



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
"JÚLIO DE MESQUITA FILHO"
Campus de Botucatu



ADRIANA APARECIDA GABIA

INFLUÊNCIA DO MANEJO DA CULTURA DA SOJA NA POPULAÇÃO DE
Rotylenchulus reniformis E SEU COMPORTAMENTO ESPACIAL

Botucatu

2017

ADRIANA APARECIDA GABIA

INFLUÊNCIA DO MANEJO DA CULTURA DA SOJA NA POPULAÇÃO DE
Rotylenchulus reniformis E SEU COMPORTAMENTO ESPACIAL

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agronômicas da Unesp Campus de Botucatu, para obtenção do título de Doutora em Agronomia (Proteção de Plantas).

Orientadora: Prof^a.Dr^a.SILVIA RENATA

SICILIANO WILCKEN

Botucatu

2017

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO - DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

G113i Gabia, Adriana Aparecida, 1984-
Influência do manejo da cultura da soja na população de *Rotylenchulus reniformis* e seu comportamento espacial / Adriana Aparecida Gabia. - Botucatu : [s.n.], 2017
61 p. : grafs. color., ils. color., tabs.

Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2017
Orientador: Silvia Renata Siciliano Wilcken
Inclui bibliografia

1. Soja - Doenças e pragas. 2. Nematoda em plantas. 3. Geologia - Métodos estatísticos. I. Wilcken, Silvia Renata Siciliano. II. Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho" (Câmpus de Botucatu). Faculdade de Ciências Agrônômicas. III. Título.

"Permitida a cópia total ou parcial deste documento, desde que citada a fonte"



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Botucatu




CERTIFICADO DE APROVAÇÃO


TÍTULO: "INFLUÊNCIA DO MANEJO DA CULTURA DA SOJA NA POPULAÇÃO DE *Rotylenchulus reniformis* E SEU COMPORTAMENTO ESPACIAL"

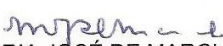
AUTORA: ADRIANA APARECIDA GÁBIA


ORIENTADORA: SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN

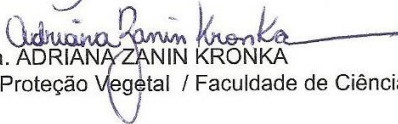
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Doutora em AGRONOMIA (PROTEÇÃO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dra. SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN
Departamento de Produção Vegetal / FCA / UNESP - Botucatu/SP


Prof. Dr. DIEGO AUGUSTO DE CAMPOS MORAES
Depto de Análise e Desenvolvimento de Sistemas / Faculdade Eduvale de Avaré


DRa MARIA JOSÉ DE MARCHI GARCIA
- / APTA - REGIONAL CENTRO OESTE


Prof. Dr. ANTONIO CARLOS MARINGONI
Dep de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu


Profa. Dra. ADRIANA ZANIN KRONKA
Depto de Proteção Vegetal / Faculdade de Ciências Agrônomicas - UNESP

Botucatu, 02 de fevereiro de 2017.

OFEREÇO...

Com imenso amor aos meus pais, Antônio e Clarice.

DEDICO COM AMOR E CARINHO...

Aos meus irmãos Jair e Edvaldo

AGRADECIMENTO

À Deus e a Nossa Senhora Aparecida pelas oportunidades concedidas.

Aos meus pais Antônio Gabia Filho e Clarice Leme Gabia, pela educação e pela confiança que sempre atribuíram a mim.

Aos meus irmãos Jair Donizete Gabia e Edvaldo Gabia, por me ajudarem ao longo dessa caminhada.

À Dr^a Silvia Renata Siciliano Wilcken pela orientação, paciência, carinho e amizade.

À Maria de Fátima Almeida Silva pela ajuda nos experimentos e pelos grandes ensinamentos.

Aos funcionários da Fazenda Lageado, em especial Mario Munhoz “Marinho”, pela ajuda na avaliação do experimento em campo.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela bolsa de estudos fornecida.

RESUMO

O nematoide reniforme, *Rotylenchulus reniformis*, considerado de interesse secundário, passou a ser um dos mais importantes problemas fitossanitários na cultura da soja. Os objetivos desse trabalho foram avaliar a interferência de diferentes cultivos na população de *R. reniformis* e a distribuição horizontal, vertical e temporal da população desse nematoide em área de cultivo de soja, determinando o número de subamostras necessárias para a formação de uma amostra composta representativa. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, município de Botucatu, SP, em área naturalmente infestada por *R. reniformis*. Para avaliar a interferência de diferentes sistemas de cultivo sobre a população do nematoide reniforme, o experimento foi conduzido por quatro anos consecutivos, amostrando solo e raiz de 100 pontos distribuídos em 1 ha. As amostragens foram realizadas aos 80 e 140 dias após a instalação de cada cultura (soja, milho e aveia) e na segunda quinzena de outubro, para os anos de entressafra sem cultura. Para estudar a distribuição horizontal, vertical e temporal da população desse nematoide em área de cultivo de soja, uma malha regular de 100 pontos equidistantes (10m x 10m), distribuídos em 1 ha, foi amostrada. As amostras de solo foram retiradas nas profundidades 0,0–0,2 e 0,2–0,4 m. Para verificar a existência e estimar o grau de dependência espacial entre as populações, utilizou-se a análise geoestatística. Após o ajuste do variograma foi realizada a krigagem e sequencialmente o mapa de distribuição espacial de nematoides na área. No estudo realizado para avaliar a interferência de diferentes cultivos sobre a população de *R. reniformis*, pode-se verificar que o manejo da entressafra com cultivo da aveia e/ou sem cultura, mas com livre crescimento de plantas invasoras, não interferiu na população do nematoide. No estudo da distribuição de *R. reniformis* em área cultivada com soja, verificou-se na distribuição horizontal, as populações se apresentaram mais elevadas na região central da área amostrada, com populações intermediárias nas extremidades. Nesse caso, o espaçamento de subamostras de solo para compor uma amostra representativa da população de *R. reniformis* na área amostradas foi de 20,4 metros, necessitando de 21 subamostras para compor uma amostra representativa, e o período mais adequado para a amostragem, nesse caso, é aos 80 ou 140 dias após o plantio, amostrando o perfil de 0-40 cm. Verificou-se ainda,

que a população do nematoide reniforme é menor no período que antecede a instalação da cultura e que sua distribuição vertical pode variar de acordo com o ciclo da cultura de soja.

Palavras-chave: Nematoide reniforme, sistemas de cultivo, amostragem, geoestatística, *Glycine max*.

ABSTRACT

The reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis*, considered of secondary interest to soybean, has become one of the most important phytosanitary problems in the crop. The objectives of this work were to evaluate the interference of different crops system in the *R. reniformis* population and horizontal and vertical distribution of the nematode population in a soybean growing area, determining the number of subsamples necessary for the formation of representative composite sample. The experiment was carried out at Experimental Farm Lageado, municipality of Botucatu, SP, in an area naturally infested by *R. reniformis*. To evaluate the interference of different cropping systems on the reniform nematode population, the experiment was conducted for four consecutive years, sampling soil and root of 100 points distributed in 1 ha. Samples were taken at 80 and 140 days after the installation of each crop (soybean, corn and oats) and in the second fortnight of October, for the off-crop years. In order to study the horizontal and vertical distribution of the nematode population in a soybean growing area, a regular mesh of 100 equidistant points (10m x 10m) distributed in 1 ha was sampled. Soil samples were taken at depths of 0.0-0.2 and 0.2-0.4 m. To verify the existence and to estimate the degree of spatial dependence among the populations, the geostatistical analysis was used. After adjustment of the variogram, kriging and sequentially the map of spatial distribution of nematodes in the areas were performed. In the study to evaluate the interference of different crops on the population of *R. reniformis*, it can be verified that the management of the oyster crop and / or without crop, but with free growth of invasive plants, did not interfere in the nematode population and The survival of this can be influenced by the presence of invasive plants of the cultivated area. In the study of the distribution of *R. reniformis* in cultivated area with soybean, verified in the horizontal distribution that the populations were higher in the central region of the sampled area with intermediary populations in the extremities. In this case, the spacing of soil subsamples to compose a representative sample of the population of *R. reniformis* in the sampled area was 20.4 meters and the best period for sampling, in this case, is at 80 and 140 days after planting, sampling the profile of 0-40 cm. It also verified that the population of the reniform nematode is smaller in the period that

precedes the installation of the culture. And their vertical distribution may vary according to the development of the soybean crop.

Key words: Reniform nematode, crop systems, sampling, geostatistics, *Glycine max.*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO GERAL	15
1.1	Nematoídes na cultura da soja.....	16
1.2	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	16
1.3	Interferência do sistema de produção na comunidade nematológica.....	19
1.4	Distribuição espacial e temporal de fitonematoídes.....	20
1.4.1	Distribuição espacial.....	20
1.4.1.1	Distribuição horizontal.....	21
1.4.1.2	Distribuição vertical.....	22
1.4.2	Distribuição temporal.....	24
	CAPÍTULO I “Interferência do sistema de cultivo na população de <i>Rotylenchulus reniformis</i> ”	26
	CAPÍTULO II “Distribuição de <i>Rotylenchulus reniformis</i> em área cultivada com soja”	40
2	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	57
	REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO GERAL

A soja, *Glycine max* (L.), é originária da China, com registros na literatura desde 2.300 a.C. Da China a cultura foi introduzida no Japão e na Coreia, chegando no ocidente no fim do século XV e início do século XVI (MANARA, 1988).

A cultura da soja passou a despertar o interesse de muitos países após a descoberta de suas propriedades proteicas. Foi introduzida nos Estados Unidos, no final do século XIX, como cultura forrageira, posteriormente, para produção de grãos (MANARA, 1988). No Brasil, a soja foi introduzida em 1882, no estado da Bahia, em seguida trazida para São Paulo (IAC-Campinas). Seu cultivo comercial deu início no Rio Grande do Sul na década de 40, a partir da década de 70, se expandiu para as diversas regiões do país, se destacando pela produção de alimentos saudáveis e pela geração de energia renovável, conhecida como biodiesel (CÂMARA, 1998).

A soja tem grande destaque no cenário nacional, devido a sua alta produtividade e geração de renda no país. Trata-se de uma leguminosa rica em minerais como zinco e potássio, sendo muito utilizada no preparo de diversos pratos (MORAIS; SILVA, 1996). Além do consumo humano, a soja ainda pode ser utilizada como adubação verde, na produção de silagem e farelo, fabricação de tintas, cosméticos entre muitos outros (CÂMARA, 1998).

Atualmente, é a cultura mais importante para a economia brasileira, ocupando mais de 33 milhões de ha, distribuídos em vinte estados, nas mais diversas regiões geográficas (CONAB, 2016). Os maiores produtores nacionais de soja são os estados de Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul e Goiás. Na safra de 2014/2015, o país cultivou aproximadamente 31 milhões de hectares, produzindo o equivalente a 95 milhões de toneladas e mantendo-se como segundo maior produtor e exportador mundial, ficando atrás apenas dos EUA (EMBRAPA, 2016). Dos estados produtores de soja, Mato Grosso é responsável por aproximadamente 28% da produção nacional, seguido pelo estado do Paraná (20,3%), e Rio Grande do Sul (14,0%) (CONAB, 2016). O destaque para a produção na região Centro-Oeste pode ser associado às boas condições oferecidas, como, clima favorável, extensas áreas cultivadas e elevado nível tecnológico, possibilitando o cultivo de aproximadamente 15 milhões de hectares (CONAB, 2016).

1.1 Nematoides na Cultura da Soja

Com o crescimento da área cultivada com soja iniciaram-se os problemas fitossanitários, limitando a obtenção de altos rendimentos (YORINORI, 2002). Os danos causados por fitonematoides têm causado grandes perdas à cultura tornando-se motivo de preocupações constantes (MACHADO et al., 2005).

A cultura da soja já foi relacionada a mais de 100 espécies de fitonematoides, em todo o mundo (DIAS et al., 2010). No Brasil, os nematoides mais importantes para à cultura são o Nematóide do Cisto da Soja (NCS), *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952); nematoides do gênero *Meloidogyne*, principalmente *Meloidogyne incognita* (Koifoid & White, 1919) Chitwood, 1949 e *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood, 1949; o nematóide das lesões radiculares, *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929); e o nematóide reniforme, *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira, 1940) (ALVES, 2008).

1.2 *Rotylenchulus reniformis*

Rotylenchulus reniformis é uma espécie cosmopolita, disseminada nas regiões tropicais e subtropicais, com ocorrência no Brasil e em outros países, como Cuba, Venezuela, Angola, Nigéria, Malawi, Siri Lanka, Ghana e Estados Unidos, onde se tornou um dos principais problemas fitossanitários do algodão (SCHMITT; NOEL, 1984).

