

## Manejo de nematoides na cultura do algodão em Mato Grosso

A produção de algodão no Cerrado brasileiro tem enfrentado crescente disseminação e intensificação de problemas relacionados a nematoides. Nos últimos anos, no Estado de Mato Grosso, várias propriedades, antes isentas desses parasitas, passaram a conviver com o problema que, em várias situações, é considerado entre os principais dentro da escala de produção. Esse quadro vem se formando na contramão do processo de tecnificação da produção, uma vez que a cultura vem sendo trabalhada com uso intensivo de tecnologias, dentre elas máquinas cada vez mais modernas e eficientes e incorporação de eventos transgênicos, que garantem mais praticidade e segurança ao produtor. Com esse alto investimento/tecnificação na lavoura, os custos de produção são expressivos e necessitam de retorno. Nesse contexto, perdas ocasionadas por nematoides são extremamente temidas.

Atualmente, não se sabe ao certo quanto da produtividade está sendo perdido em função dos nematoides em Mato Grosso. O fato é que existem localidades onde há perdas expressivas e outras onde o problema ainda não existe. Há relatos de perdas de 50-60% em casos extremos, com média de até 8-10% em determinadas regiões. Existem vários exemplos de áreas de produção de algodão que se tornaram inviáveis pela infestação de nematoides, como ocorrido no passado nos estados de São Paulo e Paraná. Nas condições do Cerrado criaram-se situações ideais para seu aumento populacional, dentre elas: diversificação reduzida de

culturas, sequência de culturas hospedeiras no mesmo ano agrícola (segunda safra), mecanização intensa e utilização de genótipos suscetíveis.

Produtores, instituições de pesquisa, universidades, extensionistas e consultores estão somando forças para enfrentá-lo. Assim, o presente manual tratará de aspectos práticos, focando reconhecimento e manejo de nematoides na cultura do algodoeiro no Estado de Mato Grosso.

### 1. Principais nematoides da cultura do algodoeiro

Os principais nematoides que causam danos ao algodoeiro no Brasil são o nematoide-das-galhas (*Meloidogyne incognita*), o nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e o nematoide-das-lesões-radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) (Tabela 2). Dentre eles, o primeiro é o mais destrutivo, com alta agressividade para a cultura, merecendo grande atenção quando presente na área. O segundo é o mais persistente, com mecanismos eficientes de sobrevivência no campo, e o terceiro, o mais frequente no Estado de Mato Grosso, distribuído por todas as regiões de cultivo e cujas opções de manejo são difíceis. Além das espécies descritas, confirmou-se recentemente o nematoide *Aphelenchoides besseyi* parasitando o algodoeiro em regiões específicas de Mato Grosso. No entanto, para essa espécie, vem sendo realizada uma série de estudos para entender melhor esse patossistema, sendo hoje difícil prever sua evolução ou não no sistema produtivo envolvendo o algodoeiro.



Rafael Galbieri  
IMAmt



Mário  
Massayuki  
Inomoto  
Esalq/USP



Rosângela  
Aparecida da  
Silva  
Fundação MT



Guilherme  
Lafoucar de  
Asmus  
Embrapa  
Agropecuária  
Oeste

Por meio de levantamento da ocorrência de fitonematoides na cultura do algodoeiro em Mato Grosso, realizado em 2011-2015, em 1.799 talhões amostrados (solo e raiz), verificou-se, na média, que 96,2% apresentaram *P. brachyurus*, 24,4% *M. incognita* e 12,8% *R. reniformis*. A distribuição dessas espécies eram consideravelmente variáveis em função da região, como, por exemplo, o caso de maior ocorrência de *R. reniformis* na Serra

da Petrovina, ou menor incidência de *M. incognita* e *R. reniformis* na região Noroeste do Estado. No entanto, se vem observando a dispersão dessas três espécies por todas as principais regiões produtoras de Mato Grosso.

Os sintomas provocados pelo nematoide-das-galhas ocorrem em “reboleiras” e caracterizam-se pela formação de galhas no sistema radicular (*Figura 1*), diminuição da área foliar, deficiências minerais e murchamento temporário da planta durante o período mais quente do dia. Nas folhas, é possível observar mudanças de coloração, variando do amarelo ao vermelho intenso; em quadros mais graves, os sintomas podem evoluir para um crestamento generalizado com desfolha muito intensa. Sintoma bastante típico é o mosqueamento amarelo, distribuído pelo limbo foliar, em contraste com o verde normal levemente claro; essas áreas amarelas passam posteriormente a uma tonalidade castanha e, por fim, necrosam-se. Esse sintoma é conhecido pelos cotonicultores como “carijó” do algodoeiro (*Figuras 2 e 3*). O ideal é diagnosticar a doença no início do aparecimento dos sintomas, quando o nematoide ainda não está causando danos expressivos, o que normalmente não é tarefa tão fácil, pois os sintomas são menos intensos; por exemplo, as galhas são menores e formam-se em radículas muito jovens.

(Imagem: Rafael Galbieri)



**Figura 1.** Sintomas diretos em algodoeiro provocados por nematoides. À esquerda, raízes necrosadas pela infestação de *Pratylenchus brachyurus*; à direita, galhas provocadas por *Meloidogyne incognita*

(Imagem: Rafael Galbieri)



**Figura 2.** Sintomas reflexos de “carijó” provocados por *M. incognita*, em Primavera do Leste, MT. Sintomas mais avançados na foto da direita

(Imagem: Rafael Galbieri)



**Figura 3.** Sintomas reflexos de “carijó” provocados por *M. incognita* em planta de algodoeiro com folha “okra”

Cada galha pode conter de uma a várias fêmeas do nematoide; cada qual depositará aproximadamente 400 ovos na parte externa da raiz. Para visualização das fêmeas são necessárias condições de laboratório com lupas (*Figura 4*).

