

# INTENSIDADE DOS DANOS DO NEMATOIDE DAS LESÕES RADICULARES NA SOJA, EM FUNÇÃO DA VARIABILIDADE ESPACIAL DE ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

Julio Cezar Franchini<sup>1</sup>;  
Henrique Debiasi<sup>1</sup>; Waldir Pereira  
Dias<sup>1</sup>; João Flávio Veloso Silva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Pesquisador, Embrapa Soja.  
Rodovia Carlos J. Strass, Distrito de Warta,  
Caixa Postal 231, CEP 86001-970, Londrina/PR.  
E-mail: [debiasi@cnpso.embrapa.br](mailto:debiasi@cnpso.embrapa.br), [franchin@cnpso.embrapa.br](mailto:franchin@cnpso.embrapa.br), [wliuas@cnpso.embrapa.br](mailto:wliuas@cnpso.embrapa.br).

<sup>2</sup> Pesquisador, Embrapa Agrossilvopastoril.  
Avenida dos Jacarandás, 2639, CEP 78550-000,  
Sinop/MT. E-mail: [chgeral.cpatm@embrapa.br](mailto:chgeral.cpatm@embrapa.br)

## INTRODUÇÃO

O nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) é um organismo de ocorrência natural nos solos da região dos cerrados. Os danos causados por esse nematoide nas principais culturas econômicas têm aumentando nos últimos anos, particularmente na cultura da soja. Até o momento, não existem relatos de variedades de soja que apresentem tolerância/resistência a esse nematoide a exemplo do relatado para outras espécies de nematoides, como o de cisto ou de galha. As causas para que essa espécie tenha suas popu-

lações aumentadas a níveis capazes de causar danos às plantas e reduzir sua produtividade estão relacionadas à falta de rotação de culturas e à expansão das áreas de produção para solos de textura arenosa. Com o objetivo de entender melhor o comportamento da espécie em relação à variabilidade de atributos químicos do solo, foi estabelecido, na safra 2010/2011, um estudo de campo na região médio norte do Mato Grosso.

## MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Fazenda Dacar, localizada no Município de Vera, na região Médio Norte do estado do Mato Grosso (12°08'25,67" e 55°11'42,71"), em área originalmente sob vegetação natural típica da região (vegetação de transição entre cerrado e floresta). O solo no local foi caracterizado como Latossolo Vermelho Ama-

relo distrófico, textura arenosa (130, 20 e 850 g kg<sup>-1</sup> de argila, silte e areia, respectivamente). A área foi aberta em 2004, sendo cultivada com arroz nos dois primeiros anos e com a sucessão soja/milheto desde então. A soja tem recebido a aplicação média de 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O. Em torno de 40% do fertilizante tem sido aplicado no sulco de semeadura e o restante a lanço, sendo o P em pré-semeadura e o K em pós-semeadura. A última calagem foi realizada em abril de 2010, utilizando calcário dolomítico (10% de MgO e 18% de CaO). O calcário foi aplicado em superfície utilizando taxa variável, com o valor médio aplicado equivalendo a 600 kg ha<sup>-1</sup>. A grade amostral para elaboração dos mapas para aplicação de calcário foi de uma amostra a cada 5 ha. Em 12 de janeiro de 2011, quando a soja (cultivar Msoy 9144RR) se encontrava no estágio R3, foram coletadas amostras deformadas de solo na camada de 0,0-0,2m para determinação de atributos químicos [carbono orgânico, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, alumínio, capacidade de troca de cátions (T), soma de bases (S) e saturação por bases (V) (Embrapa, 1997)]. Para determinar a variabilidade espacial desses atributos,

as amostras foram coletadas em pontos regularmente distribuídos na área, seguindo uma grade amostral de 20 x 20m. Em cada ponto, foi coletada uma amostra de solo na camada de 0,0-0,2m, composta por cinco subamostras tomadas ao redor do ponto.