No Brasil, tem como principal hospedeiro à cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*), causando perdas significativas (ROBINSON, 2007). No Mato Grosso do Sul, foram observadas reduções de produtividade de até 60,6 % em áreas com altas infestações desse nematóide nesse cultura (ASMUS, 2004). Em áreas onde a população é elevado e se tem o uso de cultivares suscetíveis podem ocorrer perdas superiores a 74 % (ALMEIDA et al., 2003). Apesar da ampla distribuição do nematóide em algumas áreas produtoras, são escassas as informações sobre sua dinâmica populacional e seu impacto em cultivos de algodoeiro. No estado de São Paulo, por exemplo, o nematóide reniforme ocorre em 92,3 % das áreas produtoras de algodão (MACHADO et al., 2005).

Nos EUA, dados sobre perdas causadas por *R. reniformis* em algodoeiro indicam que populações acima de 600 espécimes/200 cm³ de solo causam danos à cultura (STARR, 1998). No Brasil, as condições edafoclimáticas e a reação das cultivares utilizadas podem modificar esse número (ASMUS, 2004). Asmus (2005a) demonstrou que a produtividade de algodão é inversamente correlacionada ($r = -0,67$, $p < 0,01$) com a densidade populacional do nematoide reniforme presente no solo. Em áreas algodoeiras situadas na região de Aral Moreira (MS) e naturalmente infestadas com altas populações de *R. reniformis* (956 espécimes / 200 cm³ de solo), nenhuma das cultivares que foram testadas expressou reação de tolerância ao nematoide (ASMUS; LAMAS, 2007).

Em soja, este nematoide foi considerado especialmente importante no sudeste dos EUA (KINLOCH, 1998) e no Centro-Oeste do Brasil (ASMUS, 2005a; DIAS et al., 2010), onde estima-se que ocorra em elevadas populações em 29% dos municípios produtores de soja no estado do Mato Grosso do Sul (DIAS et al., 2010), causando perdas de até 32% na produção (ASMUS, 2005a; ASMUS et al., 2003).

Além da soja, esse nematoide pode atacar culturas como fumo, abacaxi e feijão, entre outras (DIAS et al., 2010).

Rotylenchulus reniformis apresenta quatro fases juvenis: J1 (formado dentro do ovo, após sua primeira ecdise); J2 (eclode e migra para o solo); J3 e J4 (imaturos não se alimentando nesta fase); e adulto (SIYAKUMAR; SESHADRJ, 1971).

Machos na fase adulta são comuns no solo, não se alimentam e permanecem móveis. As fêmeas são ectoparasitas sedentárias, ovopositando de 50 a 120 ovos em massas gelatinosas que recobrem seu corpo. A forma infectante é constituída pelas fêmeas imaturas, ainda vermiformes. Estas migram no solo à procura do hospedeiro, penetrando à parte anterior do corpo no córtex radicular. Nesse local, incitam o aparecimento de células nutridoras na região do periciclo, onde estabelecem um sítio de alimentação e atraem os machos. Gradualmente aumentam de tamanho, tornando-se sedentárias e, quando na maturidade sexual, a região posterior do seu corpo, que não penetrou na raiz, toma formato de rim, denominando, então, nematoide “reniforme” (SIYAKUMAR; SESHADRJ, 1971).

A reprodução por anfimixia é usual, e machos, bem comuns, aparecem junto às fêmeas maduras na superfície das raízes, em meio às massas de ovos. A duração do ciclo vai de 2,5 a 4 semanas, dependendo da temperatura e do hospedeiro.

Diferentemente da maioria dos fitonematoides, o estágio infectante não é o juvenil eclodido do ovo (J2), mas a fêmea adulta, sexualmente imatura (SIYAKUMAR; SESHADRJ, 1971).

O nematoide reniforme, na ausência de hospedeiros e baixas umidade do solo, entra em estado de anidrobiose, reduzindo drasticamente seu metabolismo. Assim, consegue suportar as condições de dessecação melhor que outras espécies de fitonematoides (APT, 1976; TSAI; APT, 1979).

Áreas produtoras de soja infestadas pelo nematoide reniforme apresentam plantas com tamanho desuniforme, lembrando problemas de compactação de solo ou deficiência nutricional, não apresentando sintomas visíveis em forma de reboleiras (ASMUS; ISHIMI, 2009). O nematoide não causa galhas ou outro tipo de sintoma que comprove seu ataque, mas devido ao seu parasitismo, pode apresentar sistema radicular reduzido (DIAS et al., 2010).

Solos argilosos e com boa fertilidade podem propiciar ausência de sintomas aparentes no sistema radicular, contribuindo para que a presença desse seja menosprezada na área (ASMUS, 2005b).

O manejo adequado de *R. reiniformis* necessita de várias medidas de controle. Inicialmente, é importante interromper a dispersão do nematoide, adotando práticas de limpeza dos equipamentos utilizados para o preparo das áreas.

O uso da rotação de culturas ou sucessão, utilizando plantas não hospedeiras do nematoide ou variedades que apresentam resistência também é uma medida eficiente para o controle desse patógeno (INOMOTO et al., 2007b). Culturas como a aveia preta, milheto, braquiária, sorgo, sorgo forrageiro e nabo forrageiro, podem ser cultivadas na entressafra como culturas de coberturas no plantio direto associado à rotação de culturas. Quinoa e amarantos são culturas que devem ser evitadas nos cultivos de entressafra, pois apresentam suscetibilidade ao nematoide reniforme (INOMOTO et al., 2007b).

1.3 Interferência do sistema de produção na comunidade nematológica

O sistema de cultivo adotado pelo produtor interfere diretamente na comunidade nematológica do solo. Essa comunidade pode ser influenciada por fatores como, tipo de solo, estação climática, nível de umidade, teor de matéria orgânica, vegetação hospedeira e, principalmente, pelo tipo de manejo (WALL et al., 2002).

No sistema de cultivo convencional, a ausência de plantas hospedeiras durante o período de entressafra e fatores ligados ao preparo do solo, como danos mecânicos e exposições ao sol e a altas temperaturas, atuam de forma desfavoráveis aos nematoides parasitas de plantas (ASMUS; INOMOTO, 2009).

O sistema de plantio direto, por sua vez, pode se mostrar benéfico, principalmente em áreas infestadas com nematoides sedentários, como *Meloidogyne* sp. e *Heterodera* sp., pois, a ausência do preparo do solo, principal característica desse sistema, minimiza a disseminação desses organismos. Por outro lado, a falta do revolvimento do solo pode criar melhores condições de sobrevivência a outras espécies de nematoides, como *Pratylenchus* sp., que se beneficiam dos restos culturais para se protegerem do ressecamento e exposição ao sol (ASMUS; INOMOTO, 2009).

A presença de palhada no solo, obtida com a cultura de cobertura, é outra característica do sistema de plantio direto que pode interferir na população dos fitonematoides. A palhada pode favorecer o aumento das populações de microrganismos nematopatogênicos, que atuarão no controle biológico dos fitonematoides (STIRLING et al., 2010) ou ainda, algumas espécies vegetais usadas para formação da palhada podem liberar substâncias com ação nematicida, como a aveia preta (*Avena strigosa*) (ROSA et al., 2015). Dependendo da espécie de nematoide presente na área e da cultura de cobertura, pode haver o incremento da população, caso esta cultura seja boa hospedeira, ou redução da população, caso contrário (ASMUS; INOMOTO, 2009). *R. reniformis*, em áreas cultivadas no sistema de plantio direto, sofrerá interferência direta, pois culturas comumente usadas, como milho, na rotação, e aveia para a formação de palhada, não são hospedeiras e atuarão para a redução populacional dessa espécie (ASMUS; INOMOTO, 2009).

No caso da sucessões soja-milho ou soja-sorgo, tanto o milho quanto o sorgo granífero não são plantas hospedeiras de *H. glycines* e *R. reniformis* e, portanto, podem ser usadas para o manejo integrado desses nematoides. Porém, essas culturas devem ser evitados em locais com ocorrência de *M. incognita* e *P. brachyurus* (ASMUS; INOMOTO, 2009).

O nematoide que apresenta respostas mais variáveis para as culturas safrinhas é o nematoide das galhas, *M. javanica*. A densidade de *M. javanica* é reduzida durante o ciclo de alguns híbridos de sorgo, mas pode ser aumentado em outros. O mesmo pode ser observado com milho. Nos milhos suscetíveis, o aumento da população do nematoide podem chegar até oito vezes. Portanto, existem milhos e sorgos resistentes a *M. javanica* e outros suscetíveis. A vantagem do sorgo, nesse caso, é que a maioria deles é resistente, enquanto somente 20% a 30% dos milhos apresentam essa característica. Do mais, a maioria dos milhos resistentes é indicada para o sul do país, onde o milho é cultivado como cultura de verão, e somente cerca de 5 a 10% dos milhos recomendados como cultura safrinha são resistentes a *M. javanica* (ASMUS; INOMOTO, 2009).

1.4 Distribuição espacial e temporal de fitonematoides

1.4.1 Distribuição espacial

O padrão espacial das populações de nematoides parasitas de plantas em ecossistemas agrícolas ou naturais tem dois componentes principais: a distribuição horizontal e a distribuição vertical do organismo ao longo do solo. Ambos os componentes sofrem mudanças no tempo por causa de diferentes aspectos da dinâmica das populações, redistribuição ativa e passiva (WALLACE, 1968).

1.4.1.1 Distribuição horizontal

A distribuição horizontal pode ser dividida, arbitrariamente, em um componente micro-distributivo (dentro de um campo) e um componente macro-distributivo (regiões de cultivo, países e partes de continentes). Os atributos micro-distributivos da população do nematoide estão fortemente associados à história de vida da população, a sua estratégia de alimentação e à disponibilidade de plantas hospedeiras (WALLACE, 1968).

Nematoides endoparasitas sedentários depositam todos os seus ovos no mesmo local, frequentemente em massas gelatinosas, gerando inicialmente um padrão espacial altamente agregado. Nematoides ectoparasitas gastam uma parte de sua energia no seu deslocamento e na seleção de locais de alimentação. Assim, eles depositam seus ovos individualmente, o que resulta num padrão espacial um pouco menos agregado (SEINHORST, 1988)

A micro-distribuição dos nematoides é influenciada principalmente pela disponibilidade de alimentos. Espaçamento e morfologia do sistema radicular da planta, a frequência dos cultivos e redistribuição por máquinas são fatores determinantes e dominantes. O efeito biológico e as condições edáficas influenciam nos diferentes graus de agregação do padrão espacial das populações dentro de campos (ROBINSON, 2004).

A macro-distribuição é influenciada por fatores como a duração da população de nematoides no sistema. Se o organismo foi introduzido a partir do estrangeiro, como, por exemplo, *Globodera rostochiensis* e *G. pallida* na Europa, uma extensão progressiva ocorrerá a partir do local de infestação inicial para campos na mesma área, diferentes áreas de cultivo e ainda países importadores do produto da área infestada (SCHANS, 1993).

A distribuição espacial varia não só entre os campos e regiões, mas também dentro dos campos e entre as unidades de planta e do solo. A variação entre os campos é de grande importância na determinação de como as amostras devem ser recolhidas e qual o número ideal de subamostras para alcançar um nível desejado de precisão. A distribuição determina quanto de solo deve ser coletado, ou seja, quantas subamostras são necessárias. Portanto, os padrões de distribuição horizontal e vertical de espécies de nematoides devem ser discutidos com ênfase na

sua origem e, mais importante, como esse conhecimento pode ser aplicado para o uso prático na ciência da Nematologia e no controle dos nematoides parasitas de plantas. Ambos os componentes são de grande importância para: estimar a densidade populacional do nematoide-alvo em pequenas parcelas utilizadas em campo experimental; determinar a presença ou ausência de uma espécie de nematoide e estimar as densidades populacionais no campo de um determinado tamanho, onde o agricultor que está interessado no número de espécies-alvo por unidade de solo (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

1.4.1.2 Distribuição vertical

A distribuição vertical de uma espécie de nematoide é limitada por dois fatores principais: a profundidade da camada de solo, ou seja, a camada acessível às raízes do hospedeiro que pode ser limitada pelo leito rochoso ou outras camadas impenetráveis deixando uma lavoura limitada em relação às dimensões verticais; e o padrão de enraizamento do hospedeiro, em particular; e a profundidade do sistema radicular (WALLACE, 1968).