É importante relatar a forte interação entre *M. incognita* e *Fusarium oxysporum* f. sp. *vasinfectum*, causador

da murcha de fusarium, denominado complexo FUSnem. Na interação, o nematoide impede a formação de tiloses (estruturas/mecanismos de defesa que a planta produz no xilema para impedir a colonização pelo fungo), bem como predispõe a planta ao ataque do fungo. Esse é um grande problema, principalmente em solo com textura arenosa.

(Imagem: Rafael Galbieri)



**Figura 4.** Ampliação de raiz do algodoeiro com sintomas de galhas provocados por *M. incognita*. Destaque para a fêmea no interior da galha (a parte posterior da fêmea é visível como a estrutura de coloração branco-leitosa) e para a massa de ovos (corada em vermelho pela ação da floxina B)

Com relação ao nematoide-reniforme (*Rotylenchulus reniformis*), os sintomas provocados por ele caracterizam-se por ocorrerem em reboleiras maiores (Figura 5) e não tão definidas como em *M. incognita*, com diminuição do porte das plantas. As folhas “carijó” ocorrem apenas em algumas cultivares muito suscetíveis ou em condições de altas populações do nematoide (Figura 6). Não ocorrem alterações visuais muito expressivas nas raízes, que apresentam redução no volume e, quando arrancadas, mantêm o aspecto de sujas, mesmo depois de lavadas em água corrente, por conta da aderência de partículas de argila às

massas de ovos do nematoide (Figura 7), que são de tamanho diminuto (Figura 8). Esse nematoide tem uma capacidade muito grande de sobrevivência no solo na ausência de plantas hospedeiras; em condições de baixa umidade, ele entra em estado de anidrobiose, suportando a dessecação. Além disso, apresenta alta capacidade de competição com *Meloidogyne incognita*, prevalecendo em locais onde ocorrem as duas espécies. Por essas características, o nematoide-reniforme é um grande problema no Estado de Mato Grosso, a exemplo de áreas tradicionais de cultivo, como em Mato Grosso do Sul, Paraná e São Paulo.

(Imagem: Rafael Galbieri)



(Imagem: Guilherme L. Asmus; Google Earth, julho 2016)



**Figura 5.** Reboleira em lavoura de algodoeiro causada por *Rotylenchulus reniformis*

(Imagens: Rosângela Silva)



**Figura 6.** Sintomas reflexos de “carijó” provocados por *R. reniformis*, em Pedra Preta, MT, em área com alta infestação do nematoide

(Imagens: Rafael Galbieri)



**Figura 7.** Massas de ovos de *R. reniformis* visualizadas em raízes de algodoeiro após lavagem e coradas com Trypan Blue

(Imagens: Rosângela Silva)



**Figura 8.** Massas de ovos e fêmea de *R. reniformis* visualizadas em raízes de algodoeiro

Os sintomas provocados por *Pratylenchus brachyurus* somente ocorrem sob alta infestação e são caracterizados pelo escurecimento de longos trechos das raízes (Figura 1) e pela diminuição

do porte das plantas. Os sintomas causados por esse nematoide são mais difíceis de serem observados quando comparados aos dos anteriores, diferentemente do que ocorre com a soja,

cultura em que os danos são maiores do que na do algodoeiro. Como não apresenta sintomas tão característicos e evidentes como os outros nematoides, a quantificação em laboratório se faz necessária para diagnose correta. Por esses fatores, os danos/sintomas provocados pelo nematoide em algodoeiro podem ser subestimados e, muitas vezes, confundidos com aqueles provocados em decorrência de questões físicas e químicas de solo.

Outra espécie de nematoide que foi recentemente relatada (2017) parasitando o algodoeiro no cerrado brasileiro foi *Aphelenchoides besseyi*. Por mais que ainda esteja restrita a alguns pontos do

Estado de Mato Grosso, há preocupação com o fato de que a soja também é hospedeira, associado à elevada umidade de dezembro a março nessas regiões, o que é fundamental para o desenvolvimento do nematoide.

Os sintomas causados pelo *A. besseyi* em algodoeiro ocorre na parte aérea das plantas e são caracterizados como: engrossamento de nós, bolhas no limbo foliar, diminuição de porte e perda de botões florais (Figura 9). Esse complexo de sintomas pode ser confundido com outras causas, sendo recomendada análise nematológica da parte aérea das plantas com sintomas para confirmação da diagnose.



(Imagens: Rafael Galbieri)

**Figura 9.** Sintomas de *Aphelenchoides besseyi* em algodoeiro: perda de estruturas reprodutivas, engrossamento dos nós, rugosidade das folhas no ponteiro das plantas

## 2. Distribuição e flutuação populacional de nematoides

Os nematoides apresentam distribuição espacial (vertical e horizontal) influenciada principalmente por umidade e presença de raízes. Para culturas anuais, as maiores populações concentram-se até 25 cm de profundidade, com algumas exceções, como no caso de *R. reniformis*, que, em determinadas situações, encontra-se em populações maiores a 20-40 cm de profundidade. Já a distribuição horizontal é irregular/desuniforme (distribuição agregada), o que necessariamente tem de ser considerado e compreendido entre os técnicos de campo na hora da amostragem para quantificação.

A análise de poucas subamostras em grandes áreas pode gerar valores que não representarão a realidade da área amostrada. As densidades populacionais normalmente são maiores na época de desenvolvimento pleno da cultura em condições ideais de umidade, o que compreende os meses de abril e maio. Após a colheita, na entressafra, a população dos nematoides vai diminuir drasticamente até a ocasião do plantio na safra seguinte. Essa flutuação populacional durante a safra é influenciada por inúmeros fatores que são constantemente modificados, tornando difícil prever exatamente essa dinâmica.

