

#### Mesa Redonda 4: Manejo Integrado dos Nematoides

### NEMATÓIDES NOS SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE ALGODÃO EM MATO GROSSO

Rafael Galbieri<sup>1</sup>, João Flávio Veloso Silva<sup>2</sup>; Guilherme L. Amus<sup>3</sup>; Neucimara R. Ribeiro<sup>4</sup>; Carlos M. P. Vaz<sup>5</sup>, Silvio Crestana<sup>5</sup>, Elio D. Torres<sup>1</sup>, Álvaro L. O. Salles<sup>1</sup>, Auster Farias<sup>2</sup>, Valeria O. Faleiro<sup>2</sup>, Fernando M. Lamas<sup>3</sup>, Luiz G. Chitarra<sup>6</sup>, Sandra M. Rodrigues<sup>6</sup>, Eduardo S. Matos<sup>2</sup>, Silvio T. Spera<sup>2</sup>, Ciro Magalhães<sup>2</sup>, Marcelo Carauta Montenegro Medeiros Moraes<sup>2</sup>, Cornélio A. Zolin<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Instituto Mato-grossense do Algodão, BR 070, Km 266, Cx. Postal 149, CEP 78.850-000, Primavera do Leste-MT.

<sup>2</sup> Embrapa Agrossilvipastoril, MT 222, km 2,5, CxP343, CEP 78.550-970, Sinop-MT;

<sup>3</sup> Embrapa Agropecuária Oeste, Cx. Postal 661, CEP 79.804-970, Dourados, MS;

<sup>4</sup> Aprosmat, Rua dos Andradas 688, Rondonópolis-MT, CEP 78.745-420;

<sup>5</sup> Embrapa Instrumentação Agropecuária, Cx. Postal 741, CEP 13.560-970, São Carlos-SP;

<sup>6</sup> Embrapa Algodão, MT 222, km 2,5, CxP343, CEP 78.550-970, Sinop-MT;

Palavras-chave: Nematóides, levantamento, atributos químicos e físicos do solo

#### INTRODUÇÃO

A ocorrência de nematóides fitoparasitas causando danos no algodoeiro é histórica no Brasil, e foi verificada em todas as regiões onde a cultura foi explorada, como São Paulo, Paraná, Goiás, Mato Grosso do Sul e, mais recentemente, em Mato Grosso. Os danos verificados variam de leves, onde a área de ataque é pequena, a grandes, especialmente em locais onde o nematóide está disseminado na maior parte da área da lavoura.

Existem diversos estudos sobre como manejar a população dos nematóides, de forma a minimizar os danos. As estratégias baseiam-se no uso de cultivares resistentes, rotação de culturas, plantas de cobertura, manejo da fertilidade e características físicas dos solos, entre outros. Estas estratégias de controle estão disponíveis na literatura, como em Galbieri et al. (2012). Para que a melhor estratégia possa ser utilizada, é fundamental conhecer o sistema de produção na qual o produtor está trabalhando, o histórico da área, bem como suas condições físicas, químicas, biológicas, etc. Este trabalho apresenta um esforço nesta direção, realizado em parceria entre o Instituto Mato-grossense de Algodão (IMA), a Associação Mato-grossense dos Produtores de Algodão (AMPA), o Instituto Brasileiro do Algodão (IBA), a Associação dos Produtores de Sementes de Mato Grosso (Aprosmat) e a Embrapa (Embrapa Algodão, Embrapa Instrumentação, Embrapa Agropecuária Oeste e Embrapa Agrossilvipastoril), que foi iniciado em 2012 e continuará a ser realizado em 2013. O objetivo do trabalho é avaliar a ocorrência de espécies de fitonematóides associados à cultura do algodoeiro no estado de MT, e correlacionar estes dados com características físicas, químicas e biológicas do solo, possibilitando analisar essas relações para indicar medidas de manejo desses parasitas no estado.