À medida que a morfologia da raiz difere entre as espécies de plantas, a profundidade de penetração dos nematoides também altera. Embora a distribuição vertical de nematoides parasitas de plantas seja largamente dependente da distribuição das raízes de acolhimento das culturas, alguma variação na abundância de diferentes espécies com a profundidade tem sido relacionada com o tipo de solo e textura, temperatura e fatores bióticos (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

A possível extensão da distribuição vertical de uma espécie de nematoide parasita de planta é informação importante em qualquer estratégia de amostragem. É importante saber se a estimativa da densidade populacional ao longo do horizonte amostrado cobrirá a população real do nematoide, ou seja, qual a profundidade necessária para se ter uma representação real da população naquele ponto amostrado (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

Na maioria dos países, hoje, é usada a profundidade padrão de 20- 25 cm, para amostragem corriqueira. Todavia, para algumas espécies a profundidade pode variar. Por exemplo, para *Trichodorus* spp., ocasionalmente as amostras são

colhidas a uma profundidade de 50 cm. A profundidade padrão de 20-25 cm pode ser suficiente para nematoides sedentários como *Heterodera* sp. e *Meloidogyne* sp., mas pode ser insuficiente para outras espécies (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

Estágios de vida livre de fitonematoides se adaptam ao microclima do solo, ou seja, quando necessário, migram para as camadas mais favoráveis deste. O mais extremo relatado é o movimento ativo de *Trichodorus* spp. para camadas profundas para evitar o efeito de nematicidas granulados aplicados à superfície do solo. Outro fato comum é a presença de um número superior de cistos de nematoides nas camadas mais profundas, a fim de se evitar o ressecamento dos mesmos nas camadas mais superficiais. Dependendo do objetivo da amostragem e a biologia do nematoide alvo, diferentes profundidades de amostragem devem ser escolhidas. Obviamente, em primeiro lugar, o conhecimento da distribuição vertical deve ser adquirida (WOODS; HAYDOCK, 2000).

Estudos foram realizados para determinar a profundidade adequada para procedimentos de amostragem do solo em diferentes áreas produtoras de batata e infestada pelo nematoide do cisto da batata. Foram coletadas amostras numa profundidade de até 80 cm. A amostragem foi realizada após a colheita e após o preparo substancial do solo (aração de inverno). Foram detectados nematoides em todas as camadas amostradas. No entanto, na camada de 80 cm, os nematoides estavam presentes numa minoria das áreas avaliadas. Geralmente, 90% da população foi encontrada nas camadas superiores a 35 cm de solo. Concluiu-se que, imediatamente após a colheita da cultura da batata e antes de qualquer cultura, a distribuição vertical do nematoide do cisto da batateira nas camadas superiores a 25 cm de solo é uniforme e, portanto, não estabelece exigências sobre as profundidades de amostragem. O cultivo do solo não teve efeito adicional sobre a distribuição vertical dos nematoides e não teve consequências para a profundidade necessária de amostragem (HAYDOCK; PERRY, 1998).

Pudasaini et al. (2006) modelou a distribuição vertical de *P. penetrans* em hospedeiros diferentes ao longo do ano. A distribuição vertical do nematoide foi relacionada com a presença de raízes das culturas estudadas (cenoura, milho e batata). Foi observado que a distribuição vertical diferiu, indicando que um mesmo nematoide pode apresentar diferente distribuição vertical dependendo do hospedeiro.

Claramente, o sistema radicular do hospedeiro é o fator mais importante que influencia a distribuição vertical de nematoides parasitas de plantas. Nas zonas temperadas e secas, desempenha apenas um papel nos poucos centímetros superiores da lavoura. Nas zonas tropicais estes dois fatores terão mais impacto sobre a distribuição vertical (BEEN; SCHOMAKER, 2006).

1.4.2 Distribuição temporal

O ecossistema em que vivem os nematoides de planta é uma interação entre plantas hospedeiras, propriedades físicas e químicas do solo, microclima e microrganismos. A interação desses fatores resulta em flutuações populacionais dos fitonematoides (LAUGHLIN; LORDELLO, 1977). O conhecimento da distribuição temporal e dos mecanismos de sobrevivência são fatores de extrema importância para a adoção do manejo integrado de nematoides parasitas de plantas (DUTRA; CAMPOS, 2003).

Na literatura, há registros de inúmeros estudos sobre distribuição temporal. O mais comum é a influência da sazonalidade na comunidade nematológica.

Na Arábia Saudita, foi observado que a densidade da população de *Tylenchulus semipenetrans*, em citros, foi afetada pela variação climática sazonal. A população do nematoide em amostras de 250 cm³ de solo alcançou dois picos, sendo um em maio e o outro em dezembro, e dois períodos de baixas densidades: um em março e o outro em novembro. O número de fêmeas maduras e fêmeas em oviposição, por grama de raízes, foi mais alto em abril e mais baixo em novembro. No período do estudo, as médias mensais da temperatura atmosférica foram acima de 20°C, de abril até outubro, e a temperatura do solo, acima de 25°C. A mais baixa temperatura no período foi de 5,3°C, registrada em janeiro (AL-REHIAYANI, 2003).

Em Minas Gerais, estudos sobre o comportamento similar de *Meloidogyne exigua* infectando o cafeeiro mostraram que a população desse nematoide atingiu a máxima densidade nos meses de maio a julho e a menor, nos meses de dezembro a fevereiro. Contudo, as médias da temperatura atmosférica mensal e a umidade no perfil do solo pouco variaram no decorrer do experimento, permanecendo

praticamente constantes e, portanto, não influenciando a flutuação populacional deste patógeno (ALMEIDA et al., 1987),

Nos casos de *Pratylenchus coffeae* e *P. brachyurus*, O'Bannon et al. (1972), na Flórida, observaram que havia uma considerável variação do número de espécimes de *P. coffeae* obtidos do solo nas profundidades de 0-15, 15-30 e 30-60 cm, embora não tenha havido diferenças significativas entre as três faixas de profundidades avaliadas. Nos meses de dezembro a abril, uma quantidade maior de nematoides foi obtida das raízes na faixa de 0-15 cm do que nas outras duas faixas. À medida que a temperatura aumentou (maio a agosto), ocorreu o inverso. Esse estudo também evidenciou que a alta temperatura e o período de seca reduziram a população de *P. coffeae* nos primeiros 15 cm do solo, o que não aconteceu com a população de *P. brachyurus*, que pode suportar temperaturas mais altas (43°C), embora por períodos mais curtos.

No Mato Grosso do Sul, estudos sobre a flutuação populacional de *R. reniformis*, mostraram que em área produtora de algodão, a presença de restos da cultura interfere no nível populacional do nematoide. A temperatura do solo também mostrou interferir na população, diferentemente da precipitação e umidade do solo que não exerceram influência sobre o nível populacional desse nematoide (ASMUS; ISHIMI, 2009).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência de diferentes sistemas de cultivos na população de *R. reniformis* e a distribuição horizontal, vertical e temporal da população desse nematoide em área de cultivo de soja, determinando o número de subamostras necessárias para a formação de uma amostra composta representativa.

Para isso, esta tese foi dividida em dois capítulos, sendo o primeiro capítulo intitulado "Interferência do sistema de cultivo na população de *Rotylenchulus reniformis*" e o segundo capítulo intitulado "Distribuição de *Rotylenchulus reniformis* em área cultivada com soja".

CAPÍTULO I

Interferência do sistema de cultivo na população de *Rotylenchulus reniformis*

Interferência do sistema de cultivo na população de *Rotylenchulus reniformis*

ADRIANA APARECIDA GABIA; SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN

RESUMO: *Rotylenchulus reniformis*, antes considerado de interesse secundário, vem se destacando como um dos importantes problemas fitossanitários na cultura da soja. O objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência de diferentes sistemas de cultivo sobre a população de *R. reniformis*. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, município de Botucatu, SP, em uma área naturalmente infestada por esse nematoide. A área estudada foi previamente demarcada e 100 amostras de solo e raiz foram retiradas de pontos equidistantes (10m x 10m), distribuídos em 1ha. Nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 foi cultivado soja, sem o revolvimento do solo, seguido de entressafra sem cultura, mas com livre crescimento de plantas invasoras. Nos anos agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, foram cultivados milho e soja respectivamente, seguidos de aveia preta como cultura de inverno. As amostragens foram realizadas aos 80 e 140 dias após a instalação das culturas. Nos períodos de entressafra, as amostragens foram realizadas na segunda quinzena do mês de outubro. As amostras de solo foram coletadas a 0,1 m da linha de plantio da cultura, na profundidade de 0,0-0,2 e 0,2-0,4 m. Três plantas foram coletadas para obtenção de aproximadamente 20g de raízes. O manejo da entressafra com cultivo da aveia e sem cultura, mas com livre crescimento de plantas invasoras, não interferiram na população do nematoide reniforme. A distribuição vertical de *R. reniformis* varia de acordo com o ciclo da cultura.

Palavras-chave: Flutuação populacional, nematoide reniforme, sistema de produção.

ABSTRACT: *Reniformis reniformis*, considered secondary interest, it more important phytosanitary problem in soybean. The objective of this study was to evaluate the interference of different cropping systems on population of *Rotylenchus reniformis*. The experiment was conducted at the Experimental Farm Lageado, Botucatu, SP, in a field naturally infested by nematodes *reniformis*. The study area was previously demarcated and 100 samples of soil and roots were taken from equidistant points (10m x 10m), distributed 1ha. In the agricultural years 2011/2012 and 2012/2013 were grown soybeans without soil move, followed by off season without crop, but with free growth of weeds. In the agricultural years 2013/2014 and 2014/2015 were cultivated corn and soybeans respectively, followed by black oat as winter crop. Samples were sampled at 80 and 140 days after the installation of the crops. And in the off season periods, the samples were sampled in the second fortnight of October. The samples were collected at 0.1 m from the line of planting the crop, with 0,0-0,2 and 0,2-0.4 m deep. Three plants were collected to give approximately 20 g of roots. He noted that the management of off season with cultivation of oats and without crop, but with free growth of weeds, did not interfere in the nematode *reniformis* population. The survival of the nematodes can be influenced by the presence of weeds in cultivated area. The vertical distribution of *R. reniformis* varies according to the development of the soybean crop.

Keywords: Population fluctuation, *reniformis* nematode, crop system.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de cultivo adotado pelo produtor interfere diretamente na comunidade nematológica do solo. Essa comunidade pode ser influenciada por fatores como, tipo de solo, estação climática, nível de umidade, teor de matéria orgânica, vegetação hospedeira e, principalmente, pelo tipo de manejo (WALL et al., 2002).

No sistema de cultivo convencional, a ausência de plantas hospedeiras durante o período de entressafra e fatores ligados ao preparo do solo, como danos

mecânicos e exposições ao sol e a altas temperaturas, atuam de forma desfavoráveis aos nematoides parasitas de plantas (ASMUS; INOMOTO, 2009).

O sistema de plantio direto, por sua vez, pode se mostrar benéfico, principalmente em áreas infestadas com nematoides sedentários, como *Meloidogyne* sp. e *Heterodera* sp., pois, a ausência do preparo do solo, principal característica desse sistema, minimiza a disseminação desses organismos. Por outro lado, a falta do revolvimento do solo pode criar melhores condições de sobrevivência a outras espécies de nematoides, como *Pratylenchus* sp., que se beneficiam dos restos culturais para se protegerem do ressecamento e exposição ao sol (ASMUS; INOMOTO, 2009).

A presença de palhada no solo, obtida com a cultura de cobertura, é outra característica do sistema de plantio direto que pode interferir na população dos fitonematoides. A palhada pode favorecer o aumento das populações de microrganismos nematopatogênicos, que atuarão no controle biológico dos fitonematoides (STIRLING et al., 2010) ou ainda, algumas espécies vegetais usadas para formação da palhada podem liberar substâncias com ação nematicida, como a aveia preta (*Avena strigosa*) (ROSA et al., 2015). Dependendo da espécie de nematoide presente na área e da cultura de cobertura, pode haver o incremento da população, caso esta cultura seja boa hospedeira, ou redução da população, caso contrário (ASMUS; INOMOTO, 2009).

O nematoide reniforme, *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira, 1940), é uma espécie cosmopolita, disseminada nas regiões tropicais e subtropicais. Esse nematoide apresenta alta capacidade de sobrevivência na ausência de hospedeiros, pois quando em condições de baixa umidade no solo entra em estado de anidrobiose, suportando melhor a dessecação que outras espécies de nematoides (ROBINSON, 2004). Em áreas cultivadas no sistema de plantio direto, as populações do nematoide reniforme sofrerão interferência direta, pois culturas comumente usadas, como milho, na rotação, e aveia para a formação de palhada, não são hospedeiras e atuarão para a redução populacional dessa espécie (ASMUS; INOMOTO, 2009).