### Vários fatores físicos, químicos e biológicos afetam diretamente a dinâmica populacional dos nematoides no campo, dentre eles:

**Planta hospedeira:** a resistência dos genótipos tem grande influência na multiplicação do nematoide no campo;

**Fatores climáticos:** - *Temperatura:* exerce influência direta na atividade do nematoide e na duração de seu ciclo de vida, além de afetar na expressão da resistência da planta hospedeira; extremos de temperatura (muito altas ou muito baixas) limitam a multiplicação dos nematoides - *Umidade:* importante na mobilidade e na atividade dos nematoides, porém, em excesso, afeta sua sobrevivência; ocorrência de estresses hídricos (veranicos) em áreas infestadas pode acentuar os danos causados por nematoides;

**Textura e fatores edáficos do solo:** *M. incognita* tem preferência por solos mais arenosos e *R. reniformis* é mais frequente em solos mais argilosos;

**Fatores biológicos:** relacionam-se principalmente à competição entre espécies, na qual a presença de uma pode interferir na população de outra, o que acontece entre *M. incognita* e *R. reniformis*, sobressaindo-se a segunda espécie;

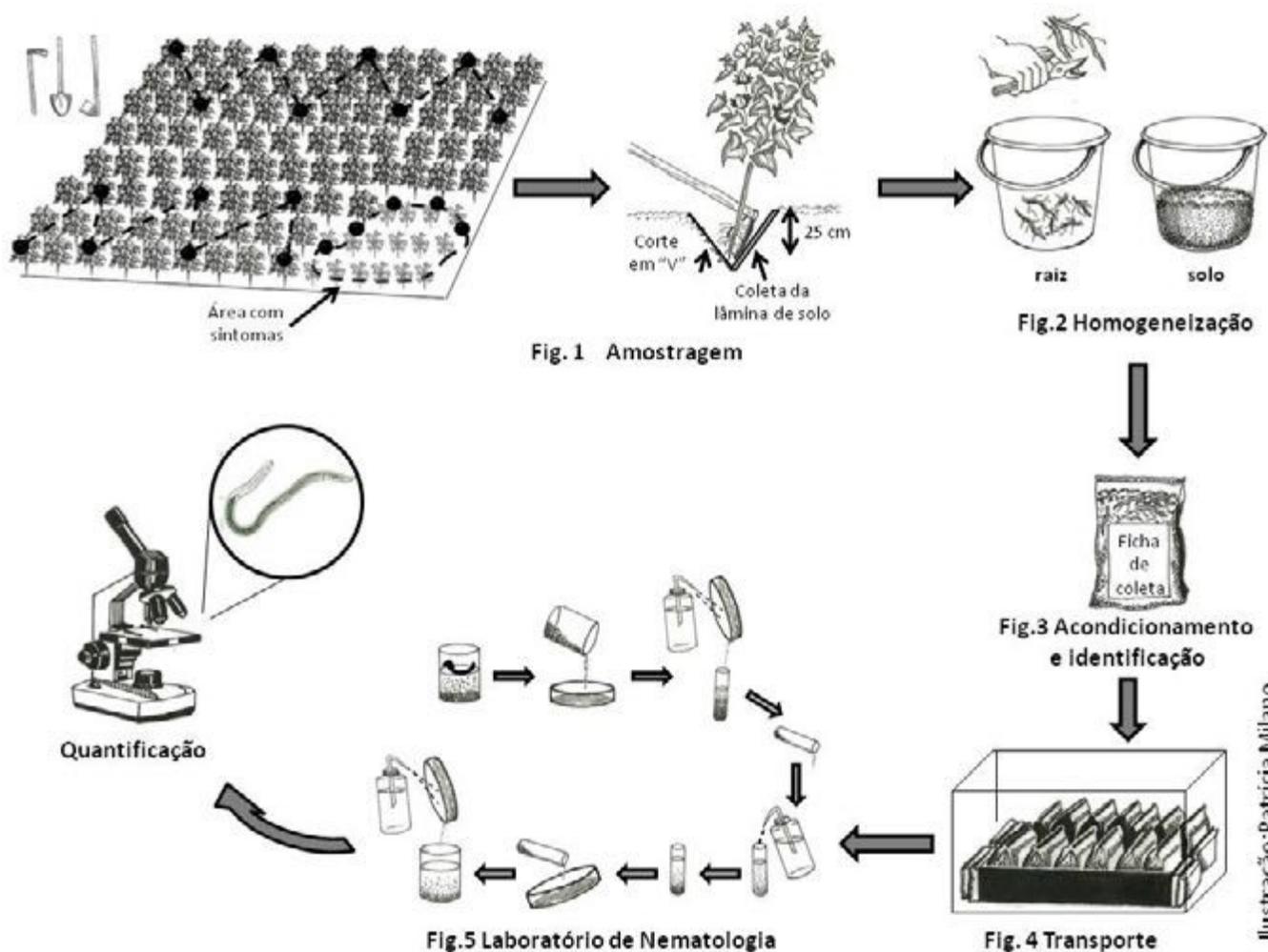
**Práticas agrícolas:** rotação de culturas, uso de nematicidas, data de plantio, controle de plantas daninhas e preparo de solo.

### 3. Quantificação de nematoides no campo

#### 3.1 Coleta de amostras

Para um sistema eficiente de manejo de nematoides, é fundamental saber qual ou quais espécies de fitonematoides estão presentes e qual sua densidade populacional, necessitando-se de auxílio de laboratório de nematologia. O ideal seria proceder a essa análise na safra anterior, quando a cultura está em seu pleno desenvolvimento (volume de raízes), para to-

mar as medidas de manejo necessárias na safra posterior. No Estado de Mato Grosso, há diferentes laboratórios de nematologia, que fornecem orientações para coleta de amostras; é importante que o interessado entre em contato previamente com os responsáveis desses laboratórios, para que possam tomar ciência da recomendação dos procedimentos de coleta. De qualquer forma, na *Figura 10*, será sugerido um esquema de coleta de solo e raízes para análises nematológicas.



