction and ecosystem processes: a theoretical model. **Proceedings: Biological Sciences**, v. 268, n.1464, p. 303-309, 2001.

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**, v.10, p. 373-390, 2002.

MATTOS, J.K.A.; ANDRADE, E.P.; TEIXEIRA, M.A.; CASTRO, A.P.G.; HUANG, S.P. Gêneros-chaves de onze diferentes comunidades de nematóides do solo na região dos cerrados do Brasil Central. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n. 2, p. 142-149, 2008.

MONDINO, E.A.; TAVARES, O.C.H.; EBELING, A.G.; FIGUEIRA, A.F.; QUINTERO, E.I.; BERBARA, R.L.L. Avaliação das comunidades de nematóides do solo em agroecossistemas orgânicos. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 509-515, 2009.

MYERS, N.; MITTERMEIER, R.A.; C.G.; FONSECA, G.A.B. KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, v. 403, n. 6772, p. 853-858, 2000.

PANKHURST, C.E.; MAGAREY, R.C.; STIRLING, G.R.; BLAIR, B.L.; BELL, M.J.; GARSIDE, A.L. Management practices to improve soil health and reduce the effects of detrimental soil biota associated with yield decline of sugarcane in Queensland, Australia, **Soil & Tillage Research**, v. 72, n. 2, p. 125-137, 2003.

PATTISON, A.B., MOODY, P.W., BADCOCK, K.A., SMITH, L.J., ARMOUR, J.A., RASIAH, V., COBON, J.A., GULINO, L.M.; MYER, R. Development of key soil health indicators for the Australian banana industry. **Applied Soil Ecology**, v. 40, n. 1, 155-164, 2008.

PORAZINSKA, D.L.; DUNCANB, L.W.; MCSORLEYC, R.; GRAHAMB, J.H. Nematode communities as indicators of status and processes of a soil ecosystem influenced by agricultural management practices. **Applied Soil Ecology**, v. 13, n.1, p. 69-86, 1999.

POWERS, T.O.; NEHER, D.A.; MULLIN, P.; ESQUIVEL, A.; GIBLIN-DAVIS, R.M.; KANZAKI, N.; STOCK, S. P.; MORA, M. M.; URIBE-LORIO, L. Tropical nematode diversity: vertical stratification of nematode communities in a Costa Rican humid lowland rainforest. **Molecular Ecology**. v. 18, n. 5, p. 985-996, 2009.

PUPIN, B.; FREDDI, O.S.; NAHAS, E. Microbial alterations of the soil influenced by induced compaction. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 33, n. 5, p. 1207-1213, 2009.

RAPER, R. Agricultural traffic impacts on soil. **Journal of Terramechanics**, v. 42, n. 3/4, p. 259-280, 2005.

RIBEIRO, M.C.; METZGER, J.P.; MARTENSEN, A.C.; PONZONI, F.J.; HIROTA, M.M. The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. **Biological Conservation**, v. 142, n. 6, p. 1141-1153, 2009.

RICHART, A.; TAVARES FILHO, J.; BRITO, O.R.; LANILLO, R.F.; FERREIRA, R. Compactação do solo: causas e efeitos. **Semina. Ciências Agrárias**. v. 26, n.3, p.321-344, 2005.

SILVA, A.P.; TORMENA, C.A.; IMHOFF, S. Intervalo hídrico ótimo. *In*: MORAES, M.H.; MÜLLER, M.M.L.; FOLONI, J.S.S. (Orgs) **Qualidade física do solo: métodos de estudo sistemas de preparo e manejo do solo**. Jaboticabal: FUNEP, 2002, p. 1-18.

SILVA, J.M.C.; TABARELLI, M. Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic Forest of Northeast Brazil. **Nature**, v. 404, n. 6773, p. 72-74, 2000.

SILVA, R.B.; DIAS JÚNIOR, M.S.; SILVA, F.A.M.; FOLES, S.M. O tráfego de máquinas agrícolas e as propriedades físicas, hídricas e mecânicas de um latossolo dos Cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 27, n. 6, p. 973-983, 2003.

SILVA, S.R.; BARROS, N.F.; BOAS, B.V. Crescimento e nutrição de eucalipto em resposta à compactação de latossolos com diferentes umidades. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 30, n. 5, 759-769, 2006.

SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL DO ESTADO DE PERNAMBUCO. SINDAÇÚCAR 03: sistema de recuperação automática. Pernambuco: sindicato da indústria do açúcar e do álcool do estado de Pernambuco 2003. Disponível em: <www.sindacucar.com.br>. Acesso: 04/03/2010.

SOUZA, A.L.; SCHETTINO, S.; JESUS, R.M.; VALE, A.B. Dinâmica da regeneração natural em uma floresta ombrófila densa secundária, após corte de cipós, reserva natural da Companhia Vale do Rio Doce S.A., estado do Espírito Santo, Brasil. **Revista Árvore**, v. 26, n. 4, p. 411-419, 2002.

SOUZA, Z.M.; PRADO, R.M.; PAIXÃO, A.C.S; CESARIN, L.G. Sistemas de colheita e manejo da palhada de cana-de-açúcar. **Pesquisa. Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 3, p. 271-278, 2005.

TABARELLI, M.; RODAL, M.J.N. Uma oportunidade para o centro de endemismo Pernambuco. **Natureza & Conservação**, v. 3, n. 2, p. 22-28, 2005.

TOMAZINI, M.D.; FERRAZ, L.C.C.B.; MONTEIRO, A.R. Estrutura trófica e índices de maturidade de comunidades de nematóides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas diferentes tipos de uso agrícola. **Nematologia Brasileira**, v. 32, n.2, p. 220-230, 2008.

TURCO, R.F.; BLUME, E. Indicators of soil quality. In: SIQUEIRA, J.O; MOREIRA, F.M. S.; LOPES, A.S.; GUILHERME, L.G.R.; FAQUIN, V.; FURTINI NETO, A.E.; CARVALHO, J.G. (Org.). **Inter-relação fertilidade, biologia do solo e nutrição de plantas**. Viçosa: SBCS, 1999. p. 529-549.

VALPASSOS, M.A.R.; CAVALCANTE, E.G.S.; CASSIOLATO, A.M.R.; ALVES, M.C. Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 12, p. 1539-1545, 2001.

VEIGA, M.; HORN, R.; REINERT, D.J.; REICHERT, J.M. Soil compressibility and penetrability of an Oxisol from Southern Brazil, as affected by long-term tillage systems. **Soil Tillage Research**, v. 92, n. 1-2, p. 104-113, 2007.

VIAN, C.E.F.; PAVANI, A.A.; HANASHIRO, M.M.; OLIVEIRA, D.R.M.S.; SOUZA, M.I.F.; MARIN, F.R. Análise da expansão da agroindústria canavieira no centro-sul do Brasil. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 24, n. 1-3, p. 11-38, 2007.

VITTI, G.C.; MAZZA, J.A. **Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar**. Piracicaba: POTAFOS, 2002, 16p. (Encarte técnico/ Informações Agronômicas, 97)

VZZOTTO, V.R., MARCHEZAN, E.; SEGABINAZZI, T. Efeito do pisoteio bovino em algumas propriedades físicas do solo de várzea. **Ciência Rural**, v. 30, n. 6, p. 965-969, 2000.

YEATES, G.W., BONGERS, T., GOEDE, R.G.M. de, FRECKMAN, D.W., GEORGIEVA, S.S. Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. **Journal of Nematology**, v. 25, n. 3, p. 315-331, 1993.

YEATES, G.W.; BOAG, B. Female size shows similar trends in all clades of the phylum Nematoda. **Nematology**, v. 8, n. 1, p. 111-127, 2006.

YEATES, G.W.; BOAG, B. Growth and life histories in Nematoda, with particular reference to environmental factors. **Nematology**, v. 5, n. 5, p. 653-664, 2003.

YOUNG, C.E.F. Socioeconomic causes of deforestation in the Atlantic forest of Brazil. *In*: GALINDO-LEAL, C.; CÂMARA, I.G. (eds). **The Atlantic Forest of South America: biodiversity status, threats, and outlook**. Center for Applied Biodiversity Science and Island Press, Washington, 2003, p. 103-117.

ZAMITH, A.P.L.; LORDELLO, L.G.E. Algumas observações sobre nematódeos em solo de mata e em solo de cultivo. **Revista de Agricultura**, v. 32, n. 2, p. 183-188, 1957.