A cultura do algodão é a mais afetada por *R. reniformis* (McGAWLEY et al., 2011). Em soja, este nematoide foi considerado especialmente importante no sudeste dos EUA (KINLOCH, 1998) e no Centro-Oeste do Brasil (ASMUS, 2005;

DIAS et al, 2010), onde estima-se que o nematoide reniforme ocorra em altas densidades populacionais em municípios que respondem por 29% da área cultivada com soja no estado do Mato Grosso do Sul (DIAS et al., 2010), causando perdas de até 32% na produção. Assim, o nematoide considerado de interesse secundário, passou a ser um dos mais importantes problemas fitossanitários na cultura (ASMUS, 2005).

O objetivo desse trabalho foi avaliar a interferência de diferentes sistemas de cultivo sobre a população de *R. reniformis*.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, latitude 22°48'45.30" S e longitude 48°25'47.58"O, município de Botucatu, SP. O solo no local é classificado como tipo nitossolo. A escolha da área baseou-se em levantamento nematológico prévio, efetuado em diferentes áreas de produção dessa fazenda. A área escolhida é naturalmente infestada por *R. reniformis* (média de 500 nematoides por 250 ml de solo), cultivada com soja há 10 anos em sistema de plantio direto.

A área estudada foi previamente demarcada e 100 amostras de solo e raiz foram retiradas de pontos equidistantes (10m x 10m), distribuídos em 1ha, seguindo um delineamento inteiramente casualizado.

Nos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 foram cultivados soja, sem o revolvimento do solo, seguido de entressafra sem cultura, mas com livre crescimento de plantas invasoras. Nos anos agrícolas 2013/2014 e 2014/2015, foram cultivados milho e soja, respectivamente, seguidos de aveia preta como cultura de inverno. Foi utilizada a soja cultivar Potência; o milho híbrido 2B587 e sementes de aveia preta 'comum'.

As amostragens foram realizadas aos 80 e 140 dias após a instalação das culturas. E nos períodos de entressafra, as amostragens foram realizadas na segunda quinzena do mês de outubro. Foi coletado aproximadamente 500 ml de solo de pontos abertos a 0,1 m da linha de plantio da cultura, na profundidade 0,4 m. Três plantas foram coletadas para obtenção de aproximadamente 20g de raízes.

As amostras de solo e raiz coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e encaminhados imediatamente ao Laboratório de Nematologia Agrícola do Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP – Botucatu.

O solo foi separado das raízes e homogeneizado para a retirada de 250 ml utilizados para a extração dos nematoides, seguindo processamento por peneiramento e duas flutuação em centrífuga (JENKINS, 1964). As raízes das amostras foram separadas, lavadas e pesadas. Em seguida, 10 g de raiz foram utilizadas para a extração dos nematoides, seguindo a trituração em liquidificador e duas centrifugações (COOLEN; D'HERDE, 1972).

Os nematoides encontrados nas amostras de solo foram contados e identificados com o auxílio da câmara de Peters sob microscópio de luz.

Para análise estatística foi considerado somente os pontos com a presença do nematoide. As populações de *R. reniformis* encontradas nas diferentes épocas de amostragem e diferentes profundidades foram submetidos a análise de variância e comparação entre médias pelo teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade. As análises foram feitas utilizando o programa estatístico Minitab 16. Os dados populacionais do nematoide obtidos nos dois sistemas de cultivo foram plotados em gráficos para ilustração e interpretação da flutuação.

3. RESULTADOS

O processamento das raízes foi realizado nos três primeiros períodos de avaliação, como não foram encontrados nematoides, seguiu-se o experimento realizando somente o processamento do solo.

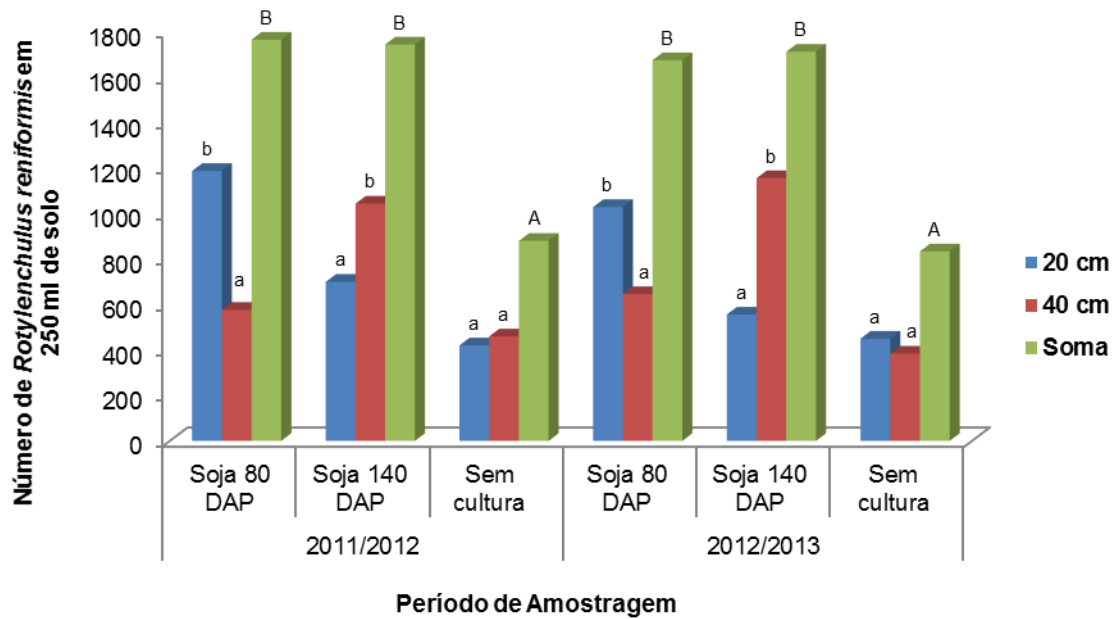
As maiores médias populacionais de *R. reniformis* foram obtidas nos anos cultivados com soja. A menor delas foi encontrada no ano agrícola 2012/2013 obtida aos 80 dias após o plantio (1.675 nem/250 ml solo) (Figura 1). E a maior, no ano agrícola 2014/2015 aos 140 dias da cultura instalada (2.007 nem/250 ml solo) (Figura 2). Foi verificada diferença entre as populações obtidas nos períodos de cultivo da soja e as populações encontradas nos períodos de entressafra sem cultura, assim como nos cultivados com milho e cultivados com aveia (Figura 1 e 2).

No período de entressafra, a maior média populacional do nematoide reniforme foi encontrada no ano agrícola 2013/2014, aos 80 dias após o plantio da aveia (1.218 nem/250 ml de solo) a menor nesse mesmo ano, aos 140 dias após a instalação da cultura (812 nem/250 ml de solo) (Figura 2). Não foi verificada diferença entre as populações obtidas nos períodos de entressafra (Figura 1 e 2).

As populações de *R. reniformis* obtidas nas diferentes profundidades dos anos agrícolas 2011/2012 e 2012/2013 cultivados com soja, diferiram entre si. As populações obtidas na profundidade de 20 cm diferiram das encontradas na profundidade de 40 cm. Essa diferença foi verificada nos dois períodos de amostragem da soja (80 e 140 dias após o plantio) em ambos os anos agrícolas. Nas populações obtidas nos períodos sem cultura, mas com livre crescimento de plantas daninhas, não foi verificada diferença estatística (Figura 1).

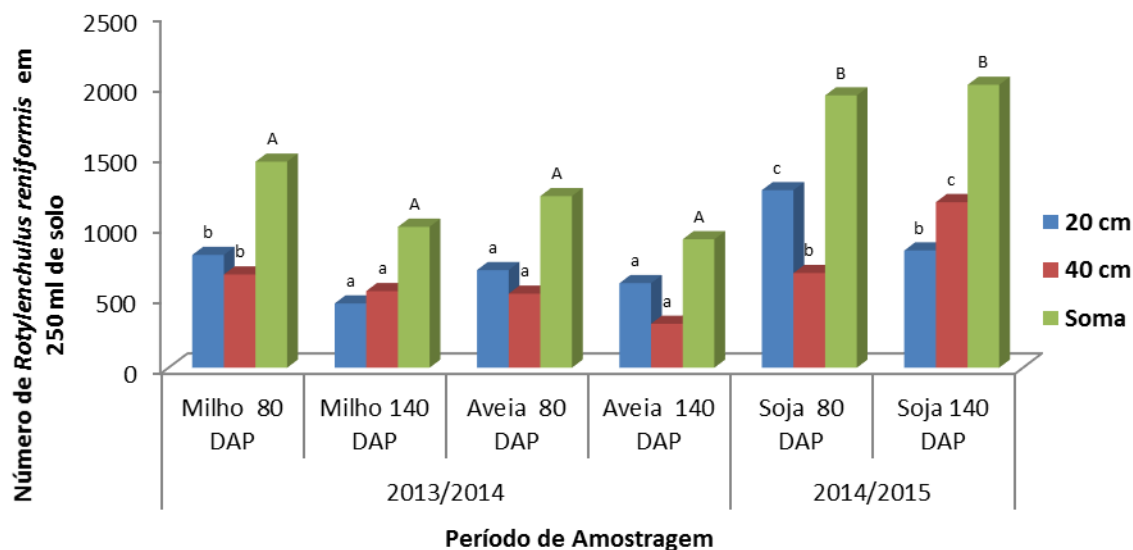
Nos anos agrícolas 2013/2014 e 2014/2015 as populações obtidas na cultura da soja não diferiram estatisticamente entre si, mas diferiram entre suas respectivas profundidades. As populações encontradas na cultura do milho e na aveia diferiram das populações encontradas no cultivo da soja, porém, não diferiram entre si e nem entre suas diferentes profundidades (Figura 2).

Figura 1: Números médios de *R. reniformis* em amostras de solo coletadas em área cultivada com soja, aos 80 e 140 dias após o plantio (DAP), e área sem cultura. Amostras coletadas no período de 2011 a 2013, no Município de Botucatu – SP.



*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P > 0,05$) *Letras maiúsculas representam médias das somas populacionais dos dois períodos avaliados, letras minúsculas médias populacionais de cada período avaliado.

Figura 2: Números médios de *Rotylenchulus reniformis* em amostras de solo coletadas em área de cultivada com milho, aveia e soja, aos 80 e 140 dias após o plantio (DAP). Amostras coletadas no período de 2013 a 2015, no Município de Botucatu – SP.



*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P > 0,05$) *Letras maiúsculas representam médias das somas populacionais dos dois períodos avaliados, letras minúsculas médias populacionais de cada período avaliado.

4. DISCUSSÃO

No processamento das raízes não foram encontrados nematoides, possivelmente porque a maior parte do ciclo do nematoide reniforme ocorra no solo. Esse nematoide apresenta quatro fases juvenis: J1 (formado dentro do ovo, após sua primeira ecdise); J2 (eclode do ovo e entra movimentação no solo); J3 e J4 (não se alimentam nesta fase e ficam em movimentação no solo); e fase adulta. Machos na fase adulta são comuns no solo e não se alimentam, permanecendo móveis. As fêmeas imaturas, ainda vermiformes, constituem a forma infectante. Estas migram no solo à procura das raízes, penetrando à parte anterior do corpo no córtex radicular (SIYAKUMAR; SESHADRJ 1971). Devido a esse ciclo biológico, a maior população de *R. reniformis* se encontra no solo. Nas raízes, são encontradas apenas fêmeas parasitas, que não são capturadas com eficiência no processamento por Coolen; D'Herde, (1972), ficando retidas no processo de centrifugação.

As populações de *R. reniformis* sofreram pouca variação nos períodos cultivados com soja, se mantendo constantes em todas as safras, confirmando o bom comportamento da cultura como hospedeira desse nematoide, que vem se tornando um dos principais problemas fitossanitários para essa cultura (ASMUS, 2005). Em municípios do Mato Grosso do Sul, um dos maiores estados produtores de soja, o nematoide reniforme está presente em aproximadamente 29% da área cultivada com a cultura, causando perdas de até 32% da produção (DIAS et al., 2010).