#### METODOLOGIA

A metodologia do trabalho foi definida pela Embrapa e a operacionalização dos procedimentos de amostragens foi realizada pelo IMA. Um total de 1173 amostras e entrevistas serão coletadas nos 07 núcleos de produção do estado de Mato Grosso, sendo que em 2012 foram

avaliadas 254 amostras dos núcleos Centro Leste (Primavera do Leste), Sul (Rondonópolis) e Centro (Campo Verde), cujos resultados são apresentados neste trabalho.

As amostras foram coletadas em áreas contrastantes, ou seja, em áreas com histórico de baixa produtividade e com possíveis problemas com fitonematoides, e em áreas de histórico de alta produtividade, possibilitando estudar os fatores restritivos e associá-los às populações de nematoides presentes no solo, além de outros fatores bióticos e abióticos.

Através de entrevistas e análises laboratoriais, cerca de 78 parâmetros foram obtidos para 161 amostras coletadas em locais de baixa produtividade, e para 93 amostras coletadas em áreas de alta produtividade. A coleta das amostras demandou infraestrutura complexa, envolvendo câmara móvel e refrigerada para guarda de amostras, equipamentos, GPS, penetrometro de impacto, sensor de umidade, etc. Para cada amostra, os seguintes parâmetros avaliados foram:

Dados espaciais (Região, Fazenda, Talhão, Coordenadas geográficas), Histórico da área (Tempo de abertura e Tempo de cultivo de algodão) e Histórico de cultivo (Cultura anterior, Cultura de cobertura), Sistema de produção (Cultivar, Data de semeadura, Espaçamento, Densidade, Tipo de preparo do solo), Dados de produtividade da área (Produtividade informada, Produtividade amostrada e produtividade real do talhão), Presença de sintomas de ataque de nematoides (Reboleira, Galhas, Carijó, Porte reduzido, Escurecimento), Presença de Fusariose (incidência e severidade), Presença dos nematoides *Meloydogyne* sp., *Pratylenchus* sp. e *Rotylenchulus* sp., quantificados no solo (100 cm<sup>3</sup>) e nas raízes do algodoeiro. A Produtividade das áreas amostradas foi verificada através de três formas:

1. a produtividade informada pelo entrevistado, anotada para 93 amostras de áreas A e em 161 amostras das áreas B;
2. a produtividade de algodão em caroço (@/ha) amostrada no talhão (média de 4 repetições), realizada em 30 amostras de áreas A e em 53 de áreas B;
3. a produtividade de algodão em caroço (@/ha) obtida no talhão, informada pelo produtor ao final da safra, anotada para 93 amostras de áreas A e 161 amostras das áreas B;

Dados físicos (Densidade global, Umidade volumétrica, Umidade gravimétrica, Densidade das partículas, Porosidade total, Condutividade elétrica, Resistência à penetração 0-10 cm, Resistência à penetração 10-20 cm, Resistência à penetração 20-30 cm, Resistência à penetração 30-40 cm, Resistência à penetração 40-50 cm, Resistência à penetração 50-60 cm, Resistência à penetração 0-30 cm, Resistência à penetração 30-60 cm, Resistência à penetração 0-60 cm, Teor de areia, Teor de silte e Teor de argila).

Dados químicos, como pH- Acidez ativa (CaCl<sub>2</sub>); H+Al- Acidez potencial (Tampão SMP); P- Fósforo (Resina), K- Potássio (Resina), Ca- Cálcio (Resina) e Mg- Magnésio (Resina); MO- Matéria orgânica (Fotométrico); CTC- Capacidade de troca de cátions (Cálculo); SB- Soma de bases (Cálculo); V- Saturação por bases (Cálculo); B- Boro (água quente); Cu- Cobre (DTPA); Fe- Ferro (DTPA); Mn- Manganês (DTPA); Zn- Zinco (DTPA); S- enxofre trocável (fosfato de cálcio).