**Figura 10.** Esquema de amostragem, homogeneização, acondicionamento, identificação, transporte de amostras de solo e raiz na cultura do algodoeiro para quantificação de fitonematoides

**Data de coleta.** Preferencialmente em pleno desenvolvimento da cultura, entre 60-120 dias após o plantio. É preciso lembrar que a população de nematoides apresenta grande flutuação durante o ano, o que se relaciona com a quantidade e a idade de plantas e raízes presentes na área e a umidade do solo. O pico populacional é atingido normalmente nas fases mais finais do desenvolvimento da cultura.

**Equipamentos necessários.** Enxada, enxada e/ou trado, sacolas plásticas com 1-2 l de volume (normalmente são fornecidas nos laboratórios de nematologia), balde de 15-20 l, tesoura de poda, caixa térmica/isopor.

**Forma de amostragem.** Coletar as amostras de solo com umidade natural, evitando épocas extremamente secas ou úmidas. Caminhamento em zigue-zague no talhão, amostrando na linha de plantio na região da rizosfera das plantas. Os nematoides vão permanecer preferencialmente onde houver maior quantidade de raiz, assim, recomenda-se a coleta na profundidade de 0-25 cm. No caso de *R. reniformis*, observam-se populações mais elevadas em profundidade maior, de 20-40 cm, em determinados períodos do ano, o que justifica fazer esse procedimento em áreas com suspeita do nematoide. Coletar 20-25 subamostras a cada, no máximo, 10 ha. A distribuição de nematoides no campo acontece de forma desuniforme, com formação de agregados (reboleiras),

o que tem que ser levado em consideração na amostragem. Em função disso, o caminhamento na área deve ser realizado em zigue-zague, evitando-se fazer a amostragem no centro das reboleiras, pois, nesse local, as plantas/raízes já se encontram possivelmente muito danificadas, podendo a população de fitonematoides estar em baixa densidade. Nessas condições, amostrar as plantas/raízes nas bordas de áreas com plantas saudáveis (*Figura 10*).

**Material coletado.** Formar uma amostra composta de, no mínimo, 500 cm<sup>3</sup> de solo e 20 g de raiz por área amostrada. Lembrar que as maiores quantidades de nematoides estão nas raízes laterais e radicelas, e não na raiz pivotante. O material coletado, solo ou raiz, tem de ser devidamente homogeneizado no balde.

**Acondicionamento e identificação da amostra.** As amostras devem ser acondicionadas em saco plástico, depositando-se o solo e, posteriormente, as raízes no centro, pois isso auxiliará a preservação do sistema radicular para análise. As amostras deverão ser acompanhadas de uma ficha de identificação, que deverá conter, no mínimo, os itens: propriedade, data de coleta, produtor interessado e seu contato, identificação do talhão, cultura, profundidade de amostragem, identificação da fase da cultura (dias após o plantio), relato e descrição da presença de sintomas. A seguir, exemplo de ficha de acompanhamento de coleta.

FICHA DE COLETA N°: .....

1. Propriedade (fazenda): .....
2. Responsável interessado: .....
3. Telefone para contato: .....
4. Data de coleta das amostras: ..... / ..... / .....
5. N° do talhão (identificação): .....
6. Cultura anterior: .....
7. Cultura atual: .....
8. Espaçamento entre linha utilizado: ( ) 0,90 m ( ) 0,76 m ( ) 0,45 m
9. Tipo de solo: ( ) Arenoso ( ) Areno-Argiloso ( ) Argiloso
10. Sintomas-reflexo provocados por nematoides:
  - ( ) Sem sintomas visíveis
  - ( ) Sintomas em reboleiras
  - ( ) Presença de galhas no sistema radicular
  - ( ) Presença de folhas com sintomas de "carijó"
  - ( ) Variação no porte de crescimento das plantas
  - ( ) Presença de regiões com escurecimento no sistema radicular
  - ( ) Presença de vasos escurecidos pela murcha de fusário
11. Data de semeadura do talhão: ..... / ..... / .....
12. Cultivar utilizada: .....

Na ocasião da coleta, observar a ocorrência de sintomas de murcha de fusarium (*Figura 11*). Recomenda-se indicar esse fato na ficha de coleta,

pois essa informação da ocorrência de interação nematoide x fungo é de extrema relevância no manejo da área.



Figura 11. Amostragem em áreas infestadas por *M. incognita* x *Fusarium* em Primavera do Leste, MT

**Transporte da amostra.** Nematoides não sobrevivem em solos ou raízes secas e não toleram altas temperaturas. Assim, o transporte do campo ao laboratório tem de ser feito o mais breve possível, de preferência dentro de caixas térmicas para evitar temperaturas elevadas. Quando as amostras não puderem ser transportadas ao laboratório de imediato, é preciso armazená-las em locais frescos, podendo ser em geladeira (6-8°C), mas nunca em freezer. Evitar armazenar as amostras em locais com temperaturas altas.

Todo o esquema apresentado acima restringiu-se aos nematoides presentes no solo e nas raízes. Com o objetivo de quantificação de *Aphelenchoides besseyi*, a coleta do material deve ser realizada na parte aérea das plantas doentes, cortando-as 15 cm acima do nível do solo.