*Relações entre a nematofauna e a resistência mecânica do solo à
penetração em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de
Floresta Atlântica*

CAPÍTULO II

RELAÇÕES ENTRE A NEMATOFUNA E A RESISTÊNCIA MECÂNICA DO SOLO À PENETRAÇÃO EM ÁREA CULTIVADA COM CANA-DE-AÇÚCAR E EM REMANESCENTE DE FLORESTA ATLÂNTICA

Mércia de O. Cardoso, Elvira M. R. Pedrosa, Mário M. Rolim, Ênio F. F. e Silva

Departamento de Tecnologia Rural,
Universidade Federal Rural de Pernambuco,
CEP 52171-900, Dois Irmãos, Recife, PE, Brasil
e-mail: mercia.cardoso@yahoo.com.br

Resumo

Considerando que os nematóides possuem potencial para uso como bioindicadores de qualidade do solo, foram avaliadas, na Zona da Mata Norte de Pernambuco, as relações entre propriedades físicas do solo e a nematofauna associada à área cultivada com cana-de-açúcar e à remanescente de Floresta Atlântica. As coletas foram realizadas na Usina Santa Tereza, situada no Município de Goiana, Pernambuco. As amostras de solo foram coletadas entre os meses de setembro e novembro de 2009 ao longo de dois transectos cruzados de 200 m cada: dentro do fragmento florestal e dentro do cultivo de cana-de-açúcar na camada entre as profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. Para a caracterização física do solo foram realizadas análises granulométricas, umidade, porosidade total, densidade do solo e densidade de partícula. Os níveis de compactação do solo foram determinados através da resistência mecânica do solo à penetração utilizando-se penetrógrafo digital. Os nematóides foram extraídos de alíquotas de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose e, em seguida, quantificados, classificados quanto ao hábito alimentar e identificados ao nível de gênero ou família. Através dos dados gerados pelas análises físicas e nematológicas foram efetuados cálculos de coeficientes de correlação de Pearson. Os gêneros que prevaleceram na área cultivada com cana-de-açúcar foram *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp., enquanto que na área de floresta prevaleceram as famílias Dorylaimidae e Rhabditidae. O número total de nematóides não diferiu entre os ambientes, porém na estrutura trófica das comunidades em área de floresta prevaleceram os nematóides de vida livre: onívoros seguidos dos bacteriófagos, enquanto que na área de cana prevaleceram os parasitos de plantas. A diversidade de

nematóides foi maior na área remanescente de Floresta Atlântica. A resistência mecânica do solo à penetração foi maior em área cultivada com cana-de-açúcar, afetando mais diretamente as comunidades de nematóides de vida livre, especialmente os Dorylaimidae, os quais se mostraram mais sensíveis às alterações das propriedades físicas do solo.

Palavras-chaves: qualidade do solo, monocultivo, vegetação nativa, degradação física do solo, nematóides, biodiversidade.

Relations between nematode community and soil mechanical resistance to penetration in sugarcane cropping area and remaining of Atlantic Forest

Abstract

Due to nematodes presents high potential as bioindicator of soil quality, it was evaluated relations between soil physical properties and nematode community in sugarcane cropping area and remaining of Atlantic Forest in the North Forest Zone of Pernambuco. Samples were collected from September to November 2009 along two 200-m transects in both remaining of Atlantic Forest and sugarcane field at deeps of 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm. For soil characterization it was carried out analysis of soil size, moisture, total porosity, bulk density and particle density. The level of soil mechanical resistance to penetration was evaluated through digital penetrometer. Nematodes were extracted per 300 cm³ of soil through centrifugal flotation in sucrose being quantified, classified according trophic habit and identified in level of genus or family. Data were analyzed using Pearson correlation at 5% of probability. The prevalent genus on sugarcane field was *Pratylenchus* sp. and *Helicotylenchus* sp., but in forest there was prevalence of Dorylaimidae and Rhabditidae. Total amount of nematode did not differ between environments; however, community trophic structure in forest presented prevalence of free-living nematodes: omnivores followed by bacterivores, while plant parasites nematodes were prevalent in sugarcane cropping area. The nematode diversity was higher in the remaining of Atlantic Forest. However, the penetration resistance was higher in sugarcane culture, affecting more directly the free-living nematodes; especially Dorylaimidae which was the most sensible to changes in soil physical properties.

Keywords: soil quality, monoculture, native vegetation, physical soil degradation, nematode, biodiversity.

Introdução

O cultivo da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) assume grande importância econômica para o Brasil, o qual detém o título de maior produtor mundial. O Estado de Pernambuco é atualmente o segundo maior produtor do nordeste e o sétimo do Brasil com 334,2 mil hectares cultivados (CONAB 2010). Com a expansão desses cultivos, devido aos incentivos econômicos na década de 1980, muitas áreas naturais foram incorporadas às áreas das usinas. Esse fato levou à fragmentação de áreas com vegetação nativa de Floresta Atlântica (Silva & Tabarelli 2000). Além da alta geração de resíduos e intensificação da mecanização, ocasiona a compactação do solo, principalmente, pelo tráfego intenso dos maquinários agrícolas (Seixas & Oliveira Júnior 2001; Souza et al. 2010).

A compactação do solo é uma das principais causas de degradação física do solo. Contudo, pesquisas são necessárias para determinar o impacto das práticas de manejo nos atributos físicos e biológicos do solo, porque altera as propriedades físicas do solo e reduz a produtividade ao limitar as atividades microbiológicas (Lanzanova et al. 2007). Assim, dentre os atributos físicos utilizados para determinar a compactação do solo, a resistência mecânica do solo à penetração tem sido considerada o indicador mais sensível, de fácil e rápida aplicação, bastante utilizada para avaliar sistemas de manejo, por estar diretamente relacionada ao crescimento de plantas (Busscher et al. 2000; Serafim et al. 2008).

Em contrapartida, a Floresta Atlântica é considerada um dos *hotspots* de biodiversidade global, embora existam apenas 11,73% da sua cobertura original (Myers et al. 2000; Ribeiro et al. 2009). No Nordeste restam apenas 2% da área original (Silva & Tabarelli 2000). Como consequência da intensa exploração dos recursos florestais, apresenta-se atualmente fragmentada e empobrecida quanto a sua composição (Souza et al. 2002). Fato que torna relevante o conhecimento dos aspectos físicos e biológicos do solo dos poucos remanescentes ainda existentes.

Os nematóides constituem o grupo de animais invertebrados que são abundantes e diversos, sendo encontrados ocupando praticamente todos os nichos ecológicos. A estrutura e composição de suas comunidades sofrem mudanças quando ocorrem alterações na vegetação (Pattison et al. 2008), no solo (Gupta & Yeates 1997; Yeates & Pattison 2006), nas condições ambientais, sejam elas naturais ou desencadeadas por atividades antrópicas. Além disso, estudos relacionados a esta revelam que as

perturbações ambientais levam á predominância de certos taxa. (Wasilewska 1997; Yeates 1999; Goulart & Ferraz 2003; Pattison et al. 2008).

As propriedades do solo podem afetar direta ou indiretamente a composição e estrutura das comunidades de nematóides (De Goede & Bongers, 1994; Yeates 1999). Especificamente, as alterações nas propriedades físicas do solo influenciam diretamente no habitat e na cadeia alimentar dos nematóides (Neher, 1999). Frequentemente as propriedades físicas como: textura, umidade e estrutura do solo são correlacionadas com a nematofauna (Yeates & Bongers 1999; Kandji et al. 2001; Gomes et al. 2003; Kimenju et al. 2009), possuindo, assim, um importante papel na abundância, distribuição e estrutura de comunidades de nematóides (Kandji et al. 2001). Esse é um dos aspectos que valida o potencial dos nematóides como bioindicadores da qualidade do solo (Kandji et al. 2001; Qi & Hu 2007; Mondino et al. 2009). Assim, devido a abundância, morfologia, resposta rápida a mudanças ambientais e ações de manejo do solo, curto ciclo reprodutivo e especificidade alimentar, os nematóides apresentam potencial de excelente bioindicador. E, conseqüentemente, a análise da estrutura da sua comunidade poderá complementar as análises de solo convencionais (Bongers 1990; Urzelai et al. 2000; Neher 2001; Pattison et al. 2008).

A preocupação com a integridade do meio ambiente torna necessária a busca de estratégias sustentáveis que maximizem a produtividade e minimizem o impacto ao ambiente. Assim, o presente estudo foi conduzido com o objetivo de caracterizar a estrutura trófica da nematofauna em área cultivada com cana-de-açúcar e em remanescente de Floresta Atlântica, situadas na Zona da Mata Norte de Pernambuco e paralelamente avaliar o efeito da compactação do solo na estrutura da comunidade de nematóides, através da determinação da resistência mecânica do solo à penetração.