Nos mesmos pontos onde foram coletadas as amostras de solo, a soja foi caracterizada quanto à severidade de danos causados por nematoides das lesões radiculares, utilizando como parâmetro a altura das plantas. O nível de separação entre as condições denominadas como reboleira (R) ou fora da reboleira (F) foi estabelecido pela medida da altura de 100 plantas em condição normal de desenvolvimento e 100 plantas em condição de máxima redução de desenvolvimento, coletadas em cinco posições distribuídas na área de estudo. A partir das médias e dos desvios-padrão, um dado ponto era considerado como reboleira quando a altura das plantas era reduzida em 25% em relação à altura máxima relativa (Figura 1). Esse valor corresponde à altura relativa média das plantas em reboleira (66,0) mais um desvio padrão (9,0).

A população de nematoides no solo foi avaliada por meio de bioensaio. As amostras foram

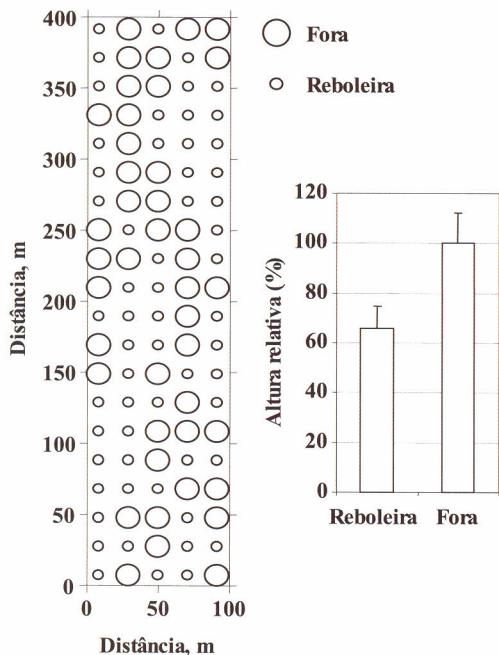


Figura 1. Mapa de ocorrência de reboleiras e valores médios da altura de plantas na área experimental.

acondicionadas em vasos com capacidade para 1 kg de solo e cultivadas em condições controladas de casa-de-vegetação com a cultivar TMG 131 RR. Após 60 dias, a população foi estimada nas raízes por meio da extração e contagem dos nematoides segundo a metodologia descrita por Coolen & D’Herde (1972). A população de nematoides foi submetida à análise geoestatística (Vieira et al., 2002) e não apresentou dependência espacial, o que não permitiu seu mapeamento. Desta forma, foram estimados

apenas os valores médios para as condições de reboleira e fora de reboleira (Figura 2).

Os atributos químicos também foram submetidos à análise geoestatística (Tabelas 1 e 2). Todos os atributos apresentaram semivariograma com dependência espacial utilizando como distância máxima 150m e passo para busca de vizinhos de 25m, permitindo seu mapeamento através do programa Surfer 9.0. Por meio de uma relação lógica, os atributos contínuos foram transformados em atributos categóricos (discretização) para obtenção do nível de cada atributo que mais bem se relacionasse com a ocorrência das reboleiras (Figura 3). A partir de um valor de referência do atributo, valores menores eram considerados como adequados à ocorrência de reboleira, ocorrendo o inverso para os valores maiores. Dessa forma, os dados de uma variável contínua foram transformados em uma variável discreta variando de 1 (reboleira) para os valores menores que o valor de referência, a 2 (fora da reboleira) para os valores maiores que a referência. Estes valores foram comparados ao valor atribuído à altura das plantas da soja, que da mesma forma foi dividida em

