



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
ESCOLA DE AGRONOMIA

**LEVANTAMENTO POPULACIONAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES E DE FITONEMATÓIDES EM ÁREAS PRODUTORAS DE
ALGODÃO NO ESTADO DE GOIÁS**

BRUNO DA SILVA FERREIRA

Orientadora:
Prof^a. Dr^a. Mara Rúbia da Rocha

Agosto - 2015

TERMO DE CIÊNCIA E DE AUTORIZAÇÃO PARA DISPONIBILIZAR AS TESES E DISSERTAÇÕES ELETRÔNICAS NA BIBLIOTECA DIGITAL DA UFG

Na qualidade de titular dos direitos de autor, autorizo a Universidade Federal de Goiás (UFG) a disponibilizar, gratuitamente, por meio da Biblioteca Digital de Teses e Dissertações (BDTD/UFG), regulamentada pela Resolução CEPEC nº 832/2007, sem ressarcimento dos direitos autorais, de acordo com a Lei nº 9610/98, o documento conforme permissões assinaladas abaixo, para fins de leitura, impressão e/ou *download*, a título de divulgação da produção científica brasileira, a partir desta data.

1. Identificação do material bibliográfico: ☒ **Dissertação** ☐ **Tese**

2. Identificação da Tese ou Dissertação

Nome completo do autor: BRUNO DA SILVA FERREIRA

Título do trabalho: LEVANTAMENTO POPULACIONAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E DE FITONEMATÓIDES EM ÁREAS PRODUTORAS DE ALGODÃO NO ESTADO DE GOIÁS

3. Informações de acesso ao documento:

Concorda com a liberação total do documento ☒ SIM ☐ NÃO¹

Havendo concordância com a disponibilização eletrônica, torna-se imprescindível o envio do(s) arquivo(s) em formato digital PDF da tese ou dissertação.



Assinatura do (a) autor (a) ²

Data: 16 / 10 / 2016

¹ Neste caso o documento será embargado por até um ano a partir da data de defesa. A extensão deste prazo suscita justificativa junto à coordenação do curso. Os dados do documento não serão disponibilizados durante o período de embargo.

²A assinatura deve ser escaneada.

BRUNO DA SILVA FERREIRA

**LEVANTAMENTO POPULACIONAL DE FUNGOS MICORRÍZICOS
ARBUSCULARES E DE FITONEMATOIDES EM ÁREAS PRODUTORAS DE
ALGODÃO NO ESTADO DE GOIÁS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, da Universidade Federal de Goiás, como exigência à obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Fitossanidade.

Orientadora:

Prof^a. Dr^a. Mara Rúbia da Rocha

Co-orientador:

Prof. Dr. Marco Aurélio C. Carneiro

Goiânia, GO - Brasil

2015

Ficha catalográfica elaborada automaticamente
com os dados fornecidos pelo(a) autor(a), sob orientação do Sibi/UFG.

Ferreira, Bruno da Silva

Levantamento populacional de fungos micorrízicos arbusculares e de
fitonematoides em áreas produtoras de algodão no estado de Goiás
[manuscrito] / Bruno da Silva Ferreira. - 2015.

LIX, 59 f.

Orientadora: Prof. Mara Rúbia da Rocha; co-orientador Marco Aurélio
Carbone Carneiro.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Goiás, Escola de
Agronomia (EA), Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Goiânia,
2015.

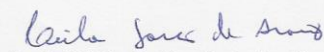
Inclui gráfico, tabelas.

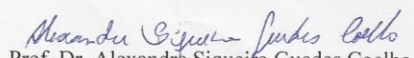
1. *Gossypium hirsutum* L. 2. Micorrizas. 3. Correlação. 4.
Levantamento ecológico. I. Rocha, Mara Rúbia, orient. II. Carneiro,
Marco Aurélio Carbone, co-orient. III. Título.