### 3.2 Análise nematológica

**Processamento de amostra:** Os laboratórios processarão essas amostras de acordo com metodologias específi-

cas, que consistem em extrair/isolar os nematoides do solo e/ou de tecidos das plantas. Essa separação é possível, basicamente pela diferença de densidade do nematoide com os outros componentes da amostra associando a retenção deles em peneiras específicas. Para isso, são utilizados 100-500 cm<sup>3</sup> de solo e 5-50 g de raízes.

**Quantificação dos nematoides:** após extrair/separar os nematoides, a identificação e a quantificação são realizadas com auxílio de microscópio em laboratório.

**Laudo/resultado de análise:** o laudo normalmente refere-se à quantificação de nematoides encontrados no solo (em 200 cm<sup>3</sup> em média) e raiz (5 g em média). É importante verificar o valor da unidade, pois, dependendo do laboratório, pode haver alterações (100 cm<sup>3</sup> de solo ou 10 g de raízes, por exemplo). Os laudos contemplarão a quantificação dos nematoides de importância para a cultura do algodoeiro, como já relatado:

*Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus brachyurus* e *Rotylenchulus reniformis*.

Para o *Aphelenchoides besseyi*, o laudo é específico, uma vez que a coleta para quantificação do nematoide foi restrita à parte aérea das plantas com sintomas. Neste caso particular, a unidade da quantificação no laudo será número de nematoides por grama de tecido vegetal.

**Interpretação dos resultados:** o resultado da quantificação da população de nematoides em determinada área é muito variável em função da época e da forma de amostragem. Assim, para comparação de resultados, os procedimentos de amostragem (época, local, profundidade) devem ser os mesmos. É importante lembrar que a presença de altas densidades populacionais de nematoides no resultado de análise não estará necessariamente correlacionada à ocorrência de perdas. Outros fatores, como fertilidade, umidade e densidade do solo (presença ou não de camada compactada), teor de matéria orgânica, tolerância de cultivares, entre outros, podem afetar na intensidade dos danos causados por determinada população de nematoide. No entanto, grosso modo, as densidades populacionais (por 200 cm<sup>3</sup> de solo), observadas antes do plantio, a partir das quais provavelmente haverá perdas de produção em algodoeiro são, para *M. incognita*, em torno de 10-50, para *R. reniformis*, 400-600, e para *P. brachyurus* é alta, superior aos demais, porém sem valor definido. Para relacionar populações a danos e

perdas em uma propriedade específica, é interessante o técnico formar um banco de dados indicando o histórico dessas análises e a produtividade do talhão objeto do manejo.

#### 4. Manejo de nematoides

Dentro de um programa de manejo de nematoides, o primeiro passo é encará-lo como prioridade, pois, muitas vezes, o lado comercial sobressai-se sobre a necessidade de aplicar determinadas medidas fundamentais para o controle. Também é necessário ter consciência de não se basear em uma única, mas sim em um conjunto de práticas que, no decorrer do tempo, sejam capazes de propiciar a produção satisfatória do algodoeiro em uma área/região infestada com fitonematoides.

Durante a safra corrente, há poucas medidas a serem implementadas. Ou seja, os procedimentos terão de ser estudados e executados sempre com antecedência. Por essa razão, é importante o acompanhamento do histórico da área no que diz respeito a nematoides, produtividade e fertilidade para as tomadas de decisões estarem devidamente embasadas na realidade local. Quando a cultura já está instalada, as medidas a serem tomadas são escassas e, na maioria dos casos, ineficientes no controle dos nematoides, servindo como paliativos para evitar perdas. Exemplos são o manejo de fertilidade complementar e a intensificação na irrigação, quando em área irrigada. Assim, evitam-se condições de estresse, pois plantas debilitadas e mal nutridas vão sentir mais intensamente o ataque de nematoides. De fato, em anos com condições ideais de chuva e com boa adubação, as perdas por nematoides são menores.

A medida mais eficiente é evitar a introdução de nematoides-chave para a cultura em áreas (região, fazenda, talhões) isentas; nematoides têm capacidade própria de dispersão muito limitada, necessitando, assim, de outros meios de disseminação. Teoricamente, tudo que move o solo também tem condição de dispersar os nematoides, como água da chuva, vento, insetos e, principalmente, o homem, que pode carregar os nematoides no próprio corpo ou em implementos agrícolas. Nesse caso, o solo fica aderido (*Figura 12*) e é transportado para locais dentro do talhão ou para outras fazendas, ou mesmo outros municípios.

(Imagens: Rosângela Silva)



**Figura 12.** Solo aderido aos discos de corte e carrinhos da plantadeira

Para minimizar ou evitar essa disseminação, é fundamental que pelo menos os tratos culturais mecanizados sejam orientados, de forma que as áreas/fazendas problemáticas sejam feitas por último. Também é importante a limpeza (lavagem) dos implementos após os tratos, antecedendo ao transporte para áreas isentas. Inegavelmente, o ritmo de trabalho imposto às equipes, muitas vezes, torna esse procedimento difícil, porém é fundamental ter ciência da importância de sua execução, incorporando-o à rotina no manejo de nematoides. Ressalta-se ainda que o procedimento também favorecerá a não disseminação de outras doenças, plantas daninhas e insetos.

Em áreas infestadas, os principais métodos de controle de nematoides são o cultural, o genético, o químico e o biológico. No primeiro caso, destaca-se a utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, que se caracteriza como uma das principais técnicas de manejo, pela sua eficácia. O princípio é implantar culturas não

hospedeiras a determinado nematoide presente na área, restringindo sua alimentação e, conseqüentemente, dificultando sua sobrevivência. Com a associação desse período de alimentação escassa e a ação de microrganismos presentes no solo, a população do nematoide na área tenderá a diminuir. É importante observar que a técnica é completamente dependente do tempo que o local permanecerá sem a cultura hospedeira. Apesar de sua eficácia, a rotação é pouco utilizada para o controle de fitonematoides na cultura do algodoeiro; no entanto, para o nematoide *R. reniformis*, se o produtor não implementar a rotação de culturas nas áreas infestadas, dificilmente conseguirá retomar a produtividade ou manter o nematoide abaixo do nível de dano econômico, principalmente por conta da sucessão soja/algodoeiro, já que ambas as culturas são hospedeiras e a maioria das cultivares de soja que antecede o algodoeiro multiplica muito o nematoide (Figura 13), deixando uma alta população para a cultura subsequente.