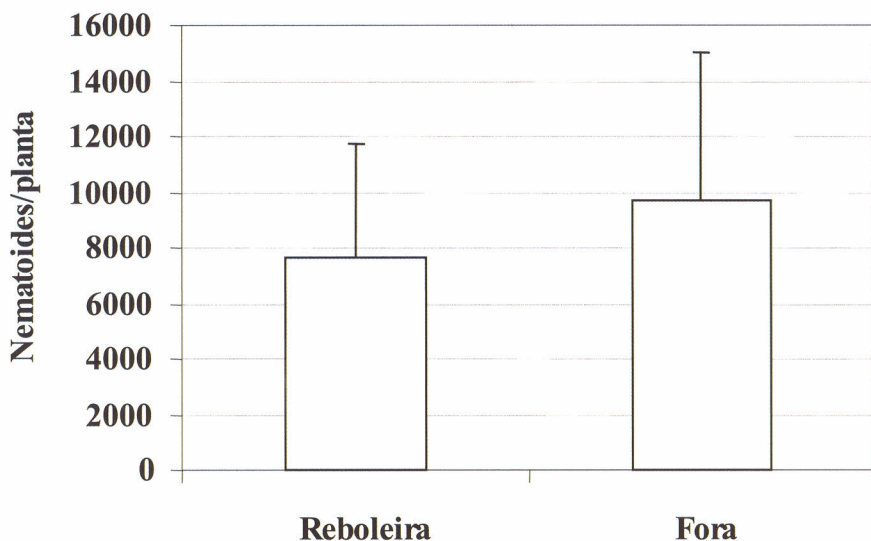


Figura 2. Número de nematoides/planta em áreas identificadas como reboleira e fora de reboleira (Figura 1).

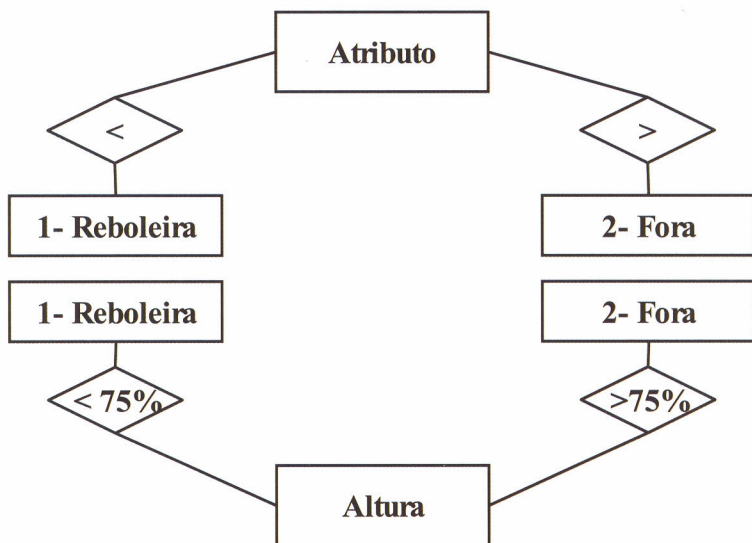


Figura 3. Representação lógica para discretização de atributos químicos contínuos e análise de coerência com a altura das plantas em áreas identificadas como reboleira ou fora de reboleira.

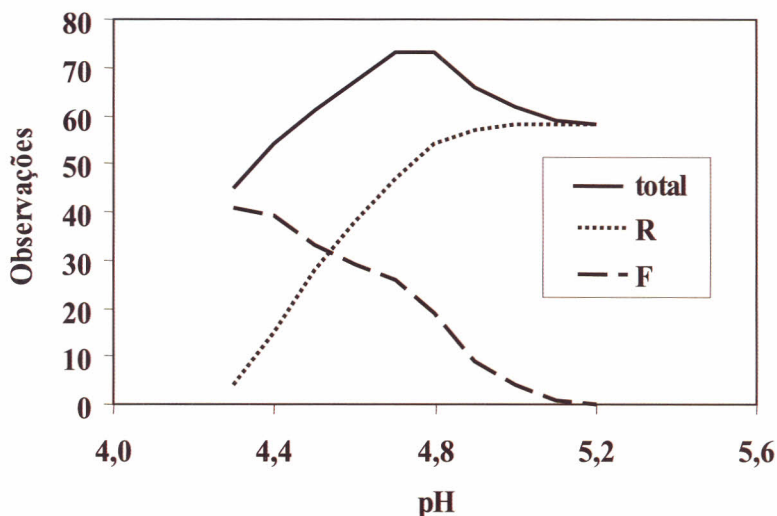
**Tabela 1.** Modelos ajustados ao semivariograma dos atributos químicos do solo.