Foi verificada uma redução na população do nematoide reniforme no fim das safras 2011/2012 e 2012/2013. Mesmo com essa redução, foi obtido uma população considerável nos demais períodos, tanto na entressafra sem cultura, quanto nos períodos cultivados com milho e aveia, culturas essas, não hospedeiras de *R. reniformis* ((GAZAWAY et al., 2007; (ASMUS; INOMOTO, 2009; ASMUS; RICHETTI, 2010). O nematoide reniforme, na ausência de hospedeiros e baixa umidade do solo, entra em estado de anidrobiose, reduzindo drasticamente seu metabolismo. Assim, consegue suportar as condições de dessecação melhor que outras espécies de fitonematoides (APT, 1976; TSAI; APT, 1979). Esse fator, pode ter interferido diretamente no nível populacional do nematoide encontrado nos períodos sem cultura e nos cultivados com culturas não hospedeiras. Nematoides em estado de anidrobiose podem ter sido detectados na amostragem.

Outro fator que pode ter contribuído para a manutenção da população nos períodos sem cultura e nos períodos cultivados com culturas não hospedeiras, foi a presença da comunidade de plantas invasoras na área. Como se sabe, nos períodos de entressafra a multiplicação dos nematoides prossegue por meio das plantas invasoras que infestam as glebas cultivadas (GHARABADIYAN et al., 2012; FAVORETO et al., 2006). Plantas invasoras como picão preto, trapoeraba, capim massambará e capim pé de galinha são boas hospedeiras para *R. reniformis* (FERRAZ et al, 1978; DAVIS; WEBSTER, 2005). A ampla disseminação de picão preto e a trapoeraba na área estudada contribuiu para a manutenção populacional do nematoide. De um modo geral, as plantas invasoras se mostram boas hospedeiras e com aparente capacidade de tolerar o ataque dos nematoides (FAVORETO et al., 2006; LAWRENCE et al, 2008).

Foi verificada uma oscilação na população do nematoide reniforme, nas diferentes profundidades, de acordo com período de amostragem. Em todas as safras de soja estudadas (2011/2012, 2012/2013 e 2014/2015), aos 80 dias da cultura instalada, a maior concentração populacional foi encontrada na profundidade de 20 cm, diferentemente do fim do ciclo, que, aos 140 dias da cultura implantada, a população se apresentava em maior nível populacional aos 40 cm de profundidade. Como o nematoide reniforme apresenta habilidade para sobreviver profundamente no perfil do solo na falta de alimentos ou baixa umidade no solo, características estas eminentes no fim do ciclo, o nematoide se aprofundou no perfil do solo, a fim de garantir sua sobrevivência. Frequentemente, *R. reniformis* é encontrado relativamente profundo no perfil do solo, em alguns casos com mais de 50% da população ocorrendo em profundidades maiores do que 30 cm (WESTPHAL et al., 2004).

No final do ciclo da cultura, com a diminuição de raízes aptas para o parasitismo e a baixa umidade do solo, parte da população migra para maiores profundidades do solo. Ao realizar a amostragem, encontra-se maior número de indivíduos na profundidade de 40 cm. No início de um novo ciclo, com a abundância de alimentos, a população que está mais profunda no solo, tende a migrar para um perfil mais raso, fazendo com que a população, até então baixa em 20 cm, se eleve novamente e passe a ser detectada em maior nível nas amostragens. Esse comportamento de *R. reniformis* pode influenciar diretamente no período e profundidade da amostragem. Atualmente, na maioria dos países, é usada a profundidade padrão de 20- 25 cm, para amostragem corriqueira (BEEN; SCHOMAKER, 2006). Todavia, dependendo do ciclo da cultura, essa profundidade padrão pode apresentar um resultado que não represente a real população do nematoide no campo. Altas populações do nematoide reniforme podem ser encontradas aos 40 cm de profundidade e não serem detectadas na amostragem de solo coletado a 20-25 cm.

5. CONCLUSÃO

1. O manejo da entressafra com cultivo da aveia e/ou sem cultura, mas com livre crescimento de plantas invasoras, não interfere na população de *R. reniformis*.

2. A distribuição vertical do nematoide reniforme varia de acordo com o ciclo da cultura de soja.

6. REFERÊNCIAS

APT, W.J. Survival of reniform nematodes in desiccated soils. **Journal of Nematology**. v.8, 28p. 1976.

ASMUS, G.L. Evolução da ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 27, 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.221-222. (Embrapa Soja. Documentos, 257).

ASMUS, G.L e INOMOTO M. M. Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematoides. **Visão Agrícola**. p.112-116. 2009.

ASMUS, G. L.; RICHETTI, A. **Rotação de culturas para o manejo do nematoide reniforme em algodoeiro**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 26 p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de pesquisa e desenvolvimento, 55). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/24264/1/BP201055.pdf>>. Acesso em: 19 ago. 2016.

BEEN, T. H. and SCHOMAKER, C. H. Distribution Patterns and Sampling. p. 302-324. In: R. N. Perry and M. Moens. **Plant Nematology**. Wallingford, UK: CABI Publishing, 2006.

COOLEN WA; D'HERDE, CJ. 1972. A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue. **State Agricultural Research Centre**, Ghent, 77p.

DAVIS R. F., and T. M. WEBSTER. Relative host status of selected weeds and crops for *Meloidogyne incognita* and *Rotylenchulus reniformis*. **Journal of Cotton Science**. v.9; p.41-46. 2005.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S. **Nematoides em soja: Identificação e Controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8p. (Circular Técnica 76).

FAVORETO, L.; SANTOS, J.M. dos; CALZAVARA, S.A.; BARBOSA, J.C. Avaliação comparativa de métodos para extração de nematoides de sementes de gramíneas forrageiras. **Nematologia Brasileira**, v.30, p.71-74, 2006.

FERRAZ, L. C. C. B.; PITELLI R. A.; FURLAN V. Nematoides associados a plantas daninhas na região de Jaboticabal. **Planta Daninha**, v.1; p. 5-11. 1978.

GAZAWAY, W. S., K. S. LAWRENCE, and J. R. AKRIDGE. Impact of crop rotation and fumigation on cotton production in reniform infested fields. **Proceedings of the National Belt wide Cotton Conference**, Vol. 1:1357-1360. 2007.

GHARABADIYAN, F.; JAMALI, S.; YAZDI, A.A.; HADIZADEH, M.H.; ESKANDARI, A. Weed hosts of root-knot nematodes in tomato field. **Journal of plant protection research**. v.52; n. 2. 2012.

JENKINS WR. A rapid centrifugal-flootation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**. v.48; 692p. 1964.

KINLOCH, R.A. Soybean. In: Barker KR, Pederson GA, Windham GL (Eds.) Plant and Nematode Interactions. Madison, WI, USA. **American Society of Agronomy**. p.317-333. 1998.

LAWRENCE, K. S.; A. J. PRICE, G. W.; LAWRENCE, J. R. JONES, and J. R. AKRIDGE.. Weed hosts for *Rotylenchulus reniformis* in cotton fields rotated with corn in the southeast United States. **Nematropica**. v.38; p.13-22. 2008.

McGAWLEY, E.C.; OVERSTREET C, PONTIF M.J, Variation in reproduction and pathogenicity of geographic isolates of *Rotylenchulus reniformis* on soybean. **Nematropica**. v.41, p.12–22. 2011.

ROBINSON, A.F. Nematode behavior and migrations through soil and host tissue. In: Chen, Z., Chen, S. and Dickson, D.W. (eds) *Nematology – Advances and Perspectives*, Vol. I: **Nematode Morphology, Physiology, and Ecology**. CAB International, Wallingford, UK, pp. 330–405, 2004.

ROSA, J.B.R.; LIMA-MEDINA, I.; BELLÉ, C.; BERNARDE, J.T; GOMES, C.B. Efeito nematicida de exsudatos radiculares de milho e de aveia sobre *Mesocriconema xenoplax*. In: XXXII Congresso Brasileiro de Nematologia, 2015, Londrina, **Resumos...**Londrina – PR. p.151.

SIYAKUMAR, C.Y. SESHADRJ, A.R. Life history of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* (LINFORD AND OLIVEIRA, 1940). **Indian Journal Nematology**. v.1; p.7-20. 1971.

STIRLING, G.R; HALPIN, N.V; BELL, M.J; MOODY, PW. Impact of tillage and residues from rotation crops on the nematode community in soil and surface mulch during the following sugarcane crop. **Proceedings of the Australian Society of Sugarcane Technologists**. v.2; p.152-168. 2010.

TSAI, B.Y. and APT, W.J. Anhydrobiosis of the reniform nematode: survival and coiling. **Journal of Nematology**. v.11; 316p. 1979.

WALL, J. W.; SKENE, K. R.; NEILSON, R. Nematode community and trophic structure along as and dune succession. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 35, n. 4, p. 293-301, 2002.

WESTPHAL, A., A. F.; ROBINSON, A. W.; SCOTT, Jr., and J. B. SANTINI. Depth distribution of *Rotylenchulus reniformis* under crops of different host status and after fumigation. **Nematology**. v. 6. p.97–108. 2004.

CAPITULO II

Distribuição de *Rotylenchulus reniformis* em área cultivada com soja

Distribuição de *Rotylenchulus reniformis* em área cultivada com soja

ADRIANA APARECIDA GABIA; SILVIA RENATA SICILIANO WILCKEN

RESUMO - O objetivo desse trabalho foi estudar a distribuição horizontal, vertical e temporal da população de *Rotylenchulus reniformis* em área de cultivo de soja, e determinar o número de subamostras necessárias para a formação de uma amostra composta representativa. O experimento foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, município de Botucatu, SP. A área escolhida é naturalmente infestada por *R. reniformis* (média de 500 nematoides por 250 ml de solo), e cultivada com soja “Potência”. Coletou-se solo (aproximadamente 400 ml) seguindo uma malha regular de 100 pontos georreferenciados e equidistantes (10x10m), nas profundidades: 0,0–0,2 e 0,2–0,4 m. Para verificar a existência e estimar o grau de dependência espacial entre as populações, utilizou-se a análise geoestatística. Após o ajuste do variograma foi realizada a krigagem, e sequencialmente, o mapa de distribuição espacial do nematoides na área. Todo processo geoestatístico foi realizado com o programa computacional GS+. Dos três variogramas calculados, dois não se ajustaram a nenhum modelo, apresentando efeito pepita puro. Houve ajuste no variograma da população encontrada na amostragem aos 80 dias após o plantio (DAP), o alcance obtido foi de 20,4m. Na amostragem realizada aos 80 dias da cultura instalada, foi encontrado o maior número de indivíduos aos 20cm de profundidade. Aos 140 dias da cultura instalada, foi observado comportamento inverso, o maior nível populacional foi encontrado aos 40 cm de profundidade. As populações *R. reniformis* se apresentam mais elevadas na região central da área amostrada com populações intermediárias nas extremidades. O espaçamento de subamostras de solo na área amostradas é de 20,4 metros, necessitando de 21 pontos para a formação de uma amostra composta representativa. O período mais adequado para a amostragem do nematoide reniforme na área é aos 80 e 140 dias após o plantio, amostrando o perfil de 0-40 cm. A população *R. reniformis* é menor no período que antecede a instalação da cultura e a distribuição vertical desse nematoide varia de acordo com o ciclo da cultura.

Palavras-chave: Geoestatística, nematoide reniforme, *Glycine max*.

ABSTRACT - The objective of this work was to study the horizontal, vertical and temporal distribution of the population of *Rotylenchulus reniformis* in soybean growing area, and determine the number of subsamples required for the formation of a representative composite sample. The experiment was conducted at the Experimental Farm Lageado, Botucatu, SP. The area chosen is naturally infested by *R. reniformis* (500 nematodes per 250 ml of soil), cultivated with "Potência" soybeans. Gathered up soil (about 400 ml) following a regular grid of 100 points georeferenced and equidistant (10x10m), in the depths: 0.0-0.2 and 0.2-0.4 m. To check and estimate the degree of spatial dependence among the population, we used the geostatistical analysis. After adjusting the variogram was performed kriging and sequentially map the spatial distribution of nematodes in the area. All geostatistical process was carried out with the computer program GS+. Of the three variograms calculated, two did not adjust to any model presented nugget effect. There were setting the variogram of the population found in the sample at 80 days after planting, the range obtained was 20,4m, needing 21 points to the formation of a representative composite sample. The sampling carried out after 80 days of culture installed, the largest number of individuals to 20 cm deep was found. At 140 days of installed culture, inverse behavior was observed, the highest population level was found at 40 cm deep. *R. reniformis* populations are higher in the central region of the sampled area with intermediary populations at the extremities. The spacing of soil subsamples to compose a representative sample of the population in the sampled area is 20,4m. The most suitable period for the sampling of the reniform nematode in the area at 80 and 140 days after planting, sampling the profile of 0-40 cm. The *R. reniformis* population is smaller in the period before the planting of the crop and the vertical distribution of this nematode varies according to the development of the soybean crop.