Para avaliar quais os parâmetros estão estatisticamente associados à ocorrência de baixas produtividades, foi realizado teste estatístico de comparação de médias. Assim, as variáveis observadas foram dispostas em dois diferentes grupos de alta produtividade (A) e de baixa produtividade (B) e foi aplicado, para cada variável, o teste T. A hipótese nula é de que não existem

diferenças entre a média do grupo de maior produtividade ( $\mu_A$ ) e a média do grupo de menor produtividade ( $\mu_B$ ), e a hipótese alternativa é que há diferenças entre grupos.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### **Sistema de produção e ambiente produtivo:**

As amostras foram coletadas durante o período de 09/03/2012 a 25/05/2012, nas regiões núcleo Centro Leste (Primavera do Leste), núcleo Sul (Rondonópolis) e núcleo centro (Campo Verde), sendo 193, 23 e 38 amostras respectivamente.

A idade de abertura das áreas estudadas, bem como o tempo de cultivo de algodão nas mesmas é muito parecida nas áreas de alta produtividade (A) e nas áreas de baixa produtividade (B). Nas áreas A, a média de idade de abertura é de 23,23 anos, e a média de tempo de cultivo de algodão de 11,59 anos. Nas áreas de baixa produtividade (B), a média de idade de abertura é de 24,03 anos, e a média de cultivo de algodão de 11,05 anos. Uma avaliação mais detalhada dos dados de idade de cultivo de algodão e as produtividades obtidas revelam algumas diferenças. Para as amostras das áreas A, 17,20% são áreas novas, com até 7 anos de cultivo de algodão. 62,36% são áreas com 7 a 14 anos, e 22,58% com mais de 14 anos. A produtividade das áreas A são elevadas em todas as idades de cultivo. Para as amostras das áreas B, 24,84% são áreas novas, com até 7 anos de cultivo de algodão. 52,17% são áreas com 7 a 14 anos, e 8,69% com mais de 14 anos. A produtividade das áreas B foram baixas em todas as idades de cultivo, exceto nas áreas com mais de 14 anos de cultivo.

### Sistema de produção

A semeadura das áreas ocorreu período de 02/12/2011 a 15/02/2012. Nas áreas A, de alta produtividade, e nas áreas B, de baixa produtividade, o sistema de produção de algodão utilizado pelos agricultores é muito parecido. Não foi observado um tratamento diferenciado para as áreas de baixa produção, de modo a reduzir os problemas nematológicos a elas atribuído. Entre as 93 amostras de áreas A, o sistema Milheto/Algodão prevaleceu, com 64,52% de frequência. O sistema soja/Algodão aparece com 16,13%. O uso da crotalária foi verificado em somente 4 amostras (4,30%). Também em 4,3% das amostras foi verificado o monocultivo de algodão. Entre as 161 amostras de áreas B, o sistema Milheto/Algodão também foi o mais frequente, com 62,73%, seguido pelo sistema soja/Algodão, com 15,53%. O uso da crotalária foi verificado em 9 amostras (5,59%). Como nas amostras A, somente em 4,35% das amostras B foi verificado o monocultivo de algodão.

### Cultivares de Algodão, espaçamento e população de plantas

As cultivares usadas nas áreas A e B foram muito semelhantes. Não houve maior uso de cultivares com resistência a nematóides (*Meloidogyne*) nas áreas B, onde os produtores acreditam que os nematóides são problema. O espaçamento entre linhas e a população de plantas foi muito similar entre as amostras A e B.

### Semeadura direta, convencional e uso de subsolagem

O uso da semeadura direta já é muito frequente na produção de grãos no Mato Grosso. Também foi observada elevada frequência de semeadura direta de algodão, tanto nas amostras A e B, sendo 97,85% e 96,27% respectivamente.

O uso da subsolagem também foi verificado nas áreas estudadas. Entre as amostras A, 51,61% usam a subsolagem, enquanto 48,39% não relataram o uso da subsolagem.