	Modelo <sup>1</sup>	Parâmetros <sup>2</sup>			R <sup>2</sup>	Vz <sup>3</sup>
		C <sub>0</sub>	C <sub>1</sub>	a		
P	EXP	9,39	15,00	119,4	0,92	4
C	ESF	0,00	2,80	37,7	0,76	20
pH	GAU	0,00	0,05	27,1	0,86	4
Al	EXP	0,00	0,02	32,5	0,65	4
Ca	ESF	0,05	0,11	51,0	0,96	4
Mg	GAU	0,00	0,04	29,6	0,89	8
K	ESF	0,0003	0,0007	38,6	0,86	8
S	GAU	0,11	0,23	38,3	0,98	4
T	GAU	0,13	0,32	29,5	0,84	4
V	GAU	28,2	28,70	43,0	0,96	4

<sup>1</sup>EXP (exponencial); ESF (esférico); GAU (Gaussiano); <sup>2</sup>C<sub>0</sub> = efeito pepita; C<sub>1</sub> = variância estrutural; a = alcance; <sup>3</sup>número de vizinhos para krigagem.

**Tabela 2.** Estatística descritiva e número de coerências entre atributos químicos no valor limiar (Figura 5) e a altura de plantas.

Grade	P	C	pH	Al	Ca	Mg	K	S	T	V	
	mg/kg	g/kg		-----cmolc/kg-----						%	
Coerências											
total	100	65	54	73	74	67	73	60	71	65	73
R	58	52	24	47	49	35	49	51	56	39	49
F	42	13	30	26	25	32	24	9	15	26	24
Estatística descritiva											
Média	9,44	10,76	4,66	0,18	1,29	0,46	0,12	1,87	6,70	27,70	
Erro padrão	0,43	0,21	0,02	0,01	0,04	0,02	0,00	0,06	0,07	0,74	
Max	100	23,90	16,71	5,20	0,62	2,22	0,98	0,20	3,34	9,65	46,74
Min	0	2,90	6,93	4,30	0,00	0,55	0,20	0,05	0,80	5,29	13,02
Variância	17,57	4,23	0,05	0,02	0,15	0,04	0,00	0,33	0,44	54,95	
Curtose	1,14	-0,27	-0,79	-0,04	-0,30	0,30	-0,04	-0,18	3,16	-0,37	
Assimetria	1,05	0,42	0,27	0,79	0,44	0,95	0,20	0,60	1,24	0,41	



**Figura 4.** Representação gráfica das coerências [total, reboleira (R) e fora da reboleira (F)] entre o atributo pH e a altura da soja. O valor que proporcionou a maior coerência foi 4,7. Para valores abaixo de 4,7 ocorreram 47 situações em que a altura de planta foi < 75% da altura máxima, enquanto para valores acima de 4,7 ocorreram 26 situações em que a altura de planta foi > 75% da altura máxima, totalizando 73 situações coerentes (Ver resultado gráfico na Figura 5).

duas categorias (1-reboleira, para altura < 75% da altura máxima e 2-fora, para altura > 75% da altura máxima). Havendo coincidência entre as posições para o atributo químico e a altura de planta, a posição georeferenciada foi contabilizada como coerente. Este procedimento foi repetido para toda a amplitude de variação dos atributos, com o objetivo de determinar o valor real onde a quantidade máxima de coincidências entre os valores discretizados dos atributos e a altura da soja fosse observada (exemplo para o pH, Figura 4).