Keywords: geostatistics, reniform nematode, *Glycine max.*

1. INTRODUÇÃO

O cultivo da soja, desde meados dos anos 70, é responsável por inúmeras alterações no cenário da agricultura brasileira. A cultura é o principal produto agrícola das exportações brasileiras e a maior responsável pelo aumento da colheita nacional de grãos (ESPINDOLA; CUNHA, 2015).

O nematoide reniformis, *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira, 1940), espécie cosmopolita, disseminada nas regiões tropicais e subtropicais, considerado de interesse secundário, vem se tornando um dos mais importantes problemas fitossanitários na cultura da soja (ASMUS, 2005). No estado do Mato Grosso do Sul, estima-se que o nematoide ocorra com elevadas populações em 29% dos municípios produtores de soja, causando perdas na produção de até 32% (DIAS et al., 2010).

Áreas produtoras de soja infestadas pelo nematoide reniforme apresentam plantas com tamanho desuniforme, lembrando problemas de compactação de solo ou deficiência nutricional, não apresentando sintomas visíveis em forma de reboleiras. O nematoide não causa galhas ou outro tipo de sintoma que comprove seu ataque, mas, devido ao seu parasitismo, pode apresentar sistema radicular reduzido (DIAS et al, 2010).

Solos argilosos e com boa fertilidade podem propiciar ausência de sintomas aparentes no sistema radicular, contribuindo para que a presença de *R. reniformis* seja menosprezada na área (ASMUS, 2005). Frequentemente, o nematoide reniforme é encontrado em maior profundidade no perfil do solo, em alguns casos com mais de 50% da população ocorrendo abaixo de 30 cm (WESTPHAL et al., 2004).

O nematoide reniforme, como os fitonematoides em geral, são distribuídos horizontalmente no campo de forma agregada (BARKER, 1985), necessitando vários pontos de amostragem para a representação efetiva da área amostrada. Atualmente, recomenda-se para análise nematológica, a coleta de 10 subamostras/ha para compor uma amostra de solo e raiz, e, em áreas extensas, recomenda-se a retirada de, no mínimo, 20 subamostras para um talhão de 20 ha (BARKER, 1985; INOMOTO et al., 2007). No entanto, o número ideal de amostras para representar a população de organismos que se distribuem horizontalmente no

solo de maneira agregada varia de acordo com o nível populacional destes no campo (ELLIOTT, 1993).

A geoestatística baseia-se na teoria das variáveis regionalizadas, criada por Matheron (MATHERON, 1963), que pode ser definida como uma função espacial numérica, que varia de um local para outro, com uma continuidade aparente, e essa continuidade é estimada através do variograma (VIEIRA, 2000). Os variogramas expressam o comportamento espacial da variável regionalizada ou de seus resíduos, mostra o tamanho da zona de influência em torno de uma amostra, a variação nas diferentes direções do plano estudado e a continuidade da característica estudada no mesmo (LANDIM, 1998; ZIMBACK, 2003).

Depois de verificada a dependência das amostras, pode-se utilizar um método de interpolação, como a krigagem. Esta consiste em utilizar a dependência espacial entre as amostras vizinhas para estimar valores em qualquer posição dentro do campo experimental, sem tendência e com variância mínima (VIEIRA, 2000). A krigagem é um método de interpolação no qual a cota de um ponto de interesse é calculada através da média ponderada das amostras vizinhas, distribuindo os pesos de acordo com a variabilidade espacial, determinada por meio de análise geoestatística, que por sua vez, fornece coeficientes utilizados para controle da interpolação, que descrevem em variogramas, a variabilidade espacial do conjunto analisado (ZIMBACK, 2001).

Os objetivos desse trabalho foram estudar a distribuição horizontal, vertical e temporal da população de *R. reniformis* em área de cultivo de soja cv. Potência, e determinar o número de subamostras necessárias para a formação de uma amostra composta representativa.

2. MATERIAL E MÉTODOS

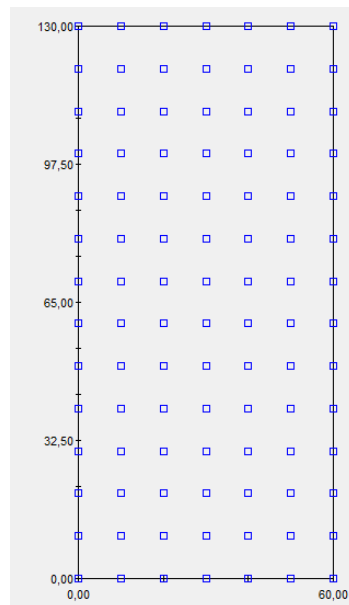
Local de execução do experimento

O estudo foi realizado na Fazenda Experimental Lageado, latitude 22°48'45.30"S e longitude 48°25'47.58"O, município de Botucatu, SP. O solo no local é classificado como tipo nitossolo. A escolha da área baseou-se em levantamento nematológico prévio, efetuado em diferentes áreas de produção dessa fazenda. A área escolhida é naturalmente infestada por *R. reniformis* (média de 500 nematoides por 250 ml de solo).

Obtenção das amostras

Para o estudo da distribuição horizontal, a área foi previamente demarcada e a coordenada geográfica de cada ponto foi registrada. As amostras foram retiradas de um gride regular, amostrando 98 pontos equidistantes (10x10m), distribuídos em 1 hectare (Figura 1).

Figura 1: Malha amostral da área estudada.



Foram coletados aproximadamente 400 ml de solo na profundidade de 0,4 m. Para o estudo da distribuição vertical, a amostragem foi realizada nos mesmos 98 pontos, nas profundidades de 0,0–0,2 e 0,2–0,4 m.

As amostragens foram realizadas no ano agrícola 2011/2012, aos 80 e 140 dias após o plantio da soja cultivar Potência. As amostras foram acondicionadas em sacos plásticos devidamente etiquetados e encaminhadas ao Laboratório de Nematologia Agrícola do Departamento de Proteção Vegetal da FCA/UNESP – Botucatu.

Extração dos nematoides

O processamento de 250 ml de solo seguiu o método proposto por Jenkins (1964) para extração de nematoides. Os indivíduos encontrados nas amostras foram contados e identificados com o auxílio da câmara de Peters sob microscópio de luz.

Análise dos dados

Para o estudo de distribuição horizontal, foi realizada uma análise estatística prévia à geoestatística com o objetivo de identificar o comportamento do conjunto de dados. Para tanto foi considerada a média, valor mínimo e máximo, desvio padrão e coeficiente de variação. Posteriormente, foi verificada a existência de dependência espacial e estimado o grau desta entre as populações. Após o ajuste do variograma, foi realizada a krigagem e estimados os pontos desconhecidos, e sequencialmente, confeccionado o mapa. Todo processo geoestatístico foi realizado com o programa computacional GS+.

Para o estudo da distribuição vertical, foi analisado somente os pontos com a presença do nematoide. As populações de *R. reniformis* encontradas nas diferentes profundidades foram submetidos a análise de variância e comparação entre médias pelo teste de Mann-Whitney a 5% de probabilidade. As análises foram feitas utilizando o programa estatístico Minitab 16.

3. RESULTADOS

A análise estatística, a qual considerou o valor médio, mínimo, máximo, desvio padrão e coeficiente de variação dos resultados obtidos para o *Rotylenchulus reniformis* em amostras de solo, na cultura da soja, encontra-se na Tabela 1.

Tabela 1. Estatística descritiva dos valores obtidos para a população de *Rotylenchulus reniformis* em amostras de solo, na cultura da soja.

Amostragem	Média	Mínimo	Máximo	Desvio Padrão	Coefficiente de Variação (%)
Prévia	197,00	0	900	231,00	537,40
80 DAP	150,00	0	745	200,00	400,19
140 DAP	203,00	0	864	242,00	586,85

Os dados da distribuição horizontal da população de *R. reniformis* obtiveram ajuste somente para a população encontrada nas amostras de solo coletadas aos 80 dias após o plantio (DAP). O variograma resultante dessa população ajustou-se ao modelo exponencial. O alcance obtido foi de 20,4 m, demonstrando que os valores localizados acima desta distância são independentes espacialmente em relação aos valores vizinhos. O efeito pepita afetou levemente o índice de dependência espacial (IDE), que resultou em 85% indicando forte dependência espacial (Tabela 2) (ZIMBACK, 2001). Isso significa que, da variância total, apenas 15% não possui variância explicada na origem.

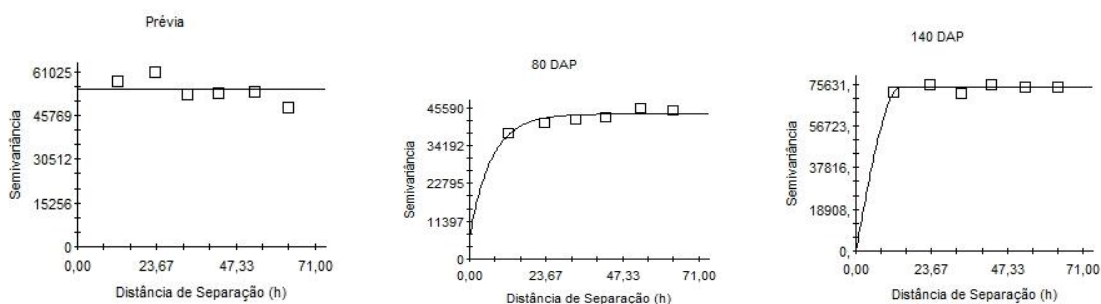
Para as populações encontradas na amostragem prévia ao plantio e aos 140 dias após a instalação da cultura, não foram verificados ajustes dos variogramas, resultando em Efeito Pepita Puro (EPP), não sendo necessária a validação cruzada (Figura 2), ou seja, houve ausência total de dependência espacial, ou se a dependência espacial existiu, foi manifestada à uma distância menor que o espaçamento amostrado no campo.

Tabela 2- Modelos e parâmetros dos variogramas das populações de *Rotylenchulus reniformis* presentes em amostras de solo, coletadas em diferentes períodos em área cultivada com soja.

Amostragem	Modelo	Alcance (m)	Coefficiente de regressão	IDE (%)
Prévia	EPP	-	-	-
80 DAP	Exponencial	20,4	0.65	85
140 DAP	EPP	-	-	-

IDE: índice de dependência espacial em %. DAP: Dias após plantio

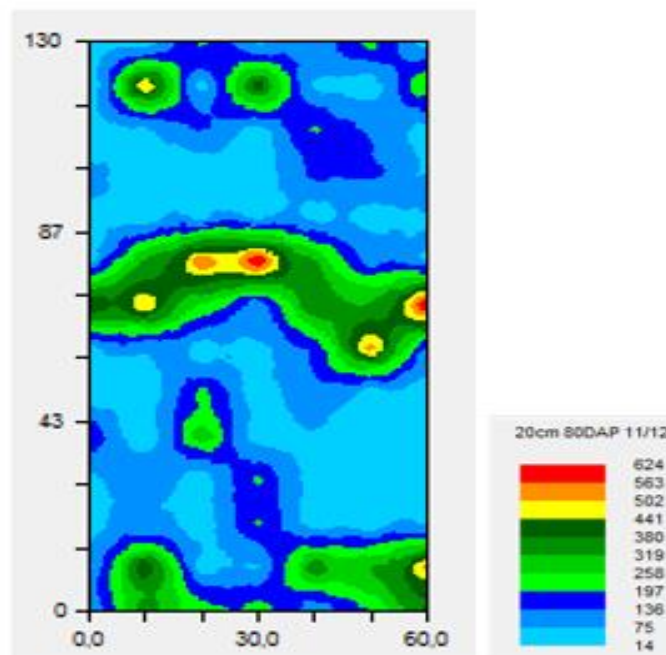
Figura 2 – Variogramas da população de *Rotylenchulus reniformis* em amostra de solo, coletadas em área cultivada com soja.



A população de *R. reniformis* encontrada nas amostras de solo coletadas aos 80 dias após o plantio (DAP) variou de 14 a 624 nematoides em 250 ml de solo (Figura 3). O mapa mostra populações mais elevadas na região central da área e populações intermediárias nas extremidades. De forma geral, a população predominante na área ficou entre 14 e 441 nematoides em 250 ml de solo.

Com o alcance (20,4m) obtido na distribuição horizontal da população do nematoide reniforme encontrada aos 80 dias após o plantio (DAP), verifica ser necessária à coleta de 21 subamostras para formar uma amostra composta representativa de um hectare.