#### Sintomas de ataque de nematoides

Em quatro (04) amostras de áreas A foi observado algum sintoma de ataque de nematoides (reboleira, galhas, folhas carijó, porte reduzido ou escurecimento de raízes). Em todas elas, as análises realizadas depois comprovaram a presença de nematoides fitoparasitas. Em muitas amostras nematoides estavam presentes, contudo sem a visualização de sintomas. Sintomas foram observados em diversas amostras de áreas B, com 52 anotações de presença de reboleiras, 64 de presença de galhas, 63 com folhas carijó, 76 com porte reduzido, 19 com escurecimento de raízes. Foram relatados pelos amostradores 4 amostras com galhas dentre as 146 amostras que *Meloidogyne* não foi diagnosticado no laboratório. Em 33 áreas com presença de baixa população de *Meloidogyne*, houve 13 anotações de presença de galhas e porte reduzido das plantas. Em todas as 48 amostras onde *Meloidogyne* estava em alta população foram assinaladas a presença de galhas e reboleiras pelos amostradores, indicando que é mais fácil a identificação da presença de *Meloidogyne* no campo através de sintomas das plantas.

Nas 23 amostras de elevada população de *Pratylenchus*, somente em uma foi anotado escurecimento de raízes e foram feitas 4 anotações para porte reduzido. É difícil identificar sintomas de *Pratylenchus* sp. em campo. Nas 4 amostras onde *Rotylenchulus* estava em alta população, em duas foram assinaladas redução de porte das plantas.

#### Produtividade

A análise comparativa entre a produtividade informada pelo produtor e aquela real, obtida no talhão, permitiu verificar que elas foram muito próximas, mostrando que os produtores conhecem bem as suas propriedades. Entretanto percebeu-se que o produtor subestimava a produtividade quando os valores eram baixos, informando valores ainda mais baixos e demonstrando pessimismo com estas áreas.

A Produtividade média amostrada nas áreas A foi elevada, contrastando com a baixa produtividade média das áreas B, sendo respectivamente 292,5@/ha e 227,8@/ha. Muito similar foi a produtividade média informada nestas mesmas áreas, sendo 286,9@/ha e 231,6@/ha. A média da produtividade real do talhão foi de 278,5@/ha nas áreas A e 245,6@/ha nas áreas B. A amplitude dos valores de produtividade das áreas A e B, tanto amostrada, informada ou real foi grande. A maior produtividade amostrada observada em A foi de 383,1@/ha, e 14 áreas apresentaram produtividade amostrada maior que 300@/ha. A menor produtividade amostrada observada em B foi de 87,8 @/ha, sendo que em 34 áreas apresentaram produtividade amostrada menor que 250@/ha.

#### Nematóides

No momento de coleta das amostras A, cerca de 91 entrevistados informaram que não tinham problemas com nematoides nas áreas, e 02 informaram que tinham nematoides. Entre as 161 amostras das áreas B, 156 entrevistados informaram que tinham nematoides nas áreas, e 05 informam que não tinham. A análise quantitativa dos dados mostrou uma realidade bem diferente:

*Pratylenchus* sp.: A quantificação da população de *Pratylenchus* em 93 amostras das áreas A (de alta produtividade) mostrou que em todas as amostras (100%) o nematoide estava presente, com

números variando de 30 a 2.170 indivíduos. 66,6% das amostras A apresentou população de *Pratylenchus* menor que a média (477,2) e 33,3% das amostras foram maiores que a média. Foram observadas populações elevadas de *Pratylenchus* entre amostras de áreas A, com mais de 1.000 indivíduos por 100 cm<sup>3</sup> de solo.

A quantificação da população de *Pratylenchus* em 161 amostras das áreas B mostrou que em 98,14% das amostras o nematoide estava presente, com números variando de 0 a 2.950 indivíduos. *Pratylenchus* estava ausente em 2 amostras. Em 70,80% das amostras B foram observados população de *Pratylenchus* menor que a média (436,21) e em 29,19% das amostras foram maior que a média. Tanto nas áreas A como nas áreas B, foram observadas populações elevadas de *Pratylenchus*, com mais de 1.000 indivíduos/100 cm<sup>3</sup> de solo e raíz.