Material e métodos

Caracterização da área

O presente estudo foi conduzido em área intensamente cultivada com cana-de-açúcar variedade RB863129 (19,14 ha, 7°36'48'' S e 34°58'45,9'' W) que tem sido manejada sob sistema de plantio convencional há mais de 20 anos e em área remanescente de Floresta Atlântica (7°36'45,7'' S e 35°00'47,6'' W) situadas no Engenho Bujari pertencente à Usina Santa Tereza - CAIG, Município de Goiana, Zona

da Mata Norte de Pernambuco. As áreas são caracterizadas por solos de textura arenosa e o clima local, segundo a Classificação Climática de Köppen-Geiger, é tropical úmido do tipo As' ou pseudotropical, que se caracteriza por ser quente e úmido, com chuvas de outono a inverno, com temperaturas médias anuais variando em torno de 24°C.

Coleta de solo

Os pontos de amostragem foram estabelecidos entre os meses de setembro e novembro de 2009 ao longo de dois transectos cruzados de 200 m cada: dentro do fragmento florestal e dentro do cultivo de cana. As amostras de solo foram retiradas, com o auxílio do trado de caneco e trado de amostra indeformada, a cada 20 m, totalizando 21 pontos. Em cada ponto foi retirada amostra de 300 g de solo para análises físicas e de, aproximadamente, 600 cm³, coletadas nas profundidades de 0-10, 10-20, 20-30, 30-40 e 40-50 cm para análises nematológicas. Em seguida, foram acondicionadas em sacos plásticos transparentes e identificadas. E por fim, conduzidas para o laboratório onde foram processadas. Para a determinação da umidade foram armazenadas em potes plásticos com tampas.

Análises nematológicas

As amostras para análise nematológica foram processadas no Laboratório de Fitonematologia do Departamento de Agronomia da UFRPE. Foram homogeneizadas e os nematóides extraídos de alíquotas de 300 cm³ de solo pelo método da flotação centrífuga em solução de sacarose (Jenkins 1964). As suspensões obtidas foram colocadas em frascos e os nematóides nelas contidos foram mortos por meio do aquecimento dos recipientes em banho-maria a 55 °C, com adição, em seguida, de 1 ml de formaldeído a 37% (massa/volume). A estimativa populacional foi obtida através da contagem em lâminas de Peters, com o auxílio de um microscópio óptico, em duas repetições, cada uma delas correspondendo à metade da área de contagem total da lâmina, o que equivale a aproximadamente 0,5 ml cada, e os resultados computados em número de espécimes por 300 cm³ de solo.

Para o estudo da estrutura trófica da nematofauna, os nematóides foram classificados quanto ao hábito alimentar em cinco grupos tróficos (parasitos de plantas, bacteriófagos, micófagos, predadores e onívoros), baseado na morfologia do estoma e

esôfago, segundo Yeates et al. (1993). Para os nematóides parasitos de plantas foram efetuadas identificações ao nível de gênero segundo a chave de May et al. (1996). Segundo Gomes et al. (2003), a estrutura da nematofauna foi descrita pelos grupos tróficos e pelas razões micófagos/bacteriófagos (M/B) e onívoros + predadores/ bacteriófagos + micófagos + parasitos de plantas (O+P)/(B+M+PP).

Análises das propriedades físicas do solo

Para determinação da compactação do solo, através da mensuração da resistência mecânica do solo à penetração (RMSP), foi utilizado o penetrógrafo digital PNT-2000 da SoilControl. O modo de aquisição foi vertical com medição da compactação do solo até 400 mm de profundidade. O cone utilizado foi o cone tipo 2 (médio) com área de 129 mm². Assim, a RMSP foi calculada da seguinte forma:

$$RMSP = \frac{F}{A}$$

Em que:

RMSP= Resistência mecânica do solo à penetração, em Pa (Pascal)

F= Força exercida no cone, em N (Newtons).

A= Área da seção transversal do cone, em m².

As seguintes análises físicas do solo foram realizadas no Laboratório de Mecânica do Solo e Aproveitamento de Resíduos, Departamento de Tecnologia Rural da UFRPE, de acordo com metodologia EMBRAPA (1997):

- i. Análise granulométrica: realizada pelo método do densímetro, utilizando o hidróxido de sódio como dispersante.
- ii. Umidade do solo: determinada pelo método termogravimétrico, que consiste em pesar a massa de solo úmido e em seguida secá-lo em estufa a 105 – 110 °C por 24 horas, e após, determinar sua massa seca.
- iii. Densidade das partículas: mensurada utilizando balão volumétrico de 50 mL, utilizando 20 g de TFSE e álcool como fluído para determinação do volume ocupado pelas partículas.
- iv. Densidade do solo: sua verificação ocorreu após a avaliação da umidade, sendo determinada pelo método do anel volumétrico, o qual se

fundamenta no uso de um anel de bordas cortantes com capacidade interna conhecida.

- v. Porosidade total: calculada a partir dos valores de densidade das partículas (D_p) e do solo (D_s), segundo a fórmula:

$$P = (D_p - D_s) \times \left(\frac{100}{D_p} \right)$$

Análise de dados

Através dos dados gerados pelas análises físicas e nematológicas foram efetuados cálculos de coeficientes de correlação de Pearson, utilizando o programa SAS - Statistical Analytical System (SAS 2003).

Resultados e discussão

Comunidades de nematóides

A composição da comunidade de nematóides dos locais estudados incluiu os cinco grupos tróficos propostos por Yeates et al. (1993), dentre os quais, foram identificados na área de cana sete gêneros e cinco famílias: parasitos de plantas (sete gêneros), bacteriófagos (duas famílias), micófagos (uma família), onívoros (uma família) e predadores (uma família). E na área de floresta foram identificados, além das quantificações anteriores, mais quatro gêneros de parasitos de plantas (Tabela 1).

Tabela 1. Abundância, média e dominância da nematofauna associada à área de cultivo de cana-de-açúcar e à área de Floresta Atlântica na Zona da Mata Norte de Pernambuco.

Grupos tróficos/Táxon	Área de Cana			Área de Floresta		
	A	Média ± DP	D (%)	A	Média ± DP	D (%)
Bacteriófagos						
Cephalobidae	320	2,46 ± 10,95	1.05	404	1,55 ± 7,06	1.42
Rhabditidae	853	6,55 ± 16,32	2.80	5.555	21,36 ± 32,79	19.51
Micófagos						
Aphelenchidae	704	5,41 ± 15,38	2.31	346	1,33 ± 6,20	1.21
Onívoros						
Dorylamidae	2.382	18,32 ± 35,37	7.83	8.439	32,45 ± 44,23	29.65
Predadores						
Mononchidae	1.545	11,88 ± 47,00	5.08	3.341	12,85 ± 25,14	11.74
Parasitos de Plantas						
<i>Criconemella sp.</i>	658	5,06 ± 14,89	2.16	884	3,40 ± 12,58	3.11
<i>Helicotylenchus sp.</i>	7.774	59,80 ± 81,43	25.56	704	2,70 ± 11,95	2.47
<i>Hemicicliophora sp.</i>	36	0,27 ± 2,27	0.12	99	0,38 ± 4,59	0.35
<i>Meloidogyne sp.</i>	1.074	8,26 ± 19,00	3.53	716	2,75 ± 9,84	2.52
<i>Pratylenchus sp.</i>	11.788	90,67 ± 107,56	38.76	510	1,96 ± 8,34	1.79
<i>Paratrichodorus sp.</i>	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	20	0,07 ± 1,24	0.07
<i>Rotylenchulus sp.</i>	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	293	1,12 ± 6,69	1.03
<i>Tylenchus sp.</i>	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	75	0,28 ± 3,28	0.26
<i>Trichodorus sp.</i>	1.229	9,45 ± 24,66	4.04	41	0,15 ± 1,83	0.14
<i>Tylosorus sp.</i>	0,00	0,00 ± 0,00	0,00	3.321	12,77 ± 27,33	11.67
<i>Xiphinema sp.</i>	2.046	15,73 ± 30,96	6.73	3.566	13,71 ± 24,15	12.53
Nematóides Totais	30.408	233,90 ± 177,45		28.463	109,47 ± 88,13	
M/B		0,30 ± 0,78			0,04 ± 0,18	
(O+P)/(B+M+PP)		0,16 ± 0,27			0,86 ± 1,15	

A (abundância) = somatório do número de nematóides nas 130 amostras de cada área por taxa por 300 cm³ de solo, Média ± DP = Número médio e desvio padrão de nematóides por 300 cm³ de solo em cada área, D(%) = Dominância de cada grupo trófico e taxa expresso em porcentagem, M/B= razão média entre micófagos e bacteriófagos, (O+P)/(B+M+PP) = razão média entre onívoros + predadores e bacteriófagos + micófagos + parasitos de plantas.