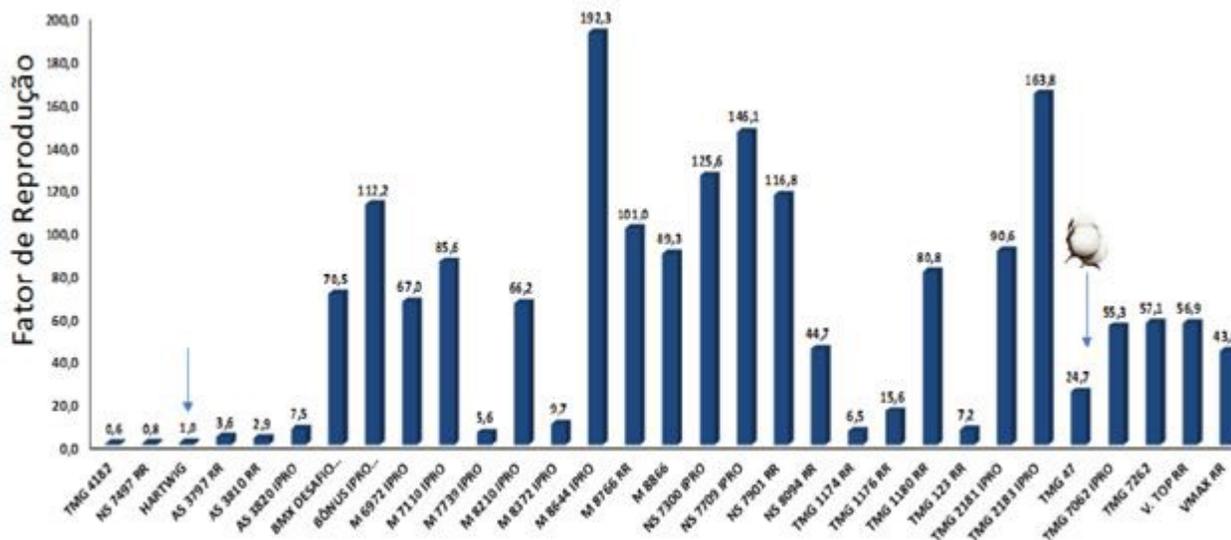


Figura 13. Reação (fator de reprodução) de trinta cultivares de soja, e do algodão TMG 47B2RF, a *Rotylenchulus reniformis*, Rondonópolis, 2017

Também vêm sendo utilizadas plantas não hospedeiras em sucessão com a cultura principal (econômica) na mesma safra agrícola, focando a redução da população dos nematoides. Um exemplo é o uso de milho, das poáceas, como milheto, braquiária e sorgo, para controle do nematoide-reniforme. Como já colocado, os benefícios estão relacionados com o tempo que vão se utilizar plantas não hospedeiras. O ideal seria rotação de cultura, porém, os benefícios da sucessão não são desprezíveis.

De acordo com a *Tabela 1*, que contém a reação de diferentes culturas aos nematoides-chave do algodoeiro, o nematoide mais fácil de ser manejado por meio de **rotação ou sucessão** é *R. reniformis*, pois há várias culturas não hospedeiras (predominância da cor verde); e o nematoide de controle mais difícil é o *P. brachyurus*. As culturas mais indicadas para rotação ou sucessão são as braquiárias, *Panicum maximum* e amendoim, desde que a densidade de *P. brachyurus* não seja elevada; caso o nematoide a ser controlado seja *P. brachyurus*, a principal opção é *Crotalaria spectabilis*. Também para *M. incognita*, a cultura da mamona é uma opção interessante que pode ser implementada, com a ressalva de sua alta suscetibilidade a *R. reniformis*.

Por ser um patossistema novo para o algodoeiro, não há informações suficientes para

completar a *Tabela 1* sobre reação de diferentes culturas ao *Aphelenchoides*. No entanto, de acordo com trabalhos recentes, as culturas de milho, sorgo, braquiária e crotalária não são hospedeiras desse nematoide (Favoreto & Meyer, 2019), podendo ser indicadas em um sistema de rotação/sucessão em áreas com infestação.

A utilização da sucessão soja-algodão (segunda safra), sistema que já se consolidou em Mato Grosso, traz preocupações, pois os quatro nematoides do algodoeiro apresentados também são problemas para a cultura da soja. No caso de *R. reniformis*, o dano em algodoeiro é maior que em soja. Quando se planta primeiramente a leguminosa, proporciona-se o aumento populacional do nematoide, com consequências provavelmente negativas para a cultura subsequente do algodoeiro. Há variações na reação de cultivares de soja ao *R. reniformis* que podem ser exploradas na escolha do material a ser cultivado no talhão. Outro ponto importante, e subestimado, é o efeito da utilização do milho safrinha após a soja em áreas infestadas por *M. incognita*. O milho é tolerante a essa espécie de nematoide, porém, a maioria dos genótipos de milho proporciona alta multiplicação do nematoide, ou seja, o milho é suscetível a *M. incognita*, deixando para cultura posterior população elevada. Esse fator deve ser levado em consideração no manejo da área.