*Meloidogyne* sp. : A população de *Meloidogyne* sp. quantificada em 93 amostras A mostrou que o nematoide estava presente em 16 amostras (17,20%), e ausente em 77 amostras (82,79%), variando de 0 a 430 indivíduos e com média de 11,40. Entre as amostras positivas, a média foi de 66,25, e apenas 5 amostras foram maiores que 66,25.

A população de *Meloidogyne* sp. quantificada em 161 amostras B mostrou que o nematoide estava presente em 75 amostras (46,58%), e ausente em 86 amostras (53,42%), variando de 0 a 12.470 indivíduos e com média de 1.283,60. Em 44 amostras (27,33%) de áreas B, a população de *Meloidogyne* foi maior que 1.283,60. Em 49 amostras de áreas B (36,02%) foram observadas populações de *Meloidogyne* maiores que 1.000 indivíduos.

Em 44 amostras de áreas B, com população de *Meloidogyne* acima de 1.200 indivíduos (média 4.873 indivíduos), a produtividade média de algodão foi de 248,6@/ha.

*Rotylenchulus* sp.: O nematoide *Rotylenchulus* sp. foi detectado em baixa frequência (5,38%) nas 93 amostras A, e em 3,11% das 161 amostras B. A maior população de *Rotylenchulus* sp. observada foi de 1.350 indivíduos. Entre as amostras B, a maior população observada de *Rotylenchulus* sp. foi de 6.410 indivíduos. A produtividade amostrada desta área foi de 260,3@/ha.

*Fusarium* sp.: A ocorrência da murcha de *Fusarium* em algodão nas 93 áreas A amostradas não indicou a presença da doença, avaliada através de escalas de incidência e severidade (1 a 5). Mesmo nas 16 áreas onde *Meloidogyne* estava presente, não houve sintomas de escurecimentos de vasos entre as amostras A. Entre as 161 amostras de áreas B, 141 amostras (87,56%) não apresentaram sintomas de murcha de *Fusarium*. Em 20 amostras (12,42%) houve diferentes graus de incidência e severidade da doença. Em 100 % das vezes em que foram observados sintomas da murcha de *Fusarium*, o nematóide *Meloidogyne* sp. estava presente, caracterizando o complexo de doença denominado FUSnem (Galbieri et al, 2012). Em 53 amostras de áreas B (32,92%) *Meloidogyne* estava presente, entretanto não houve sintomas da doença.

### **Análise Estatística dos Dados**

As variáveis observadas em 257 amostras (93 de áreas A e 161 de áreas B) foram submetidas ao teste T.

Para os seguintes parâmetros, aceita-se H<sub>1</sub>, ou seja, existem diferenças significativas entre o grupo de baixa produtividade e o grupo de alta produtividade:



1. População de *Meloidogyne* (solo e raiz): existem diferenças significativas entre os grupos, com população elevada para o grupo de baixa produtividade, e população mais baixa para o grupo de alta produtividade;
2. Densidade do solo (Ds): existem diferenças entre os grupos, e a densidade do grupo de menor produtividade é maior;
1. Umidade gravimétrica (u): existem diferenças entre os grupos e a umidade gravimétrica do grupo de maior produtividade apresenta maiores valores;
2. Densidade das partículas (DP): existem diferenças entre os grupos e a umidade gravimétrica do grupo de maior produtividade apresenta maiores valores;
3. Porosidade total ( $P_{total}$ ): existem diferenças entre os grupos e a porosidade total do grupo de maior produtividade apresenta maiores valores;
4. Umidade volumétrica (q): existem diferenças entre os grupos e a umidade volumétrica do grupo de maior produtividade apresenta maiores valores;
5. Teor de areia: existem diferenças entre os grupos para teor de areia, sendo que o grupo de menor produtividade possui em média maiores valores;
6. Teor de Argila: existem diferenças entre os grupos para teor de argila, sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
7. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (10 a 20 cm): existem diferenças de valores de resistência a penetração neste nível entre os grupos de alta e baixa produtividade sendo que o grupo de menor produtividade possui em média maiores valores;
8.  $K_{mg/dm^3}$  : existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
9. Ca+Mg: existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
10.  $Ca_{cmolc/dm^3}$ : existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
11.  $Mg_{cmolc/dm^3}$  existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
12. Teor de matéria orgânica: existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
13. Soma de Bases: existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
14. Capacidade de troca de cátions (CTC): existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores;
15.  $S_{mg/dm^3}$ : existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de alta produtividade possui em média maiores valores ;
16. Retenção de água na tensão de 1500 kPa ( $\Theta_{1500kPa}$ ): existem diferenças entre os grupos de baixa e alta produtividade sendo que o grupo de maior produtividade possui em média maiores valores.