No presente estudo, os nematóides onívoros foram mais representativos em área de floresta que em área cultivada, com dominância de 30%, seguidos dos bacteriófagos Rhabditídeos com 19%. Estes grupos tróficos vêm sendo considerados mais sensíveis às mudanças ambientais, pois ocupam níveis superiores nas cadeias alimentares. Em ambientes estáveis, são numerosos e abundantes (Wasilewska 1997; Niles & Freckman 1998; Yeates 1999). Gomes et al. 2003; Goulart & Ferraz 2003 observaram também, a sensibilidade do taxa Dorylamidae às práticas culturais, apresentando baixas

densidades em solos cultivados, considerando sua presença, sinônimo de estabilidade no ecossistema.

Os nematóides parasitos de plantas tendem a ser favorecidos pelos monocultivos (Pattison et al. 2008). Locais com muitos estresses ou distúrbios ambientais, como por exemplo, os agroecossistemas intensamente cultivados, propiciam predominância das comunidades dos parasitos de plantas (Cares & Huang 1991, Niles & Freckman 1998, Gomes et al. 2003, Mondino et al. 2006, Mondino et al. 2009). Assim, os resultados obtidos são condizentes com esta afirmação, pois em área cultivada com cana os parasitos de plantas prevaleceram com dominância de 81%, destacando-se os gêneros *Pratylenchus* sp. e *Helicotylenchus* sp. com dominância de 39% e 25%, respectivamente. Tais percentuais foram semelhantes aos encontrados por Mondino et al. (2009) em experimentos com abacaxi, feijão, consórcio milho-feijão e araruta. Assim como os de Kimenju et al. (2009) em cultivos com feijão e milho, e Li et al. (2007) em cultivo de milho.

Na área de floresta houve o predomínio dos nematóides de vida livre, os quais corresponderam a 64 % da abundância total, corroborando com os resultados encontrados por Kimenju et al. (2009) também em área de floresta. Essa resposta deve estar associada ao fato da floresta apresentar maior teor de matéria orgânica no solo, o que favorece a fauna microbiana, propiciando dominância dos nematóides de vida livre (Papatheodorou et al. 2004). Os bacteriófagos corresponderam a 21%. Estes, geralmente, estão associados à decomposição da matéria orgânica, o que justifica seu destaque em área de floresta. Yeates (2003) observou que a umidade e a matéria orgânica do solo proporcionam aumento relativo na quantidade de espécies Rhabditidae. Além disso, Yeates & Bongers (1999) ressaltaram a dominância de bacteriófagos em área de floresta sob condições temperadas. E, assim como o presente estudo, constataram também a baixa contribuição de predadores e parasitos de plantas nesse ambiente.

Os parasitos de plantas em área de floresta corresponderam a 36%, nos quais os gêneros predominantes foram *Xiphinema* sp. e *Tylosorus* sp., ambos com 12% de dominância. *Paratrichodorus* sp. foi o gênero de menor dominância. Mattos (1999) também observou a prevalência de *Xiphinema* sp., embora em área de vegetação nativa de Cerrado. Mattos et al. (2008) revelaram a dominância deste gênero em cultivos de *Eucalyptus* spp. e *Pinus caribaea*, associando-o a sistemas culturais com cultivo mínimo corroborando com Cadet et al. (2003).

Os predadores corresponderam a 5% em área de cana-de-açúcar e 12% em floresta. Estes regulam a cadeia alimentar pela predação de outros nematóides (Grewal et al. 2005). De acordo com Mattos (2002), a baixa dominância deste grupo trófico é aspecto característico de cultivos anuais.

A dominância dos onívoros em área cultivada com cana-de-açúcar foi de 8%, em contraste com a área de floresta, 30%. Este fato corrobora com o relatado de Gomes et al. (2003), em que os onívoros, com dominância maior que 25% em seus estudos, representam pouca intervenção humana.

Razões M/B e O+P/B+M+PP

A razão entre os nematóides micófagos e bacteriófagos (M/B) é considerada um importante indicador do processo de decomposição da matéria orgânica na cadeia alimentar (Sohlenius & Sandor 1987). Neste estudo, os valores da razão M/B foram 0,30 e 0,04, em área de cana-de-açúcar e floresta, respectivamente. Assim como em outros estudos, essa razão obteve valor menor que 1,0: Liang et al. (2001) registraram valores similares em áreas cultivadas com amendoim; Tong et al. (2010) também observaram valores próximos de 0,45 em diferentes tipos de vegetação florestal; e Steinberger et al. (2001), 0,52 em áreas desérticas.

Os baixos valores da razão M/B demonstram que a decomposição da matéria orgânica fundamentou-se mais na ação bacteriana do que na fúngica, corroborando com os resultados de Tomazini et al. (2008). Assim, as populações bacterianas favorecem as comunidades de bacteriófagos refletindo diretamente na decomposição da matéria orgânica (Freckman 1988). Com isso, o material orgânico se decompõe mais rápido (Porazinka & Coleman, 1995), porque a taxa de decomposição da cadeia alimentar baseada em bactérias é mais rápida que a baseada em fungos. Logo, a M/B reflete a estrutura das comunidades microbianas do solo (Liliana 2003).

Nesse estudo, a dominância de nematóides micófagos foi inexpressiva. Entretanto, os bacteriófagos se destacaram. De acordo com Niles e Freckman (1998), os Rhabditídeos predominam em fases iniciais da decomposição de matéria orgânica e com o tempo vai sendo substituída pela família Cephalobidae, a qual é predominante em comunidade madura. Considerando o exposto, as comunidades não atingiram o clímax nas áreas de estudo, pois houve prevalência de Rhabditídeos.

Quanto à razão O+P/B+M+PP, os valores refletiram a incidência mais baixa de onívoros e predadores em relação aos demais grupos tróficos, apresentando maior valor na área de floresta com 0,86 e menor valor na área cultivada com cana-de-açúcar com 0,16. Sendo que os baixos valores dessa razão são reflexos de cultivos anuais (Neher & Campbell 1994).

Propriedades físicas do solo e nematóides

A nematofauna associada às áreas estudadas foi correlacionada com propriedades físicas do solo (Tabela 2). Os solos dos locais avaliados são caracterizados por sua textura arenosa a franco arenosa. As correlações positivas foram expressas entre a fração granulométrica areia e os nematóides Rhabditidae e *Hemiciclyophora* sp., em área de floresta. Isso pode ser sustentado pelo fato de que bacteriófagos necessitam de espaços porosos maiores para suas atividades e os parasitos de plantas são favorecidos em solos com textura arenosa, corroborando com os resultados de Olabiyi et al. (2009) que ao estudar a nematofauna em ambientes com texturas de solo distintas, detectaram a prevalência de parasitos de plantas em solos de textura arenosa. Entretanto, correlações negativas foram expressas entre areia e *Acrobeles* sp., silte e *Aphelechoides* sp. e *Trichorus* sp., argila e *Hemicyclophora* sp..

Tabela 2. Coeficientes de correlação significativa entre as propriedades físicas do solo e as distribuições dos taxa que compõem a nematofauna associada à área de cultivo de cana-de-açúcar e à área de Floresta Atlântica.

	PF	U	DS	DP	Po	Ar	St	Ag	RMSP
Área de Cana									
Aph							-0,21*		
Rha									
Cric	0,26**								
Dory	-0,28**								
Heli	-0,29**								
Hemi		-0,17*	0,20*		-0,22**				
Melo	-0,23**		-0,24**		0,20*				
Mon	-0,19*	0,26**	-0,21*						
Prat			0,23**		-0,21*				
Xiph	-0,31**		-0,23**		0,17*				
Trich									
VL									-0,22*
Área de Floresta									
Acro						-0,12*			
Aph									
Rha	-0,14*		-0,21**		0,23**	0,12*			
Cric									0,18*
Dory	-0,16**								
Hemi						0,13*		-0,19**	
Melo									
Mon	-0,12*	-0,17**							
Para					-0,13*				
Tyle									
Tylo		-0,19**	-0,13*	0,16**				-0,12*	
Xiph									

Acro= *Acrobeles sp.*; Aph= *Aphelenchoides sp.* Rha= Rhabditidae; Cric= *Criconemella sp.*; Dory= Dorylaimidae; Heli= *Helicotylenchus sp.*; Hemi= *Hemicyclophora sp.*; Melo= *Meloidogyne sp.*; Mon= *Mononchus sp.*; Prat= *Pratylenchus sp.*; Para= *Paratrichodorus sp.*; Roty= *Rotylenchus sp.*; Tyle= *Tylenchus sp.*; Tric= *Trichodorus sp.*; Tylo= *Tyloporus sp.*; Xiph= *Xiphinema sp.*; Trich= Trichodorídeos; Endo= endoparasitas; Ecto= ectoparasitas; PP= parasitas de plantas; VL=vida livre; PF= profundidade; U=umidade; DS= densidade do solo; DP= densidade de partículas; Po= porosidade; Ar= areia; St= silte; Ag= argila; RMSP= resistência mecânica do solo à penetração.