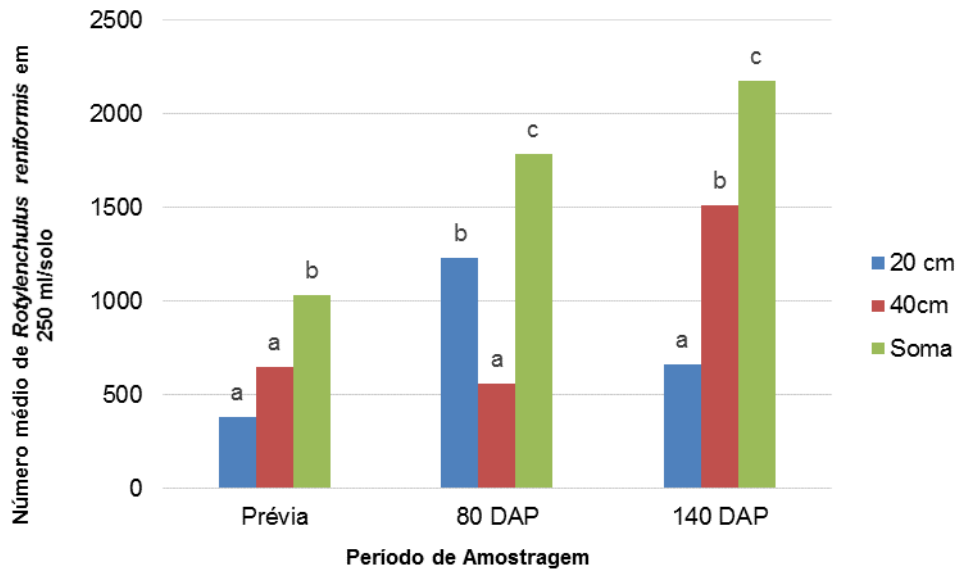
Figura 3 – Mapa da distribuição espacial de *Rotylenchulus reniformis* em amostras de solo, coletadas em área cultivada com soja, aos 80 dias após o plantio.



Na distribuição vertical, a população encontrada na amostragem realizada aos 80 dias da cultura instalada apresentou diferença estatística entre as profundidades estudadas, sendo encontrado maior número de indivíduos aos 20cm de profundidade (631 nematoides/250ml de solo) e menor aos 40cm (373 nematoides/250ml de solo). Na população obtida aos 140 dias após o plantio, também foi verificada diferença estatística. Porém, foi observado comportamento inverso, o maior nível populacional foi encontrado aos 40 cm de profundidade (518 nematoides/250ml de solo) e o menor aos 20 cm (367 nematoides/250ml de solo) (Figura 4).

Na distribuição temporal, as populações de *R. reniformis* obtidas ao longo do ciclo da cultura da soja, apresentaram diferença estatística, sendo que número médio de nematoides obtido na amostragem anterior ao plantio (prévia) (235 nematoides/250ml de solo), diferiu estatisticamente dos obtidos aos 80 e 140 dias após o plantio da soja (502 e 443 nematoides/250ml de solo) respectivamente (Figura 4).

Figura 4 – Mapa da distribuição vertical de *Rotylenchulus reniformis* em amostras de solo, coletadas em área cultivada com soja.



*Médias seguidas pela mesma letra, não diferem entre si pelo teste de Mann-Whitney ($P > 0,05$) *DAP: Dias após o plantio

4. DISCUSSÃO

O padrão de distribuição das populações de nematoides parasitas de plantas em ecossistemas agrícolas ou naturais apresenta três componentes principais: a distribuição horizontal e vertical do organismo ao longo do solo, e a distribuição temporal. Estes componentes sofrem mudanças ao longo do tempo, devido a diferentes aspectos da dinâmica das populações, redistribuição ativa e passiva (WALLACE, 1968), interação com microclima, propriedades físicas e químicas do solo, plantas hospedeiras e microrganismos (LAUGHLIN; LORDELLO, 1977).

Os dados de distribuição horizontal da população de *R. reniformis* obtida aos 80 dias após o plantio (DAP), apresentaram um alcance de 20,4 m, ou seja, todos os pontos amostrados dentro do raio de 20,4 m são dependentes. Essa dependência está diretamente ligada à distribuição do nematoide na área, podendo variar de safra para safra. Em estudos com *R. reniformis* em área de cultivo rotacionado, verificou-

se que o alcance variou de 5m, em ano cultivado com milho, para 26m, em ano cultivado com algodão (HOLGUIN et al., 2015).

A distribuição horizontal dos nematoides no solo influencia diretamente o alcance pois, quanto mais homogênea esta for, maior poderá ser o raio de alcance de dependência (ZIMBACK, 2001) e isso afeta diretamente o planejamento de amostragem. Em áreas cultivadas com soja e infestadas por *Meloidogyne javanica*, foi verificado que, para as populações que apresentaram variograma com maior alcance, menor foi o número de pontos necessários para a formação de uma amostra composta representativa da área (BRIDA et al, 2016). Amostras coletadas a distâncias maiores que o alcance, possuem aleatoriedade na distribuição espacial, sendo independentes entre si. Para este caso, pode ser aplicada a estatística clássica. Já amostras separadas por distâncias menores que o alcance estão correlacionadas umas às outras, permitindo que se reduza o espaçamentos dos pontos amostrados (SILVA et al, 2011).

Com o alcance de 20,4 m, será necessária a coleta de 21 pontos para se ter uma amostra composta representativa da área de 1 hectare (10.000 m²). Estudo com a distribuição espacial de *R. reniformis* em área cultivada com algodão, naturalmente infestada, apresentou alcance de 8,5 m. Com esse alcance, verificou-se ser necessária à coleta de aproximadamente 60 subamostras para obter uma amostra representativa de um hectare (FARIAS et al, 2002).

Em estudo sobre distribuição de nematoides parasitas de plantas em cultivo de cana-de-açúcar, 10 áreas foram avaliadas. Foi determinado um alcance de 35 m em uma das áreas infestadas com *M. javanica*, sendo necessários cinco pontos de amostragem por hectare para a representação da população desse nematoide nessa área (DINARDO-MIRANDA; FRACASSO, 2009)

As populações encontradas na amostragem anterior à instalação da cultura (prévia) e aos 140 dias após plantio, apresentaram Efeito Pepita Puro (EPP). O efeito pepita (C0) pode ser associado ao espaçamento entre as amostras, onde este não foi pequeno suficiente para mostrar o comportamento espacial da população do nematoide na área estudada (SILVA et al, 2011). Uma redução na distância entre as amostras utilizadas nos cálculos do variograma poderia ter otimizado a dependência espacial entre as mesmas.

O uso de uma malha mais adensada permite a percepção clara da variabilidade espacial na área estudada. Porém, esse adensamento encarece o esquema de amostragem, se comparado com malhas amostrais menos densas (GROENIGEN et al., 1999). O ideal seria utilizar o menor número possível de pontos amostrais com máxima representação da área amostrada (MONTANARI et al., 2005).

O recomendado para amostragem de rotina é 10 subamostras/ha (BARKER, 1985; INOMOTO et al., 2007), mas, dependendo da população na área, como observado no presente estudo, o resultado pode não representar fielmente a realidade do campo. Para organismos que se distribuem horizontalmente de forma agregada no solo, o número ideal de amostras para representar a população varia de acordo com o nível populacional destes no campo (ELLIOTT, 1993) ou ainda com o tipo de agregação. Nematóides com tipo de parasitismo migratórios, como *Pratylenchus* sp., apresentam padrão de distribuição menos agregado do que nematóides sedentários, como *R. reniformis* (FERRIS et al., 1990).

Na distribuição vertical, foi verificada uma oscilação na população do nematoide reniforme, nas diferentes profundidades, de acordo com período de amostragem. Aos 80 dias da cultura instalada, a maior população foi encontrada na profundidade de 20 cm, diferentemente do fim do ciclo, onde aos 140 dias após o plantio, o maior nível populacional foi encontrado aos 40 cm de profundidade.

No período de florescimento da cultura, com aumento da disponibilidade de alimentos, a população tende a estar em maior nível populacional no perfil de 20 cm de profundidade. No final do ciclo, com a diminuição de raízes aptas para o parasitismo, baixa umidade do solo e supressão de nematoides no perfil superior do solo por altas temperaturas ou antagonistas biológicos (ROBINSON et al., 2005), parte da população migra para maiores profundidades do solo, podendo sobreviver por até um ano sem alimento (HEALD; INSERRA, 1988, ROBINSON et al., 1997). Ao realizar a amostragem, encontra-se maior número de indivíduos na profundidade de 40 cm.

Em casos de falta de alimentos ou baixa umidade no solo, é comum a ocorrência de mais de 50% da população de *R. reniformis* em profundidades maiores que 30 cm (WESTPHAL et al., 2004). Em situações extremas, o nematoide

reniforme já foi relatado ocorrendo a 1,75m de profundidade (ROBINSON; COOK, 2001; ROBINSON et al., 2005).

Esse comportamento de *R. reniformis* pode influenciar diretamente o período e profundidade da amostragem. A padronização de amostragem para análise nematológica é de 20- 25 cm, para amostragem de rotina (BEEN; SCHOMAKER, 2006). Todavia, para algumas espécies, a profundidade pode variar. Por exemplo, para *Trichodorus* sp., ocasionalmente as amostras são colhidas a uma profundidade de 50 cm. A profundidade padrão de 20-25 cm pode ser suficiente para nematoides sedentários como *Heterodera* sp. e *Meloidogyne* sp., mas pode ser insuficiente para outras espécies (BEEN; SCHOMADER, 2006). Dependendo da espécie do nematoide em estudo e do período que for realizar a amostragem, essa profundidade padrão pode não representar a real população do nematoide no campo. No final do ciclo da cultura, os maiores níveis populacionais do nematoide reniforme podem estar aos 40 cm de profundidade e não serem detectadas na amostragem de solo coletado a 20-25 cm.

5. CONCLUSÕES

- As populações *R. reniformis* se apresentam mais elevadas na região central da área amostrada, com populações intermediárias nas extremidades.
- O espaçamento de subamostras de solo para compor uma amostra representativa da população de *R. reniformis* na área amostrada é de 20,4 metros, necessitando de 21 pontos de coleta em 1ha.
- O período mais adequado para a amostragem de *R. reniformis* na área, é aos 80 ou 140 dias após o plantio, amostrando o perfil de 0-40 cm.
- A população *R. reniformis* é menor no período que antecede a instalação da cultura.
- A distribuição vertical de *R. reniformis* varia de acordo com o ciclo da cultura de soja.

6. REFERÊNCIAS

ASMUS, G.L. Evolução da ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 27, 2005, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.221-222. (Embrapa Soja. Documentos, 257).

BARKER, K.R. Sampling nematode communities. In: BAKER, K.R.; CARTER, C.C.; SASSER, J.N. (Ed.). **An advanced treatise on Meloidogyne: II. Methodology**, Raleigh: North Caroline State University/USAID, p. 3-17. 1985

BEEN, T. H. and SCHOMAKER, C. H. Distribution Patterns and Sampling. P. 302-324. In: R. N. Perry and M. Moens. **Plant Nematology**. Wallingford, UK: CABI Publishing. 2006

BRIDA, A.L.; GABIA, A.A.; PEZZONI FILHO, J.C.; MORAES, D.A.C.; WILCKEN, S.R.S. Spatial variability of *Meloidogyne javanica* in soybean. **Summa Phytopathologica**, v.42, n.2, p.175-179, 2016.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S. **Nematoides em soja: Identificação e Controle**. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8p. (Circular Técnica 76).

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

ELLIOTT, J.M. Some methods for the statistical, analysis of samples of benthic invertebrates. Freshwater Biological Association Scientific publication, nº 25, 4º ed, 159 p. 1993.

ESPÍNDOLA, C. J.; CUNHA, R. C. C. A dinâmica geoeconômica recente da cadeia produtiva da soja no Brasil e no mundo. **GeoTextos**, Canela, v. 11, n. 1, p. 217-238, 2015.

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

FERRIS, H., MULLENS, T.A., FOORD, K.E. Stability and characteristics of spatial description parameters for nematode populations. **Journal of Nematology**. v.22, p.427–439. 1990.

GROENIGEN, van J.W. et al. Constrained optimisation of soil sampling for minimisation of the kriging variante. **Geoderma**, Amsterdam, v. 87; p. 239-259, 1999.

HEALD, C. M., and R. N. INSERRA. Effect of temperature on infection and survival of *Rotylenchulus reniformis*. **Journal of Nematology** . v.20, p.356–361. 1988

HOLGUIN, C. M.; MUELLER, J. D.; KHALILIAN, A.; AGUDELO P. Population dynamics and spatial distribution of Columbia lance nematode in cotton. **Applied Soil Ecology**. v.95; p.107–114. 2015.