Para os seguintes parâmetros, aceita-se  $H_0$ , ou seja, não há diferenças significativas entre o grupo de alta produtividade e baixa produtividade.

1. População de *Pratylenchus* (no solo e raiz);
2. Condutividade Elétrica (CE);
3. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (0 a 10 cm);



4. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (20 a 30 cm);
5. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (30 a 40 cm);
6. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (40 a 50 cm);
7. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (50 a 60 cm);
8. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (0 a 30 cm);
9. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (30 a 60 cm);
10. Resistência mecânica à penetração em camadas de solo (0 a 60 cm);
11. pH (em água);
12. Saturação de bases;
13. Relação Ca/Mg ;
14. Relação Ca/K ;
15. Relação Mg/K ;
16. Saturação por Ca;
17. Saturação por Mg;
18. Saturação por Al;
19. Saturação por K;
20. Saturação por H;
21. Zn mg/dm<sup>3</sup>;
22. Cu mg/dm<sup>3</sup>;
23. Fe mg/dm<sup>3</sup>;
24. Zn mg/dm<sup>3</sup>;
25. B mg/dm<sup>3</sup>;
26. P<sub>resina</sub> mg/dm<sup>3</sup>;
27. Retenção de água na tensão de 6 kPa ( $\Theta_{6kPa}$ ) ;
28. Água disponível (AD).

#### Atributos químicos e físicos do solo

O atributo físico umidade volumétrica do solo reflete uma série de outros atributos importantes ao crescimento e desenvolvimento de plantas referentes ao suprimento de água para os processos fisiológicos vegetais e à absorção de nutrientes. A observação de maior rendimento do algodoeiro em função da maior quantidade de água no solo é esperada (Floss, 2011). A água no solo deve estar disponível em quantidades adequadas em todos os momentos críticos da demanda pela planta (Reichardt & Timm, 2012). O maior teor de água no solo, muitas vezes é consequência do contínuo fornecimento de água ao sistema radicular durante o ciclo vegetativo pela precipitação pluvial. Esse fornecimento em momento adequado permite que o sistema radicular absorva os nutrientes da solução do solo nas quantidades exigidas pela planta (Passioura, 2002).

Os fatores que favorecem o maior teor de água no solo são: a capacidade do mesmo em reter a água, em função do teor de argila do solo, de matéria orgânica, das condições de manejo que favoreçam a preservação dos macroagregados e a estruturação do solo de modo a permitir a conservação da continuidade dos poros de maior diâmetro. Isso explica a correlação negativa verificada entre a produtividade real do algodoeiro e a microporosidade.

Os atributos  $\Theta_{6kPa}$  e  $\Theta_{1500kPa}$  indicam respectivamente, teor de água retida na capacidade de campo e no ponto de murcha permanente. Em ambos os casos, verificou-se maior produção do algodoeiro em função do maior valor de  $\Theta$  (umidade volumétrica na tensão indicada). Isso reflete o

teor de água em função do teor de argila e quanto maior o teor de argila, maior o rendimento do algodoeiro (Klein et al., 2006; Klein et al., 2010).