* significativo em nível de 1%.

**significativo em nível de 5%.

No presente estudo foi constatada alta correlação significativa entre a umidade do solo e *Mononchus sp.*. Isso pode ter ocorrido pelo fato deste ser um nematóide pertencente ao grupo dos predadores, sendo favorecido por um maior teor de água no solo, facilitando a movimentação em busca de suas presas. Em contrapartida, o parasito de planta *Hemicyclophora sp.* apresentou correlação negativa com a umidade. E em área de floresta, a correlação negativa ocorreu entre a umidade e *Mononchus sp.* e *Tyloporus sp.*. Este comportamento pode estar associado à maior competição entre os representantes dos demais grupos tróficos.

Em relação à profundidade do solo, *Criconemella* sp. foi o único taxa que apresentou correlação positiva, embora, Li et al. (2007) afirmem que a distribuição de parasitos de plantas no perfil do solo seja reflexo da distribuição da raízes. No entanto, em área de floresta, houve correlação negativa entre a profundidade e os nematóides de vida livre: Rhabditidae, Dorylaimidae e *Mononchus* sp., evidenciando que estes se concentram nas camadas mais superficiais do solo, o que corrobora com os resultados de Tita et al. (2002) e Meng et al. (2006).

Em área de cana, a densidade do solo está positivamente correlacionada com os parasitos de plantas *Hemicycliophora* sp. e *Pratylenchus* sp. e negativamente com *Meloidogyne* sp., *Mononchus* sp. e *Xiphinema* sp.. Todavia, *Meloidogyne* sp. e *Xiphinema* sp. correlacionaram-se positivamente com a porosidade do solo, o que demonstra que esses gêneros são dependentes de espaços porosos, fundamentais para as trocas gasosas que se realizam via cutícula. Olabiyi et al. (2009) também observaram a predominância destes em solos de textura arenosa. *Hemicycliophora* sp. e *Pratylenchus* sp. apresentaram correlações negativas com a porosidade. Esses resultados corroboram com os referentes à *Pratylenchus* sp. observados por Li et al. (2007), enfatizando o desfavorecimento deste gênero pelos espaços porosos.

Em floresta, *Paratrichodorus* sp. correlacionou-se negativamente com a porosidade, o que demonstra a preferência deste gênero por espaços porosos. Ao contrário de Rhabditidae e *Tyloporus* sp. que obtiveram correlação negativa com a densidade do solo. Por outro lado, Rhabditidae correlacionou-se positivamente com a porosidade do solo, confirmando que os nematóides de vida livre reagem negativamente à diminuição dos espaços porosos, nos quais concentram suas atividades (Jones & Thomasson 1976, De Goede & Bongers 1994, Bouwman & Arts 2000).

Os nematóides de vida livre se correlacionaram negativamente com a RMSP, fato que pode ter ocorrido devido ao decréscimo dos espaços porosos pelo aumento da densidade do solo. Especificamente, Cephalobidae tiveram correlação inversa com a porosidade do solo, fato que também foi revelado por Yeates (2003), o qual sugeriu uma possível relação entre a degradação estrutural do solo e esta família. Entretanto, foi registrada alta correlação significativa entre o parasito de planta *Criconemella* sp. e a RMSP, confirmando os resultados encontrados por Bouwman & Arts (2000), ao evidenciarem que parasitos de plantas são influenciados positivamente em solos mais compactados, bem como, pela maior densidade do solo.

Correlação entre os grupos tróficos

Na área cultivada com cana-de-açúcar, os parasitos de plantas se correlacionaram com os demais grupos tróficos (Tabelas 3). Gomes et al. (2003) encontraram forte correlação entre parasitos de plantas e micófagos, entre parasitas de plantas e predadores, e entre micófagos e predadores. No presente estudo, *Meloidogyne* sp. correlacionou-se negativamente com *Pratylenchus* sp. Fato observado por Umesh e Ferris (1994), onde o gênero que parasita as raízes primeiro inibe a penetração do que tenta em seguida. Os nematóides de vida livre se destacaram, sendo que Rhabditidae teve correlação positiva com Dorylaimidae, Mononchidae, Aphelenchidae e parasitos de plantas. Dorylaimidae com os parasitos *Helicotylenchus* sp., *Meloidogyne* sp. e *Xiphinema* sp., e Mononchidae com *Xiphinema* sp..

Em condição de floresta, houve correlação significativa entre Rhabditidae e ectoparasitas e entre *Helicotylenchus* sp. e *Hemicycliophora* sp.. Os parasitos de plantas do gênero *Tylosorus* sp. correlacionaram-se com *Meloidogyne* sp., *Pratylenchus* sp. e *Xiphinema* sp. (Tabela 4).

Tabela 3. Coeficientes de correlação significativa entre as distribuições dos taxa que compõem a nematofauna associada à área de cultivo de cana-de-açúcar.

	<i>Acro</i>	<i>Aph</i>	<i>Rha</i>	<i>Cric</i>	<i>Dory</i>	<i>Heli</i>	<i>Hemi</i>	<i>Melo</i>	<i>Mon</i>	<i>Prat</i>	<i>Para</i>	<i>Roty</i>	<i>Tyle</i>	<i>Tric</i>	<i>Tylo</i>	<i>Xiph</i>
Área de Cana																
Acro																0,28**
Aph			0,34**													
Rha										0,39**						
Cric																
Dory			0,23**			0,27**		0,49**								
Heli					0,27**											
Hemi																
Melo					0,49**											
Mon																
Prat		0,26**						-0,17*								
Para																
Roty																
Tyle																
Tric				0,28**												
Tylo																
Xiph					0,20*				0,39**							
Trich				0,28**												
Endo	0,27**	0,28**								0,98**						
Ecto					0,29**	0,86**								0,25**		0,49**
PP	0,26**		0,20*		0,22**	0,56**				0,72**				0,21*		0,30**
VL		0,40**	0,65**		0,54**		0,23**	0,23**	0,75**							0,35**

Acro= *Acrobeles sp.*; Aph= *Aphelenchoides sp.* Rha= Rhabditidae; Cric= *Criconemella sp.*; Dory= Dorylaimidae; Heli= *Helicotylenchus sp.*; Hemi= *Hemicycliophora sp.*; Melo= *Meloidogyne sp.*; Mon= *Mononchus sp.*; Prat= *Pratylenchus sp.*; Para= *Paratrichodoros sp.*; Roty= *Rotylenchus sp.*; Tyle= *Tylenchus sp.*; Tric= *Trichodoros sp.*; Tylo= *Tylodorus sp.*; Xiph= *Xiphinema sp.*; Trich= Trichodorídeos; Endo= endoparasitas; Ecto= ectoparasitas; PP= parasitas de plantas; VL=vida livre.

* significativo em nível de 1%.

**significativo em nível de 5%.

Tabela 4. Coeficientes de correlação significativa entre as distribuições dos taxa que compõem a nematofauna associada à área de Floresta Atlântica.

	<i>Acro</i>	<i>Rha</i>	<i>Cric</i>	<i>Dory</i>	<i>Heli</i>	<i>Hemi</i>	<i>Melo</i>	<i>Mon</i>	<i>Prat</i>	<i>Para</i>	<i>Roty</i>	<i>Tyle</i>	<i>Tric</i>	<i>Tylo</i>	<i>Xiph</i>
Área de Floresta															
Acro															
Rha				0,12*											
Cric															
Dory															
Heli		0,16**									0,22**				
Hemi		0,14*	0,21**												
Melo										0,23**					
Mon													0,15*		
Prat			0,17**									0,37**			
Para															
Roty					0,22**										
Tyle							0,13**		0,37**						
Tric															
Tylo															0,28**
Xiph															
Trich								0,16**		0,55**			0,82**		
Endo			0,17**				0,78**		0,67**	0,16**		0,33**			
Ecto		0,17**	0,35**		0,25**	0,14*					0,14*		0,13*	0,74**	0,68**
PP		0,19**	0,38**		0,22**	0,16**	0,20**		0,22**		0,14*			0,69**	0,64**
VL	0,18**	0,57**		0,76**				0,40**						0,15*	

Acro= *Acrobeles sp.*; Aph= *Aphelenchoides sp.* Rha= Rhabditidae; Cric= *Criconemella sp.*; Dory= Dorylaimidae; Heli= *Helicotylenchus sp.*; Hemi= *Hemicyclophora sp.*; Melo= *Meloidogyne sp.*; Mon= *Mononchus sp.*; Prat= *Pratylenchus sp.*; Para= *Paratrichodorus sp.*; Roty= *Rotylenchus sp.*; Tyle= *Tylenchus sp.*; Tric= *Trichodorus sp.*; Tylo= *Tylodorus sp.*; Xiph= *Xiphinema sp.*; Trich= Trichodoridae; Endo= endoparasitas; Ecto= ectoparasitas; PP= parasitas de plantas; VL=vida livre.