**Tabela 1.** Reação de culturas selecionadas aos principais nematoides do algodoeiro

Cultura	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Pratylenchus brachyurus</i>
Soja	Amarelo	Amarelo	Vermelho
Feijão-comum	Vermelho	Vermelho	Vermelho
Milho	Vermelho	Verde	Vermelho
Sorgo	Amarelo	Verde	Vermelho
Arroz	Vermelho	Verde	Vermelho
Cana-de-açúcar	Vermelho	Verde	Vermelho
Milheto	Vermelho	Verde	Verde
Braquiárias	Verde	Verde	Vermelho
<i>Panicum maximum</i>	Verde	Verde	Vermelho
Amendoim	Verde	Verde	Vermelho
Capim Sudão	Vermelho	Verde	Vermelho
Mamona	Verde	Vermelho	Vermelho
Girassol	Vermelho	Vermelho	Verde

Continuação --->

**Tabela 1.** Continuação

Cultura	<i>Meloidogyne incognita</i>	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	<i>Pratylenchus brachyurus</i>
<i>Crotalaria spectabilis</i>			
<i>Crotalaria juncea</i>			
Feijoeiro-guandu			
Mucuna-preta			
Nabo-forageiro			

\***Cor vermelha** indica que a cultura multiplica intensamente o nematoide (cultura boa hospedeira), portanto, não deve ser utilizada em rotação ou sucessão com algodão em locais infestados. Assim, uma extensa lista de culturas deve ser evitada em locais infestados com o nematoide-das-galhas *Meloidogyne incognita*: feijão-comum, milho, arroz, milheto, cana-de-açúcar, mandioca, girassol e nabo-forageiro.

\***Cor azul** indica que a cultura multiplica pouco o nematoide (má hospedeira): a mucuna-preta aumenta lentamente a densidade de *M. incognita*.

\***Cor verde** indica que a cultura não multiplica o nematoide (cultura não hospedeira); portanto, as braquiárias *Panicum maximum*, amendoim e *Crotalaria spectabilis* reduzirão a densidade de *M. incognita*.

\***Cor laranja** é utilizada para as plantas que apresentam reação variável: a maioria das cultivares de soja e guandu é suscetível, mas há cultivares resistentes que não multiplicam *M. incognita* (Inomoto, 2011).

O mesmo princípio tem de ser usado para as plantas de cobertura, ou seja, a cultura tem que ser não hospedeira ou, pelo menos, má hospedeira a determinado nematoide-alvo do manejo em uma área. Com isso, não ocorrerá a multiplicação do nematoide e haverá sua redução populacional.

O controle genético é realizado pela utilização de genótipos de algodoeiro resistentes/tolerantes aos nematoides. Inicialmente, faz-se necessário descrever o conceito que envolve essa questão. Resistência é a capacidade da planta em impedir ou dificultar a reprodução dos nematoides, que pode ser medida pelo fator de reprodução (FR) (Figura 14). Por exemplo, quando o FR de um genótipo for 3, significa que o material multiplica três vezes a população do nematoide em um determinado período, com uma infestação inicial

conhecida de nematoide. Quando esse valor for menor que 1, significa que o genótipo é resistente, pois reduz a população do nematoide. A tolerância diz respeito à capacidade da planta em suportar o ataque do nematoide expressa em produtividade.

Do ponto de vista do manejo de nematoides, a resistência genética, quando presente, é uma ferramenta muito importante, pois promove redução drástica da população do nematoide comparativamente com utilização de apenas genótipos suscetíveis. Atualmente, há cultivar de algodoeiro com resistência ao *Meloidogyne incognita* disponível para o plantio nas condições do Cerrado brasileiro. Já para *R. reniformis*, *P. brachyurus* e *A. besseyi* não há ainda cultivares com resistência genética, todas são suscetíveis a esses nematoides.

(Imagens: Rafael Galbieri)



**Figura 14.** Sintomas de galhas no algodoeiro causados por *Meloidogyne incognita*. À esquerda, raiz de planta suscetível e, à direita, resistente ao nematoide. Raízes extraídas 70 dias após a inoculação do nematoide em condições de casa de vegetação

Considerada uma mesma população de nematoides, uma cultivar tolerante produz mais que uma cultivar não tolerante (intolerante). Em comparação a uma cultivar não tolerante, a cultivar tolerante tem um limite de tolerância maior, ou seja, começa a sofrer perdas com populações maiores do nematoide; essa informação é muito requisitada pelo produtor, pois está relacionada à produtividade. O comportamento de genótipos é específico para cada nematoide; pode acontecer de um genótipo ter boa reação a mais de uma espécie, mas isso não é regra, cada

genótipo tem de ter a informação separadamente para cada nematoide-chave. Há grande variabilidade para tolerância nas cultivares disponíveis para o plantio, principalmente para *M. incognita* (Figura 15) e *R. reniformis* (Figura 16).

A reação da tolerância de diferentes cultivares de algodoeiro ao nematoide-das-galhas e reniforme pode ser visualizada na Tabela 5 - pag. 260 do capítulo de controle de doenças. Essas informações também podem ser requisitadas junto aos obtentores nos programas de melhoramento de algodoeiro em atividade no Brasil.