O atributo resistência mecânica do solo à penetração (RP), na camada de 10-20 cm, mostrou correlação negativa com a produtividade real do algodoeiro. Isso pode ser explicado pela redução no ambiente físico do solo favorável ao enraizamento (Passioura, 2002). Nessa camada, Spera et al. (2009) observaram, pelo índice de resistência à penetração do solo, presença de compactação intensa, resultante de efeito de pé-de-grade, com redução na capacidade de enraizamento. Assim, as plantas ficam mais sensíveis a estresses bióticos e abióticos, afetando a produtividade. De maneira geral, os sistemas de produção de algodão estudados estão promovendo elevação dos valores de RP, e no presente trabalho foi significativo na camada de 10-20 cm. Valores elevados de RP nessa camada restringem a exploração do solo pelas raízes, resultando em plantas com menor capacidade de resistência a períodos de seca, culminando em produtividades muito abaixo das esperadas.

Os solos com maior densidade global ( $D_s$  - ou do solo) propiciaram menor produção. Isso pode ser explicado pelo fato de que solos da classe arenosa tendem a ter maior  $D_s$  que solos argilosos. E, os solos arenosos, por conterem menor teor de nutrientes, matéria orgânica e CTC, além serem mais suscetíveis à erosão e à lixiviação, oferecem menor potencial de produção, mas a  $D_s$ , por si só, não explica a menor produtividade. Já a  $D_s$  alta em solos argilosos é indicativo de compactação, resultando em menor espaço poroso para crescimento de raízes. Reichert et al. (2003) propuseram densidade do solo crítica para algumas classes texturais: 1,30 a 1,40  $Mg\ m^{-3}$  para solos argilosos, 1,40 a 1,50  $Mg\ m^{-3}$  para os franco-argilosos e de 1,70 a 1,80  $Mg\ m^{-3}$  para os franco-arenosos.

Os teores de Ca, Mg, soma de Ca+Mg, soma de bases e de K, que quanto maiores, maior a produção, indicam que há diferenças nos níveis desses nutrientes no solo, em função do manejo da adubação. Pode estar havendo aplicação de doses de fertilizante potássico abaixo do nível crítico e desbalanço nutricional das plantas, que são causas de menores rendimentos. Isso também pode ser resultado da lixiviação mais intensa do K e da aplicação de doses inadequadas de calcário (Silva et al., 1997; Silva, 1999; Zancanaro et al., 2005; Rosolem & Witacker, 2007). O teor de matéria orgânica do solo é um indicador indireto do estado nutricional das plantas e do manejo dos resíduos culturais. Esse indicador está relacionado ao maior aporte de material orgânico pelas culturas, e com o teor de argila do solo. Solos argilosos, via de regra, contêm maior teor de matéria orgânica que os solos arenosos (Rheinheimer et al., 1998).

O teor de enxofre no solo também mostrou diferença entre o grupo de maior e de menor produção do algodoeiro. E, os maiores de valores de produção corresponderam aos maiores valores de S. De acordo com Floss (2011), a planta do algodoeiro, por ser uma espécie com característica de oleaginosa, demanda maior quantidade deste macronutriente secundário do que as espécies de gramíneas. Tal qual soja, conforme Sousa e Lobato (2004), o algodoeiro exige pelo menos uma aplicação de 30 kg/ha de S a cada cultivo. De acordo com Kliemann & Malavolta (1993) os solos do Mato Grosso têm baixo teor desse nutriente.

Portanto, é possível concluir que a umidade volumétrica ( $q$ ), o teor de argila, a umidade do solo nas tensões  $\Theta_{1500kPa}$ ,  $\Theta_{6kPa}$ , a água disponível (AD), a resistência mecânica do solo à penetração na camada de 10-20 cm, a microporosidade, a relação Ca/K, o teor de Fe no solo e a microporosidade foram os atributos do solo mais relevantes na definição dos atributos do solo com efeitos na produtividade real do algodoeiro.