* significativo em nível de 1%.

**significativo em nível de 5%.

Correlações entre as propriedades físicas do solo

A resistência mecânica do solo à penetração apresentou correlação significativa com a densidade do solo (Tabela 5). Resultados semelhantes foram obtidos por Ribon et al. (2003), Araújo et al. (2005) e Serafim et al. (2008), confirmando a existência da relação direta entre a densidade do solo e a resistência mecânica do solo à penetração. Em contrapartida, a resistência mecânica do solo à penetração correlacionou-se negativamente com umidade, corroborando com as afirmações de Imhoff et al. (2001), Utset & Cid (2001), Vaz et al. (2001), Castrignano et al. (2002), Cunha et al. 2002, Genro Júnior et al. (2004) e Kılıç et al. (2004).

Tabela 5. Coeficientes de correlação significativa entre as propriedades físicas do solo na área de cultivo de cana-de-açúcar e no remanescente de Floresta Atlântica.

	PF	U	DS	DP	Po	Ar	St	Ag	RMSP
Área de Cana									
PF									
U									
DS	0,28**	-0,46**							
DP	0,25**								
Po		0,48**	-0,76**	0,58**					
Ar		-0,34**	0,34**		-0,23**				
St		0,31**	-0,29**		0,27**	-0,81**			
Ag		0,27**	0,31**				0,55**		
RP	0,63**		0,37**		-0,26**				
Área de Floresta									
PF			0,24**						
U									
DS	0,24**								
DP									
Po	-0,29**		-0,86**	0,30**					
Ar									
St									
Ag									
RMSP	0,77**								

PF= profundidade; U=umidade; DS= densidade do solo; DP= densidade de partículas; Po= porosidade; Ar= areia; St= silte; Ag= argila; RMSP= resistência mecânica do solo à penetração. * significativo em nível de 1%. **significativo em nível de 5%.

Tanto a densidade do solo quanto a resistência mecânica do solo à penetração estão correlacionadas com a profundidade (Tabela 5), o que também foi relatado por Franzen et al. (1994) e Bouwman & Arts (2000). Conseqüentemente, estão correlacionadas negativamente com a porosidade. Resultado que se assemelha ao de Lopes et al. (2007). Assim, a resistência mecânica do solo à penetração foi maior na área cultivada com cana, evidenciando maiores níveis de compactação desta área

quando comparada à área de vegetação nativa (Figura 1). Segundo Bouwman & Arts (2000) a RMSP é maior em áreas mais compactadas. Entretanto, Costa et al. (2003) revelou que o cultivo convencional em comparação com vegetação nativa, aumentou a RMSP devido à degradação das propriedades relacionadas com a forma e com a estabilidade da estrutura do solo, evidenciada, também, pelo aumento da densidade do solo. Os resultados obtidos no presente estudo corroboram com as observações de Valpassos et al. (2001), as quais revelam que a densidade do solo foi menor em área de vegetação nativa quando comparada com sistemas agrícolas manejados ou não.

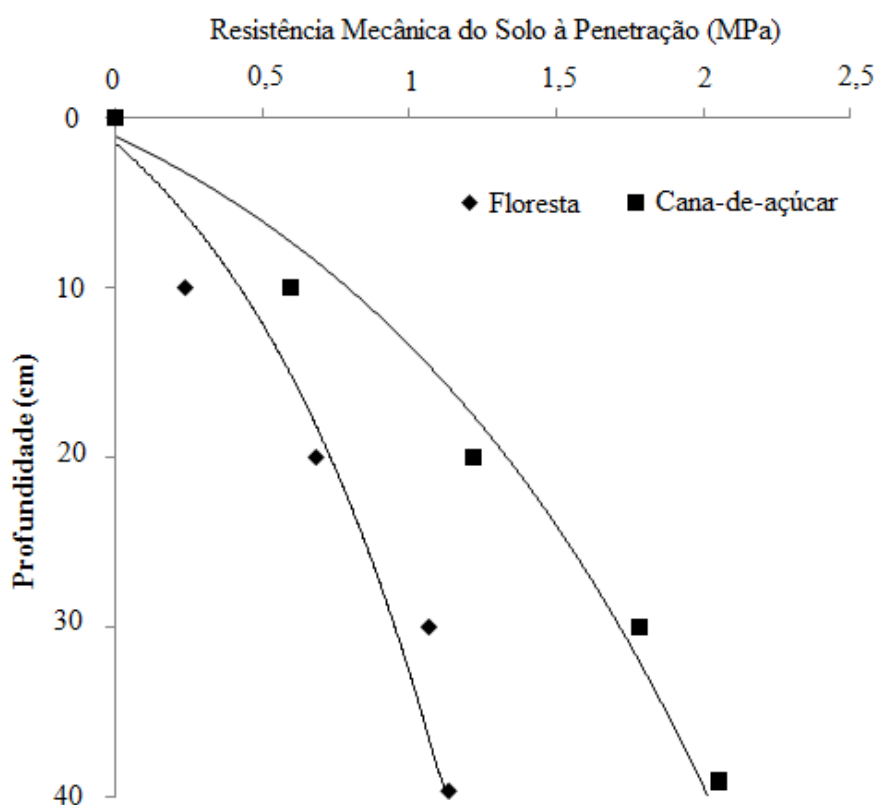


Figura 1. Resistência mecânica do solo à penetração (RMSP) avaliada em diferentes profundidades em dois ambientes distintos: cultivo convencional de cana-de-açúcar e remanescente de Floresta Atlântica na Zona da Mata Norte de Pernambuco.

Em relação às frações granulométricas, a argila correlacionou-se positivamente com a densidade do solo, semelhante ao resultado de Kılıç et al. (2004). A argila também se correlacionou positivamente com a umidade e silte. A areia foi correlacionada negativamente com a umidade e a porosidade e positivamente com a densidade do solo. Enquanto o silte apresentou correlação positiva com a umidade e a porosidade e negativa com areia e densidade do solo.

Conclusões

- O número total de nematóides não diferiu entre os ambientes, porém na estrutura trófica das comunidades em área de floresta prevaleceram os nematóides de vida livre: onívoros seguidos dos bacteriófagos. Enquanto que na área de cana prevaleceram os parasitos de plantas;

- A diversidade de nematóides foi maior na área remanescente de Floresta Atlântica;

- A resistência mecânica do solo à penetração foi maior em área cultivada com cana-de-açúcar, afetando diretamente as comunidades de nematóides de vida livre;

- A família Dorylaimidae foi a mais sensível às alterações das propriedades físicas do solo.

Referências

- Araújo, M. A., Tormena, C. A., & Silva, A. P. (2005). Propriedades físicas de um Latossolo Vermelho distrófico cultivado e sob mata nativa. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(2), 337-345.
- Bongers, T. (1990). The maturity index: An ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia*, 83(1), 14-19.
- Bouwman, L. A., & Arts, W. B. M. (2000). Effects of soil compaction on the relationships between nematodes, grass production and soil physical properties. *Applied Soil Ecology*, 14(3), 213-222.
- Busscher, W. J., Frederick, J. R., & Bauer, P. J. (2000). Timing effects of deep tillage on penetration resistance and wheat and soybean yield. *Soil Science Society of America Journal*, 64(3), 999-1003.
- Cadet, P., Pate, E., & Thioulouse, J. (2003). Relationship of nematode communities to human demographics and environment in agricultural fields and fallow lands in Senegal. *Journal of Tropical Ecology*, 19 (3), 279–290.
- Cares, J. H., & Huang, S. P. (1991). Nematode fauna in natural and cultivated cerrados of Central Brazil. *Fitopatologia Brasileira*, 16(3), 199-209.
- Castrignano, A., Maiorana, M., Fornaro, F., & Lopez, N. (2002). 3D spatial variability of soil strength and its change over time in a durum wheat field in southern Italy. *Soil and Tillage Research*. 65(1), 95-108.
- CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento (2010). Acompanhamento da safra brasileira: cana-de-açúcar, 1º levantamento: abril. <www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/1_levantamento2010_abr2010.pdf> Acessado: 15/05/2010.