Estes valores foram denominados como limiares dos atributos. Com base nestes limiares, foram estabelecidos os mapas dos atributos químicos e da ocorrência das reboleiras, permitindo a visualização das relações entre os atributos químicos e a severidade dos sintomas causados por nematoides das lesões radiculares (Figura 5).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Entre os 100 pontos amostrados, em 58 pontos a altura das plantas foi < 75% da altura máxima,

caracterizando condições de reboleira, enquanto nos demais a altura das plantas foi > 75% da altura máxima, caracterizando condições de fora de reboleira (Figura 1).

A população de nematoides nas raízes da soja não apresentou dependência espacial, razão pela qual são apresentados apenas os valores médios com seus respectivos desvios-padrão. A população de nematoides nas raízes foi equivalente nas condições de re-

boleira e fora de reboleira, o que indica que a população exclusivamente não é a responsável pela alteração na altura das plantas de soja utilizada neste estudo como indicador de dano.

A discretização dos atributos químicos permitiu a identificação dos limiares para máxima coerência entre os atributos e a altura de plantas (Figura 5). Os atributos relacionados com a acidez do solo foram os que apre-

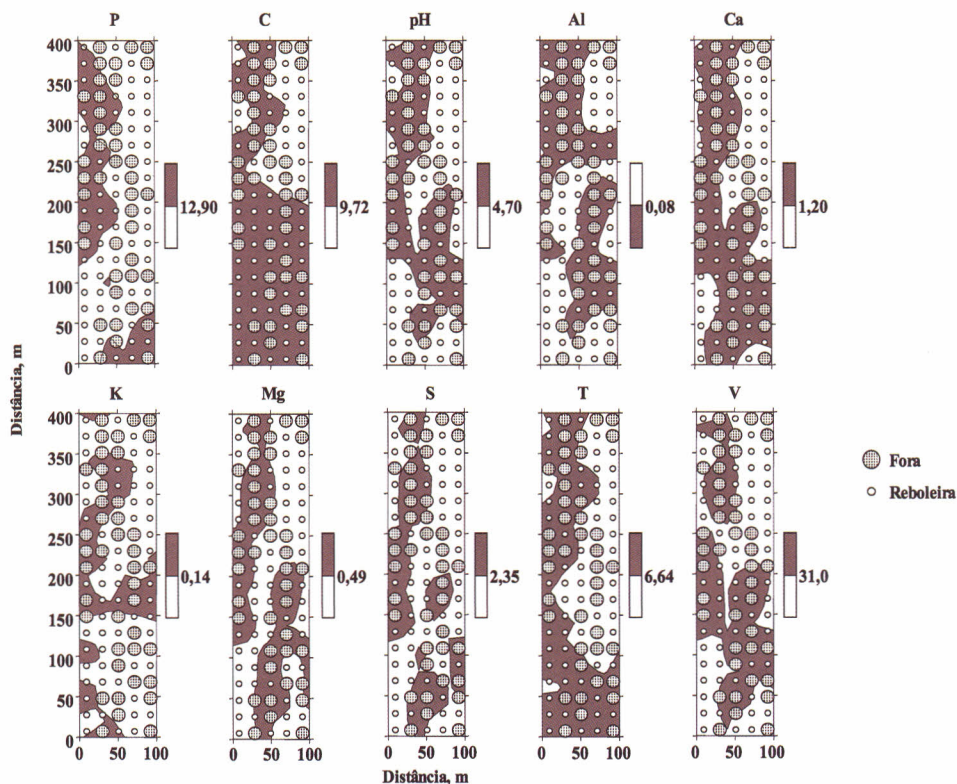


Figura 5. Distribuição espacial dos atributos químicos no valor limiar e de reboleiras na área de estudo.

sentaram maior coerência com a altura das plantas. Além do pH, os teores de Al e Mg, a soma de bases e a saturação por bases também apresentaram valores de coerência acima de 70 %.