INOMOTO, M.M.; ASMUS, G.L.; SILVA, R.A.da; MACHADO, A.C.Z. **Nematoides, uma ameaça à cotonicultura brasileira**. Ed. Syngenta Proteção de Cultivos Ltda. 15p. 2007.

JENKINS WR. A rapid centrifugal-flootation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**. v.48; 692p. 1964.

LANDIM, P. M. B. **Análise estatística de dados geológicos**. São Paulo, Fundação Editora da UNESP, (Ciência e Tecnologia), 226 p.1998.

LAUGHLIN, C.W. & L.G.E. LORDELLO. **Sistemas de manejo de nematoides: relações entre a densidade de população e os danos à planta**. Sociedade Brasileira de Nematologia, v.2, p.15-24. 1977.

MATHERON, G. Principles geostatistics. **Economic Geology**, El Paso, v. 58, p. 11246-66, 1963.

MONTANARI, R. et al. Forma da paisagem como critério para otimização amostral de latossolos sob cultivo de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 1, p. 69-77, 2005.

ROBINSON, A. F.; R. N. INSERRA, E. P.; CASWELL-CHEN, N.; VOVLAS, and A. TRICCOLI. *Rotylenchulus* species: Identification, distribution, host ranges, and crop plant resistance. **Nematropica**. v. 27, p.127–180. 1997.

ROBINSON, A. F.; AND C. G.; COOK. Root-knot and reniform nematode reproduction on kenaf and sunn hemp compared with that on nematode resistant and susceptible cotton. **Industrial Crops and Products** 13:249–264. 2001

ROBINSON, A. F., et al., Vertical Distribution of *Rotylenchulus reniformis* in Cotton Fields. **Journal of Nematology**. v.37(3). p.265–271. 2005.

SILVA, A.F.; QUARTEZANI, W.Z.; ZIMBACK, C.R.L.; LANDIN, P.M.B. **Aplicação da Geoestatística em Ciências Agrárias**. Botucatu, Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 139p. 2011.

VIEIRA, S. R. Geoestatística em estudos de variabilidade espacial do solo. In: Novais, R. F.; Alvarez, V. V. H.; Schaefer, C. E. G. R. (Ed.). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.1; p. 1-54. 2000.

ZIMBACK, C. R. L. **Análise espacial de atributos químicos de solos para fins de mapeamento da fertilidade**. 2001. 114 f. Tese (Livre-Docência em Levantamento do solo e Fotopedologia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2001.

ZIMBACK, C. R. L. **Geoestatística: Elementos da Geoestatística**. Botucatu, Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, 25p. 2003.

WALLACE, H.R. The dynamics of nematode movement. **Annual Review of Phytopathology**. V. 6, p.91–114. 1968.

WESTPHAL, A., A. F. ROBINSON, A. W. SCOTT, Jr., and J. B. SANTINI. Depth distribution of *Rotylenchulus reniformis* under crops of different host status and after fumigation. **Nematology**. v. 6, p.97–108. 2004.

2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O sistema rotacionado é muito recomendado para o controle de nematoides parasitas de plantas em geral, no entanto, para *R. reniformis* esse sistema não foi eficiente para a redução do nível populacional desse nematoide.

A geoestatística é uma ferramenta matemática de grande valia para a Nematologia Agrícola, principalmente para a determinação da distribuição horizontal de nematoides parasitas de plantas que não proporcionam sintomas reflexos nitidamente visíveis. No entanto, em muitas ocasiões, não responde da forma esperada, apresentando ausência de dependência espacial, e limitando seu uso.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, V. F.; LIMA, R. D.; CAMPOS, V. P. Distribuição vertical e horizontal de nematoides na rizosfera do cafeeiro. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 11; p. 11- 12, 1987.
- ALMEIDA, W.P., O. RUANO, J.R. PIRES, R. YAMAOKA & L. TURKIEWICZ. 2003. **Desempenho de cultivares e linhagens promissoras de *G. hirsutum* perante o nematoide *Rotylenchus reniformis***. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, IV, Goiânia (GO).
- AL-REHIAYANI, S. Seasonal fluctuations in populations of *Tylenchulus semipenetrans* at Al-Gassim, Saudi Arabia. **International Journal of Nematology**, Luton, v. 23, p. 118- 122, 2003.
- ALVES, T.C.U. **Reação de cultivares de soja ao nematoide das lesões radiculares *Pratylenchus brachyurus***. 2008. 41p. Dissertação (mestrado) Universidade Federal de Mato Grosso, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Programa de Pós-graduação em Agricultura Tropical.
- APT, W.J. Survival of reniform nematodes in desiccated soils. **Journal of Nematology**. v.8; 28p. 1976.
- ASMUS, G. L.; RODRIGUES, E.; ISENBERG, K. Danos em soja e algodão associados ao nematóide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) em Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, DF, v. 27, n. 2, p. 267, 2003. Edição de Resumos do XXIV Congresso Brasileiro de Nematologia, Petrolina, jul. 2003.
- ASMUS, G.L. Ocorrência de nematoide fitoparasitos em algodoeiro no estado de Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, v.28 (1); p.77-86. 2004.
- ASMUS, G.L. Evolução da ocorrência de *Rotylenchulus reniformis* em Mato Grosso do Sul, durante o quinquênio 2001/2005. In: Reunião de Pesquisa de Soja da Região Central do Brasil, 27, 2005a, Cornélio Procópio. **Resumos...** Londrina: Embrapa Soja, 2005. p.221-222. (Embrapa Soja. Documentos, 257).
- ASMUS, G.L. 2005b. O **nematoide reniforme**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, XXV, Piracicaba (SP). Apostila minicurso II – nematoides do algodoeiro, p. 12-19.
- ASMUS, G.L. & F.M. LAMAS. 2007. **Avaliação da tolerância de cultivares de algodoeiro ao nematoide reniforme**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, VI, Uberlândia (MG). Resumos, p. 118-118.
- ASMUS G.L E C.M. ISHIMI. Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v.44, n.1, p.51-57, jan. 2009a.

ASMUS, G.L e INOMOTO M. M. Culturas de cobertura e de rotação devem ser plantas não hospedeiras de nematoides. **Visão Agrícola**. p.112-116. 2009b.

BEEN, T. H. and SCHOMAKER, C. H. 2006. Distribution Patterns and Sampling. P. 302-324. In: R. N. Perry and M. Moens. **Plant Nematology**. Wallingford, UK: CABI Publishing.

CÂMARA, G.M.S. **Soja**: tecnologia da produção. Piracicaba: O Autor, 1998. 293 p.

CONAB (Companhia Nacional de Abastecimento). **Levantamento de Safra**. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.phf> >, Acesso em: 18 jun. 2016.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E.S. **Nematoides em soja**: Identificação e Controle. Londrina: Embrapa Soja, 2010. 8p. (Circular Técnica 76).

DUTRA, M.R. & CAMPOS, V.P. Manejo do solo e da irrigação como nova tática de controle de *Meloidogyne incognita* em feijoeiro. "Soil and water management as a new tactic for controlling *Meloidogyne incognita* in *Phaseolus vulgaris*" **Fitopatologia Brasileira**, v.28(6); p. 608-614. 2003.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Soja**. Disponível em: < <https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos> >, Acesso em: 18 jun. 2016.

HAYDOCK, P.P.J. AND PERRY, J.N. The principles and practice of sampling for the detection of potato cyst nematodes. In: Marks, R.J. and Brodie, B.B. (eds) **Potato Cyst Nematodes, Biology, Distribution and Control**. CAB International, Wallingford, UK, pp. 61–74,1998.

INOMOTO, M. M.; MACHADO, A.C. Z.; ANTEDOMÊNICO, S.R. Reação de *Brachiaria* spp. E *Panicum maximum* a *Pratylenchus brachyurus*. **Fitopatologia Brasileira**. v. 32; p. 341-344. 2007.

KINLOCH, R.A. Soybean. In: Barker KR, Pederson GA, Windham GL (Eds.) Plant and Nematode Interactions. Madison, WI, USA. **American Society of Agronomy**. p. 317-333, 1998.

LAUGHLIN, C.W. & L.G.E. LORDELLO. Sistemas de manejo de nematoides: relações entre a densidade de população e os danos à planta. **Sociedade Brasileira de Nematologia**, v.2; p.15-24. 1977.

MACHADO, A.C.Z., K.M.S SIQUEIRA, R. GALBIERI & E. CIA. 2005. **Levantamento preliminar das espécies de fitonematoides associadas à cultura do algodão no estado de São Paulo**. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO.

MANARA, N.T.F. Origem e expansão. In: SANTOS, O.S. (coord.). **A cultura da soja 1**. Rio de Janeiro: Globo, 1988. p.13-23.

MORAIS, A. A. C.; SILVA, A. L. **Soja e suas aplicações**. Rio de Janeiro: Medsi, 259 p., 1996

O'BANNON, J. H.; RADEWALD, J.D.; TOMERLIN, A.T. Population fluctuation of three parasitic nematodes in Florida citrus. **Journal of Nematology**, Hanover, v.4; p.194- 199, 1972.

PUDASAINI, M.P., SCHOMAKER, C.H., BEEN, T.H. AND MOENS, M. The vertical distribution of the plant-parasitic nematode, *Pratylenchus penetrans*, under four field crops. **Phytopathology**. v.96, p.226–233, 2006.

ROBINSON, A.F. Nematode behavior and migrations through soil and host tissue. In: Chen, Z., Chen, S. and Dickson, D.W. (eds) *Nematology – Advances and Perspectives*, Vol. I: **Nematode Morphology, Physiology, and Ecology**. CAB International, Wallingford, UK, pp. 330–405, 2004.

ROBINSON, A.F. Reniform in U.S. cotton: when, where, why, and some remedies. **Annual Review of Phytopathology**, v.45; p.263-288, 2007.

ROSA, J.B.R.; LIMA-MEDINA, I.; BELLÉ, C.; BERNARDE, J.T; GOMES, C.B. Efeito nematicida de exsudatos radiculares de milho e de aveia sobre *Mesocriconema xenoplax*. In: XXXII Congresso Brasileiro de Nematologia, 2015, Londrina, **Resumos...**Londrina – PR. p.151.

SCHANS, J. **Population dynamics of potato cyst nematodes and associated damage to potato**. PhD thesis, Wageningen Agricultural University, Wageningen, The Netherlands, 1993.

SCHMITT, R.D. & G.R. NOEL. Nematodes parasites of soybean. In: NICKLE, W.R. (ed). **Plant and Insect Nematodes**. Marcel Dekker, New York, p. 13-43, 1984.

SEINHORST, J.W. The estimation of densities of nematode populations in soil and plants. **Växtskyddsrapporter. Jordbruk** 51. Research Information Centre of the Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, Sweden, 107 p.,1988.

SIYAKUMAR, C.Y. SESHADRJ, A.R. Life history of the reniform nematode, *Rotylenchulus reniformis* (LINFORD AND OLIVEIRA, 1940). **Indian Journal Nematology**. v.1; p. 7-20, 1971.

STIRLING, G.R; HALPIN, N.V; BELL, M.J; MOODY, PW. Impact of tillage and residues from rotation crops on the nematode community in soil and surface mulch during the following sugarcane crop. **Proceedings of the Australian Society of Sugarcane Technologists**. v.32; p.152-168, 2010.

STARR, J. L. Cotton. In: BARKER, K.R., G.A. PEDERSON & G.L. WINDHAM (ed). *Plant and Nematode Interactions*. **American Society of Agronomy**, Madison, p. 359-379, 1998.

TSAI, B.Y. and APT, W.J. Anhydrobiosis of the reniform nematode: survival and coiling. **Journal of Nematology**. v.11; 316p. 1979.

WALL, J. W.; SKENE, K. R.; NEILSON, R. Nematode community and trophic structure along a sand dune succession. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v. 35, n. 4, p. 293-301, 2002.

WALLACE, H.R. The dynamics of nematode movement. **Annual Review of Phytopathology**. v.6; p.91–114, 1968.

WOODS, S. AND HAYDOCK, P.P.J. The effect of granular nematicide incorporation depth and potato planting depth on potatoes grown in land infested with the potato cyst nematodes *Globodera rostochiensis* and *G. pallida*. **Annals of Applied Biology**. v.136, p. 27–33, 2000.

YORINORI, J.T. Situação atual das doenças potenciais no Cone Sul. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 2.2002, Foz do Iguaçu, PR. **Anais...** Londrina:Embrapa Soja, 2002. p.171-186. Embrapa.