Costa, F. S., Albuquerque, J. A., Bayer, C., Fontoura, S. M. V., & WOBETO, C. (2003). Propriedades físicas de um Latossolo Bruno afetadas pelos sistemas plantio direto e preparo convencional. *Revista Brasileira de Ciência de Solo*, 27(3), 527-535.

Cunha, J. P. A. R., Vieira, L. B., & Magalhães, A. C. (2002). Resistência mecânica do solo à penetração sob diferentes densidades e teores de água. *Engenharia na Agricultura*, 10(1-4), 1-7.

De Goede, R. G. M., & Bongers, T. (1994). Nematode community structure in relation to soil and vegetation characteristics. *Applied Soil Ecology*, 1(1), 29-44.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1997). *Manual de métodos de análises de solo*. Centro Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 2th Ed., 212 p.

Freckman, D. W., & Caswell, E.P. (1985). The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology*, 23, 275-296.

Franzen, H.; Lal, R., & Ehlers, W. (1994). Tillage and mulching effects on physical properties of a tropical alfisol. *Soil Tillage Research*, 28(3-4), 329-346.

Genro Júnior, S.A., Reinert, D.J., & Reichert, J.M. (2004). Variabilidade temporal da resistência à penetração de um latossolo argiloso sob semeadura direta com rotação de culturas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 28(3), 477-484.

Gomes, G. S., Huang, S. P., & Cares, J. E. (2003). Nematode community, trophic structure and population fluctuation in soybean fields. *Fitopatologia Brasileira*, 28(3), 258-266.

Goulart, A. M. C., & Ferraz, L. C. C. B. (2003). Comunidades de nematóides em Cerrado com vegetação original preservada ou substituída por culturas. 1. Diversidade trófica. *Nematologia Brasileira*, 27(2), 123-128.

Grewal, P. S., Ehlers, R.U., & Shapiro-Ilan, D.I. (2005). *Nematodes As Biocontrol Agents*. CABI Publishing, CAB International, Oxon, U.K., 505 p.

Gupta, V. V. S. R., & Yeates, G. W. (1997). Soil microfauna as bioindicators of soil health. In: C.E. Pankhurst, B.M. Doube & V.V.S.R. Gupta (Eds.), *Biological Indicators of Soil Health* (pp. 201-233), UK: CABI.

Imhoff, S., Silva, A.P., Dias Júnior, M. S., & Tormena, C.A. (2001). Quantificação de pressões críticas para o crescimento das plantas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 25(1), 11-18.

Jenkins, W.R. (1964). A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. *Plant Disease Reporter*, 48(9), 692-695.

Kandji, S. T., Ogot, C. K. P. O., & Albrecht, A. (2001). Diversity of plant-parasitic nematodes and their relationships with some soil physic-chemical characteristics in improved fallows in western Kenya. *Applied Soil Ecology*. 18(2), 143-157.

Kılıç, K., Özgöz, E., & Akbas, F. (2004). Assessment of spatial variability in penetration resistance as related to some soil physical properties of two fluents in Turkey. *Soil & Tillage Research*, 76(1), 1-11.

Kimenju, J. W., Karanja, N. K., Mutua, G. K., Rimberia, B. M., & Wachira, P. M. (2009). Nematode community structure as influenced by land use and intensity of cultivation. *Tropical and subtropical agroecosystems*, 11(2), 353-360.

Jones, F. G. W. & A. J. Thomasson. (1976). Bulk density as an indicator of pore space in soils usable by nematodes. *Nematologica* 22(2), 133-137.

Lanzanova, M. E., Nicoloso, R. S., Lovato, T., Eltz, F. L. F., Amado, T. J. C., & Reinert, D. J. (2007). Atributos físicos do solo em sistema de integração lavoura-pecuária sob plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*. 31(5), 1131-1140.

Li, Q., Liang, W., & Ou, W. (2007). Responses of nematode communities to different land uses in an aquic brown soil. *Biodiversity Science*, 15(2), 172–179.

Liang, W., Lavian, I., & Steinberger, Y. (2001). Effect of agricultural management on nematode communities in a Mediterranean agroecosystem. *Journal of Nematology*, 33(4), 208-213.

Liliana, R. (2003). Nematode soil faunal analysis of decomposition pathways in different ecosystems. *Nematology*, 5(2), 179–181.

Lopes, R. A. P., Nóbrega, L. H. P., Uribe-Opazo, M. A., Prior, M., & Pereira, J. O. (2007). Propriedades físicas de Latossolo Vermelho distroférico típico sob sistemas de manejo na sucessão soja-milho no período de três anos. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 29 (5), 721-727.

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 – RAPP*, 10, 373-390.

Mattos, J. K. A., Andrade, E. P., Teixeira, M. A., Castro, A. P. G., & Huang, P. S. (2008). Gêneros-Chaves de Onze Diferentes Comunidades de Nematóides do Solo na Região dos Cerrados do Brasil Central. *Nematologia Brasileira*, 32(2), 142-149.

May, W. F., Mullin, P. G., Lyon, H. H., & Loeffle, K. (1996). *Plant-parasitic nematodes: a pictorial key to genera*. 5th Ed. Cornell University Press, Ithaca, 277 p.

Meng, F., Ou, W., Li, Q., Jiang, Y., & Wen, D. (2006). Vertical distribution and seasonal fluctuation of nematode trophic groups as affected by land use. *Pedosphere*, 16(2), 169-176.

Mondino, E. A., Chaves, E. J., & Clausen, A. M. (2006). Distribution of nematodes in potato fields soil in Andean Valleys of Argentina. *Revista Facultad de Agronomia UBA*, 26(2), 141-148.

Mondino, E. A., Tavares, O. C. H., Ebeling, A. G., Figueira, A. F., Emmeris Ivan Quintero, E. I., & Berbara, R. L. L. (2009). Avaliação das comunidades de nematóides do solo em agroecossistemas orgânicos. *Acta Scientiarum Agronomy*. 31(3), 509-515.

Myers, N., Mittermeier, R. A. C. G., Fonseca, G. A. B., & Kent, J. (2000). Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403(6772), 853-858.

Neher, A. D., & Campbell, C. L. (1994). Nematode communities and microbial biomass in soils with annual and perennial crops. *Applied Soil Ecology*, 1(1), 17-28.

Neher, D. A. (1999). Nematode communities in organically and conventionally managed agricultural soils. *Journal of Nematology*, 31(2), 142–154.

Neher, D. A. (2001). Nematode communities as ecological indicators of agroecosystem health. (Pp. 105–120) In: S. R. Gliessman (Ed.) *Agroecosystem sustainability: Developing practical strategies*. Boca Raton, FL: CRC/Lewis Press.

Niles, R.K., & D.W. Freckman (1998). From the ground up: nematode ecology in bio-assessment and ecosystem health. In: Bartles, J.M. (Ed.), *Plant and nematode interactions* (p. 65-85). ASA/CSSA/SSSA, Madison.

Olabiyyi, T. I., Olayiwola, A. O. & Oyediran, G. O. (2009). Influence of soil textures on distribution of phytonematodes in the South Western. *World Journal of Agricultural Sciences*, 5(5), 557-560.

Papatheodorou, E. M., Argyropoulou, M. D., Stamou, G. P. (2004). The effects of large and small-scale differences in soil temperature and moisture on bacterial functional

diversity and the community of bacterivorous nematodes. *Applied Soil Ecology*, 25(1), 37-49.

Pattison, A.B., Moody, P.W., Badcock, K.A., Smith, L.J., Armour, J.A., Rasiah, V., Cobon, J.A., Gulino, L.M. & Myer, R. (2008). Development of key soil health indicators for the Australian banana industry. *Applied Soil Ecology*, 40 (1), 155-164.

Porazinka, D.L., & Coleman D.C. (1995). Ecology of nematodes under influence of *Cucurbita* spp. and different fertilizer types. *Journal of Nematology*, 27(4S), 617–623.

Qi, Y., & Hu, C. (2007). Soil nematode abundance in relation to diversity in different farming management system. *World Journal of Agricultural Sciences*, 3(5), 587-592.

Ribeiro, M. C., Metzger, J. P., Martensen, A. C., Ponzoni, F. J. & Hirota, M. M. (2009). The Brazilian Atlantic Forest: How much is left, and how is the remaining forest distributed? Implications for conservation. *Biological Conservation*, 142(6), 1141–1153.