## CONCLUSÕES

De acordo com os resultados, a ocorrência de nematóides é generalizada, tanto em áreas de baixa produtividade quanto em áreas de alta produtividade. O nematoide *Pratylenchus* sp não estava associado a danos neste trabalho, entretanto *Meloidogyne* sp. está associado a baixos rendimentos. Outras características do solo, especialmente a resistência mecânica do solo à penetração na camada de 10-20 cm, estão associados aos baixos rendimentos. Há efeito sinérgico entre os danos causados por nematóides e outros fatores, como a compactação. De uma maneira geral, o tratamento dado às áreas problemas, com baixos rendimentos, não são diferentes daqueles dados às áreas de alta produtividade.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA-CNPq, 1997 212p. (Embrapa-CNPq. Documentos, 1).

FLOSS, E.L. **Fisiologia das plantas cultivadas**: o estudo do que está por trás do que se vê. 5.ed. atual. e ampl. Passo Fundo: UPF Editora, 2011. 734p. ISBN: 9788575157633.

GALBIERI, R.; INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A. da; ASMUS, G. L. de. Os nematoides na cultura do algodoeiro em Mato Grosso. In: **Manual de Boas Práticas de Manejo do Algodão em Mato Grosso: safra 2012/13**. Cuiabá: IMAm; Cuiabá: Ampa, 2012. p. 150-161

KLEIN, V.A.; BASEGGIO, M.; MADALOSSO, T.; MARCOLIN, C.D. Influência da textura no teor de água no solo no ponto de murcha permanente determinado por psicrômetro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.40, n.7, p.1.550-1.556, 2010.

KLEIN, V.A.; REICHERT, J.M.; REINERT, J.D. Água disponível em um latossolo vermelho argiloso e murcha fisiológica das culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.10, n.3, p.646-650, 2006.

KLIEMANN, H.J.; MALAVOLTA, E. Disponibilidade de enxofre em solos brasileiros. II. Resposta à adubação sulfatada na presença e ausência de calagem. **Anais da Escola de Agronomia e Veterinária**, Goiânia, v.21, n.1, p. 145-164, 1993.

PASSIOURA, J.B. Soils conditions and plant growth. **Plant, Cell, and Environment**. Oxford, v.25, n.2, p.311-318, 2002.

REICHARDT, K.; TIMM, L.C. **Solo, planta e atmosfera**: conceitos, processos e aplicações. 2.ed. Barueri: Manole. 2012. 478p. ISBN: 9788520433393.

REICHERT, J.M.; REINERT, D.J.; BRAIDA, J.A. Qualidade dos solos e sustentabilidade agrícolas. **Ciência & Ambiente**, Santa Maria, v.27, n.2, p.29-48, 2003.

RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J.; LUPATINI, G.C.; SANTOS, E.J.S. Modificações em atributos químicos de solo arenoso sob sistema plantio direto. R. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, 22, n.2, p713-721, 1998.

ROSOLEM, C.A.; WITACKER, J.P.T. Adubação foliar com nitrato de potássio em algodoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.66, n.1, p.147-155, 2007. <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052007000100018>

SILVA, N.M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In.: CIA, E.; FREIRE, E.C. & SANTOS, W.J. (Eds.). **Cultura do Algodoeiro**. Piracicaba. Potafós. 1999. p.57-92.

SILVA, N.M.; FUZATTO, M.G.; KONDO, J.I.; SABINO, J.C.; PETTINELLI JR., A.; GALLO, P.B. A adubação nitrogenada e o sintoma de nematoides no algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, n.2, p.693-697, 1997.

SPERA, S.T.; SANTOS, H.P.; TOMM, G.O.; KOCHHANN, R.A.; ÁVILA, A. Atributos físicos do solo em sistemas de manejo de solo e de rotação de culturas. **Bragantia**, Campinas, v.68, n.4, p.1.079–1.093, 2009.