(Imagens: Rafael Galbieri)



**Figura 15.** Reação de cultivares de algodoeiro a *M. incognita*. À esquerda, material intolerante e, à direita, tolerante ao nematoide. Área com 5,1 mil espécimes de *M. incognita* em 200 cm<sup>3</sup> de solo, amostrado em abril de 2015

(Imagens: Rafael Galbieri)



**Figura 16.** Reação de cultivares de algodoeiro a *R. reniformis*. À esquerda, material tolerante e, à direita, intolerante ao nematoide. Área com 2.630 espécimes de *R. reniformis* em 200 cm<sup>3</sup> de solo, amostrado em abril de 2012

Outro método de manejo de nematoides é a utilização de **nematicidas químicos**. Atualmente, são utilizados tanto no tratamento de sementes como no sulco de plantio do algodoeiro; é importante lembrar que essa técnica promove a proteção das raízes por um período de, aproximadamente, 30-60 dias após o plantio. Como o ciclo do algodoeiro no Estado de Mato Grosso chega a 180 dias, há tempo para a população do nematoide nas áreas tratadas atingir, ao final do ciclo, valores próximos àqueles de áreas não tratadas. O foco, nesse caso, é o ganho em produtividade, que tem que ser avaliado pela relação custo-benefício para utilização da técnica.

O tratamento de sementes com nematicidas como abamectina e tiodicarbe vem sendo utilizado no Estado, bem como nematicidas em aplicação no sulco de plantio como cadusafos, e, mais recentemente, fluensulfone (nesse caso, com desenvolvimento do princípio para TS também). Empresas estão em pleno desenvolvimento de outros nematicidas químicos para a cultura do algodoeiro no Brasil com lançamentos nos próximos anos; isso mostra que o desenvolvimento de produtos químicos vem acompanhando o aumento de problemas com nematoide, gerando opções importantes dentro do manejo integrado de nematoides no Estado.

O controle **biológico** vem se destacando também no manejo de nematoides na cultura do algodoeiro. Nessa modalidade, há produtos para tratamento de sementes, aplicação no sulco de plantio ou pulverização em área total. Alguns agentes de controle que estão sendo utilizados/testados são: diferentes espécies de *Bacillus*, como *B. amyloliquefaciens*, *B. subtilis*, *B. methilotrophicus*, *B. firmus*, *B. lentus*; a bactéria *Pasteuria penetrans* (contra *M. incognita*); fungos como *Purpureocillium lilacinum*, *Pochonia chlamydosporia* e *Trichoderma* sp. São microrganismos efetivos e estão sendo testados em diferentes

posicionamentos para auxiliarem o manejo de nematoides na cultura do algodoeiro no Estado. É importante destacar que, por serem constituídos de organismos vivos, os nematicidas biológicos necessitam de cuidados especiais para serem eficientes. Altas temperaturas e baixa umidade do solo podem comprometer a viabilidade dos agentes de controle biológico. Assim, espera-se uma maior eficiência desses produtos em áreas com boa cobertura vegetal no momento da semeadura da cultura do algodoeiro.

Um ponto a ser considerado na escolha do produto biológico é a espécie de nematoide e a forma de atuação do microrganismo, pois, se o nematoide tem formas de sobrevivência na ausência da planta hospedeira, os fungos que se desenvolvem e infestam as diferentes formas do nematoide e ovos no solo são bastante promissores. Porém, se a ideia é formar uma camada de proteção em volta das raízes e diminuir a penetração do nematoide, as bactérias cumprem bem esse papel. Outro fator a ser considerado é o tratamento com os produtos biológicos das plantas de cobertura a serem utilizadas, em rotação ou sucessão. Nesse caso, se a cultura for resistente a todos os nematoides fitoparasitas presentes na área, os fungos podem ser as melhores opções, pois irão parasitar as estruturas de sobrevivência do nematoide. No entanto, se o objetivo for diminuir a multiplicação de nematoides, em que a planta não é tão eficiente, as bactérias têm apresentado bons resultados.

Importante dentro do manejo de nematoides é a utilização de forma **integrada** dos métodos descritos acima (cultural, genético, químico e biológico). Como as ferramentas e técnicas são específicas para espécie-chave na cultura do algodoeiro, é fundamental os técnicos saberem exatamente qual o nematoide presente e sua quantificação, bem como todos os métodos de manejo disponíveis para enfrentar o problema nas áreas de produção.

**Tabela 2.** Descrições dos principais fitonematoides do algodoeiro para o Cerrado brasileiro

Nome comum	Espécie	Sintomatologia	População de dano*	Recomendação de manejo
Nematoide-das-galhas	<i>Meloidogyne incognita</i>	Formação de galhas no sistema radicular; presença de sintoma "carijó" nas folhas; presença em "reboleiras" no talhão; diminuição do porte das plantas.	<b>"Baixa"</b> >10-50 espécimes por 200 cm <sup>3</sup> de solo	Evitar a introdução do nematoide em áreas isentas; utilização de genótipos resistentes; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: <i>Brachiaria decumbens</i> , <i>U. ruziziensis</i> , <i>B. brizantha</i> , amendoim, mamona, <i>Crotalaria spectabilis</i> ; **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.
Nematoide-reniforme	<i>Rotylenchulus reniformis</i>	Presença de sintoma "carijó"; em alta infestação, presença em "reboleiras" no talhão; diminuição do porte das plantas; Presença de massas de ovos aderidas às raízes.	<b>"Média"</b> >400-600 espécimes por 200 cm <sup>3</sup> de solo	Evitar a introdução do nematoide em áreas isentas; utilização de genótipos moderadamente resistentes/tolerante; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: milho, sorgo, milheto, arroz, braquiária, <i>C. spectabilis</i> ; **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.
Nematoide-das-lesões-radiculares	<i>Pratylenchus brachyurus</i>	Diminuição do porte das plantas; em alta infestação, presença de escurecimento no sistema radicular.	<b>"Alta"</b> porém não definida	Evitar a introdução do nematoide em áreas isentas; utilização de rotação de cultura com espécies não hospedeiras, ex.: <i>C. spectabilis</i> ; **utilização de produtos nematicidas químicos/biológicos.

\*População inicial de dano estipulada antes do plantio do algodoeiro.

\*\* Produtos devidamente registrados em órgãos competentes para utilização em algodoeiro (Mapa).