Ribon, A. A., Centurion, J. F., Centurion, M. A. P. C., & Pereira, G. T. (2003). Densidade e resistência a penetração de solos cultivados com seringueira sob diferentes manejos. *Acta Scientiarum: Agronomy*, 25(1), 13-17.

SAS. Statistical Analysis System. (2003). Institute Inc. SAS/STAT. User's guide. Version 9. Cary, NC: SAS Institute Inc.

Seixas, F., & Oliveira Júnior, E. D. (2001). Compactação do solo devido ao tráfego de máquinas de colheita de madeira. *Scientia Forestalis*, 60, 73-88.

Serafim, M. E., Vitorino, A. C. T., Peixoto, P. P. P., Souza, C. M. A., & Carvalho, D. F. (2008). Intervalo hídrico ótimo em um latossolo vermelho distroférrico sob diferentes sistemas de produção. *Engenharia Agrícola*, 28(4), 654-665.

Silva, J. M. C., & Tabarelli, M. (2000). Tree species impoverishment and the future flora of the Atlantic forest of northeast Brazil. *Nature*, 404(6773), 72-74.

Sohlenius, B., & Sandor, A. (1987). Vertical distribution of nematodes in arable soil under grass (*Festuca pratensis*) and barley (*Hordeum distichum*). *Biology and Fertility of Soils*, 3(1-2), 19–25.

Souza, A. L., Schettino, S., Jesus, R. M., & Vale, A. B. (2002). Dinâmica da regeneração natural em uma floresta ombrófila densa secundária, após corte de cipós, reserva natural da Companhia Vale do Rio Doce S.A., Estado do Espírito Santo, Brasil. *Revista Árvore*, 26(4), 411-419.

Souza, Z. M., Marques Júnior, J., & Pereira, G. T. (2010). Geoestatística e atributos do solo em áreas cultivadas com cana-de-açúcar. *Ciência Rural*, 40(1).

Steinberger, Y., Liang, W., Savkina, E., Meshi, T., Barness, G. (2001). Nematode community composition and diversity associated with a topoclimatic transect in a rain shadow desert. *Europe Journal Soil Biology*, 37(4), 315-320.

Tita, G., Desrosiers, G., Vincx, M., & Clément, M. (2002). Intertidal meiofauna of the St Lawrence estuary (Québec, Canada): diversity, biomass and feeding structure of nematode assemblages. *Journal of the Marine Biology Association of the U.K.*, 82 (5), 779–791.

Tong, F., Xiao, Y., & Wang, Q. (2010). Soil nematode community structure on the northern slope of Changbai Mountain, Northeast China. *Journal of Forestry Research*, 21(1), 93-98.

Umesh, K. C., & Ferris, H. (1994). Influence of temperature and host plant on the interaction between *Pratylenchus neglectus* and *Meloidogyne chitwoodi*. *Journal of Nematology*, 26(1), 65-71.

Urzelai, A., Hernandez, A. J., & J. Pastor, J. (2000). Biotic indices based on soil nematode communities for assessing soil quality in terrestrial ecosystems. *Science of the Total Environment*, 247(2-3), 253–261.

Utset, A., & Cid, G. (2001). Soil penetrometer resistance spatial variability in a Ferralsol at several soil moisture conditions. *Soil and Tillage Research*, 61(3-4), 193–202.

Valpassos, M. A. R., Cavalcante, E. G. S., Cassiolato, A. M. R., & Alves, M. C. (2001). Effects of soil management systems on soil microbial activity, bulk density and chemical properties. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 36(12), 1539-1545.

Vaz, C. M. P., Bassoi, L. H., & Hopmans, J. W. (2001). Contribution of water content and bulk density to field soil penetration resistance as measured by a combined cone penetrometer-TDR probe. *Soil and Tillage Research*, 60(1-2), 35–42.

Wasilewska, L. (1997). Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil-inhabiting nematodes. *Russian Journal of Nematology*, 5(2), 113-126.

Yeates, G. W. (1999). Effects of plants on nematode community structure. *Annual Review of Phytopathology*, 37,127-149.

Yeates, G. W. (2003). Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils*, 37(4), 199–210.

Yeates, G. W., & Bongers, T. (1999). Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture Ecosystem Environment*, 74(1), 113-135.

Yeates, G. W., & Pattison, A. B. (2006). Moving up the Food Chain: Protozoa and nematodes. In: N. Uphoff, A. S. Ball, E. Fernandes, H. Herren, O. Husson, M. Laing (Eds), *Biological approaches to sustainable soil systems* (pp. 149–162), CRC / Marcel Dekker, New York.

Yeates, G. W., Bongers, T., De Goede, R. G .M., Freckman, D. W., & Georgieva, S. S. (1993). Feeding habits in soil nematode families and genera - an outline for soil ecologists. *Journal of Nematology*, 25(3), 315-331.

ANEXOS



Anexo 1. Vista aérea da Usina Santa Teresa, Goiana, PE.



Anexo 2. Vista parcial da área de cultivo de cana de açúcar, lote 168, Engenho Bujari, Usina Santa Teresa, Goiana, PE.



Anexo 3. Vista parcial do fragmento de Floresta Atlântica, na Usina Santa Teresa, Goiana, PE.



Anexo 4. Marcação dos transectos na área de cana (A) e de floresta (B), na Usina Santa Teresa, Goiana, PE.



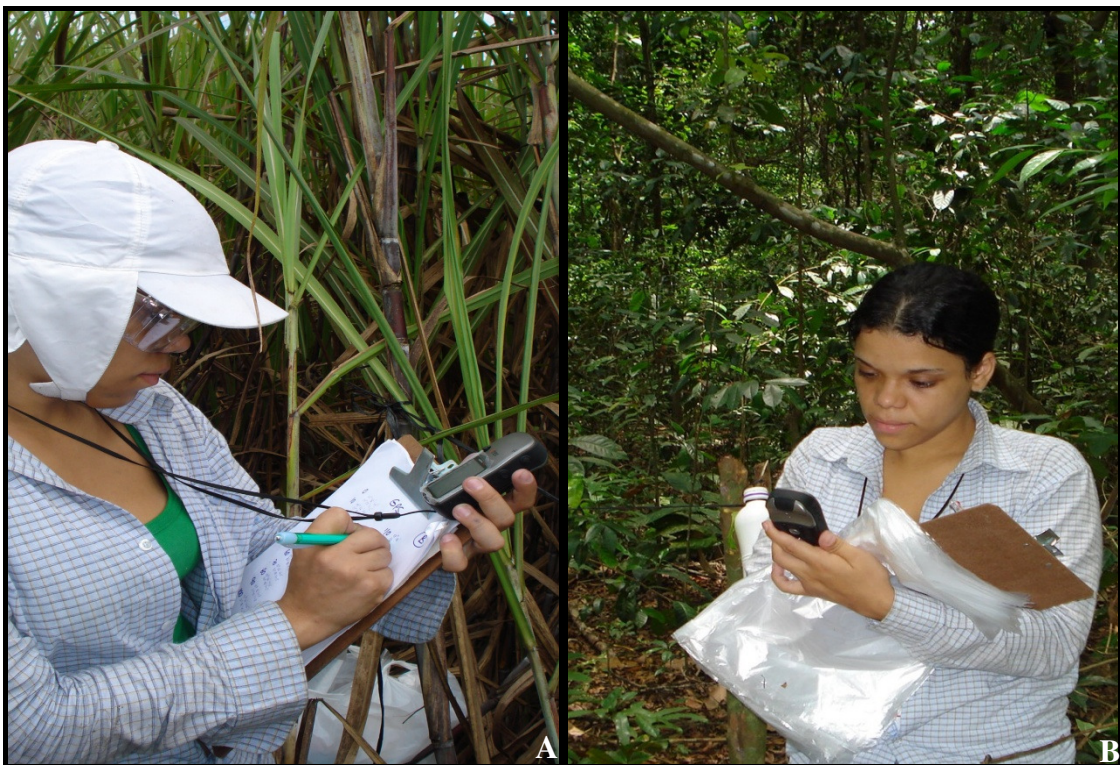
Anexo 5. Aferição da resistência mecânica do solo à penetração com penetrógrafo digital em área de cana (A) e floresta (B).



Anexo 6. Amostragem de solo com trado de amostra indeformada para análises físicas (A) e retirada da amostra de solo do anel cilíndrico (B).



Anexo 7. Coleta de solo em diferentes profundidades para análises nematológicas.



Anexo 8. Georeferenciamento dos pontos de amostragem.