ATA DA REUNIÃO DA BANCA EXAMINADORA DA DEFESA DE DISSERTAÇÃO DE BRUNO DA SILVA FERREIRA - Aos vinte e oito dias do mês de agosto do ano de dois mil e quinze (28.08.2015), às 14h00min, reuniram-se os componentes da Banca Examinadora: Prof^º. Dr^º. Mara Rúbia da Rocha - Orientadora/Presidente, Prof^º. Dr^º. Leila Garcês de Araújo, Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho e Prof^º. Dr^º. Gleina Costa Silva Alves, para, em sessão pública realizada no Auditório do Programa de Pós-Graduação em Agronomia da EA/UFV, procederem à avaliação da defesa de Dissertação intitulada: **"Levantamento populacional de fungos micorrízicos arbusculares e de fitonematoides em áreas produtoras de algodão no estado de Goiás"**, de autoria de **Bruno da Silva Ferreira**, discente do Programa de Pós-Graduação em Agronomia, na área de Concentração em **Fitossanidade**, em nível de **Mestrado**, da Universidade Federal de Goiás. A sessão foi aberta pela presidente da Banca Examinadora, Prof^º. Dr^º. Mara Rúbia da Rocha, que fez a apresentação formal dos membros da Banca. A palavra, a seguir, foi concedida ao autor da Dissertação que em 40 minutos apresentou o seu trabalho. Terminada a apresentação, cada membro da Banca arguiu o examinando, tendo-se adotado o sistema de diálogo seqüencial. Terminada a fase de arguição, procedeu-se à avaliação da defesa.. De acordo com a Resolução nº 1051, de 09.09.2011 do CEPEC - Conselho de Ensino, Pesquisa, Extensão e Cultura, que regulamenta o Programa de Pós-Graduação em Agronomia, e desde que procedidas às correções recomendadas, a dissertação será considerada **APROVADA** pela Banca Examinadora, estando integralmente cumprido este requisito para fins de obtenção do título de **MESTRE EM AGRONOMIA**, na área de concentração em **FITOSSANIDADE**, pela Universidade Federal de Goiás. O mestrando deverá efetuar as modificações sugeridas pela Banca Examinadora e encaminhar a versão definitiva da Dissertação à secretaria do PPGA, no prazo máximo de trinta dias após a data da defesa. A conclusão do curso e a emissão do diploma dar-se-ão após o cumprimento do Artigo 69, § 1º e § 2º, da Resolução CEPEC nº 1051, de 09.09.2011. A Banca Examinadora recomenda a publicação de artigo(s) científico(s), oriundo(s) dessa Dissertação, em periódicos de circulação nacional e, ou, internacional, depois de efetuadas as modificações sugeridas. No caso do discente titulada não providenciar a publicação de seu trabalho final em forma de artigo(s) científico(s) no prazo de seis meses, após a data da defesa, serão aplicados os dispositivos do Artigo 70, § 1º e § 2º, da mesma Resolução. Cumpridas as formalidades de pauta, às 16h50min a presidência da mesa encerrou esta sessão de defesa de Dissertação e, para constar eu, Welinton Barbosa Mota, Secretário do PPGA, lavrei a presente Ata que depois de lida e aprovada, segue assinada pelos membros da Banca Examinadora, em quatro vias de igual teor.


Prof^º. Dr^º. Mara Rúbia da Rocha
Presidente – EA/UFV


Prof^º. Dr^º. Leila Garcês de Araújo
Membro – ICB/UFV

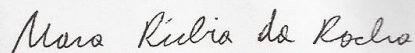

Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho
Membro – EA/UFV

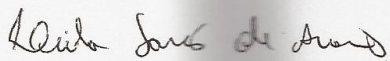

Prof^º. Dr^º. Gleina Costa Silva Alves
Membro – IFGoiano/Urutai

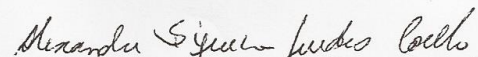
BRUNO DA SILVA FERREIRA

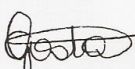
**Levantamento populacional de fungos micorrízicos arbusculares e de
fitonematoides em áreas produtoras de algodão no estado de Goiás**

Dissertação DEFENDIDA em 28 de agosto de 2015, e APROVADA pela Banca
Examinadora constituída pelos membros:


Prof^a. Dr^a. Mara Rúbia da Rocha
Presidente – EA/UFG


Prof^a. Dr^a. Leila Garcês de Araújo
Membro – ICB/UFG


Prof. Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho
Membro – EA/UFG


Prof^a. Dr^a. Gleina Costa Silva Alves
Membro – IFGoiano/ Urutai

Goiânia – Goiás
Brasil

**O trunfo de uma vitória pouco vale se,
na caminhada não houve trabalho,
suor, aprendizado e boas recordações.**

*Aos maiores apoiadores de minhas lutas:
minha amada família.*

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da vida e pelas oportunidades permitidas a cada dia.