Os dados indicam que o nematoide das lesões radiculares intensifica os sintomas de ocorrência, no caso desse estudo evidenciado pela redução de altura, em condições de solo mais ácido. De acordo com dados apresentados na Figura 2, a população de nematoides nas raízes da soja não variou entre as regiões com (reboleira) e sem sintomas, demonstrando que a maior expressão de sintomas nas regiões mais ácidas está relacionada com o aumento da vulnerabilidade da planta ao ataque dos nematoides, seja pela redução no teor de bases trocáveis que favorecem um maior desenvolvimento do sistema radicular ou pelo aumento no teor de Al, que inibe o desenvolvimento radicular.

Em relação às bases trocáveis divalentes, foi observado que 24 e 43% dos resultados de Ca e Mg, respectivamente ocorreram dentro do nível baixo de interpretação para a cultura da soja, indicando que o Mg pode ter sido

mais limitante do que o Ca na área experimental (Tecnologias..., 2010). O papel do Mg na amenização da toxicidade do Al na soja é relatado na literatura e parece ser mecanisticamente diferente da observada para o Ca, já que ocorre em concentrações relativamente bem menores na solução (Silva et al., 2001). Apesar de ser mais eficiente do que o Ca para reduzir a rizotoxicidade do Al, sua propriedade protetora não pode ser explicada pelas mudanças eletrostáticas estimadas para o potencial da membrana e atividade do  $Al^{3+}$  na superfície da raiz (Silva et al., 2005). Desta forma, a maior ocorrência de níveis baixos de Mg na área de estudo pode estar relacionada com o maior número de coerências entre os valores discretizados para esse nutriente em relação ao Ca, 74 e 67, respectivamente.

A análise geoestatística demonstra que existe grande variabilidade espacial em curtas distâncias dentro da área de estudo. Essa variabilidade pode estar sendo causada por práticas de manejo da adubação e dos corretivos, como aplicações a lanço dos nutrientes e aplicação a taxa variável dos corretivos.



## CONCLUSÕES

1. A variabilidade espacial dos atributos químicos está associada aos sintomas de dano causados por nematoides das lesões radiculares

2. A acidez do solo intensifica os danos causados por nematoides das lesões radiculares.

3. A população de nematoides nas raízes da soja não está relacionada com os atributos químicos do solo.

## AGRADECIMENTOS

Ao Fundo de Apoio a Cultura da Soja (FACS) pelo financiamento desta pesquisa.

A Associação dos Produtores de Soja do Mato Grosso (Aprosoja/MT), pelo auxílio na execução do trabalho de campo.

## REFERÊNCIAS

VIEIRA, S. R.; MILLETE, J.; TOPP, G. C.; REYNOLDS, W. D. Handbook for geostatistical analysis of variability in soil and climate data. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 2, p. 1-45, 2002.

COOLEN, W.A.; D'HERDE, C.J. **A method for the quantitative extraction of nematodes from plant tissue**. Ghent, State Agricultural Research Center, 1972. 77p.

TECNOLOGIAS DE PRODUÇÃO DE SOJA – REGIÃO CENTRAL DO BRASIL. Londrina: Embrapa Soja; Embrapa Cerrados; Embrapa Agropecuária Oeste, 2010. 255p.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 1997. 212p.

SILVA, I.R.; SMYTH, T.J.; ISRAEL, D.W.; RUFTY, T.W. Altered aluminum inhibition of soybean root elongation in the presence of magnesium. **Plant and Soil**, v. 230, p. 223-230, 2001.

SILVA, I.R.; FERRUFINO, A.; SANZONOWICZ, C.; SMYTH, T.J.; ISRAEL, D.W.; CARTER-JUNIOR, T.E. Interactions between magnesium, calcium, and aluminum on soybean root elongation. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, p. 747-754, 2005.