Aos meus pais, irmã e minha querida avó (guardada no mais íntimo do coração) pelo apoio, carinho, incentivo e refúgio.

À minha noiva e sua família pelo apoio, incentivo, carinho e confiança depositados.

À Universidade Federal de Goiás, à Escola de Agronomia e ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia, pela oportunidade de realização do curso de mestrado.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudos.

À Prof^a. Dr^a. Mara Rúbia da Rocha pela orientação, compreensão e pelos ensinamentos repassados durante esta etapa.

Ao professor Dr. Alexandre Siqueira Guedes Coelho pelo grande apoio nas análises estatísticas e colaborações científicas.

Ao professor Dr. Marco Aurélio Carbone Carneiro pela importante ajuda e grande ensinamentos na execução do trabalho com micorrizas. Aos colegas do departamento de ciências de solos (DCS) da UFLA pelo grande apoio na execução dos trabalhos com micorrizas.

Ao amigo irmão Marcus Vinícius Santana pelas longas discussões técnicas, grandes momentos de apoio e aprendizado, pela importante presença nos momentos de descontração, alegrias e também nos de dificuldades.

Aos amigos Leonardo Levorato, Wilson Dourado e Daniel Brandão pelos bons momentos de descontração e aprendizado.

Aos colegas do Laboratório de Nematologia da Escola de Agronomia-UFG, pela contribuição na realização do trabalho.

Aos colegas de república em Lavras pelas discussões técnicas e momentos de distração.

E a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.

Meus sinceros agradecimentos!

SUMÁRIO

RESUMO	11
ABSTRACT	13
1 INTRODUÇÃO.....	14
2 REVISÃO DE LITERATURA	16
2.1 CULTURA DO ALGODOEIRO	16
2.2 FITONEMATOIDES	18
2.2.1 Importância dos nematoides para o algodoeiro	19
2.2.2 Manejo dos fitonematoides na cultura do algodoeiro.....	19
2.3 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	22
2.4 INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FITONEMATOIDES	23
2.5 INFLUÊNCIA DO SOLO SOBRE OS MICROORGANISMOS.....	25
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	27
3.1 ÉPOCAS DE COLETA E HISTÓRICO DAS ÁREAS.....	27
3.2 COLETA DE AMOSTRAS	29
3.3 ANÁLISES DE NEMATOIDES	31
3.3.1 Análise de fitonematoides no solo.....	31
3.3.2 Análise de fitonematoides nas raízes.....	31
3.3.3 Identificação dos fitonematoides	31
3.4 ANÁLISE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES	32
3.4.1 Extração de esporos de fungos micorrízicos arbusculares.....	32
3.4.2 Colonização micorrízica das raízes de algodão.....	32
3.4.3 Identificação das espécies de fungos micorrízicos arbusculares	33
3.5 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO.....	33
3.6 ANÁLISE DE DADOS	33
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	35
4.1 LEVANTAMENTO ECOLÓGICO	35
4.2 INTERAÇÃO ENTRE FITONEMATOIDES, FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E ATRIBUTOS DO SOLO	43
5 CONCLUSÕES.....	53
6 REFERÊNCIAS.....	54

RESUMO

FERREIRA, B. S. **Levantamento populacional de fungos micorrízicos arbusculares e de fitonematoides em áreas produtoras de algodão no estado de Goiás.** 2015. 60 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia: Fitossanidade)–Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, 2015.²

Para o controle dos fitonematoides é necessário que se utilize diferentes estratégias de manejo. Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) são empregados como uma opção de microrganismos com potencial controle de patógenos. Existe uma demanda por formas de manejo de fitonematoides com menor impacto ambiental e de menor custo. Com isso, o objetivo deste estudo foi realizar o levantamento de fitonematoides e de FMAs em áreas produtoras de algodão no estado de Goiás e avaliar a interação entre FMAs e fitonematoides, além de relacionar com os atributos físico-químicos do solo de Cerrado. Foi realizado o levantamento de espécies de FMAs e fitonematoides associados à cultura do algodoeiro em dois anos de cultivo agrícola (junho/2013 e fevereiro/2014) em dez áreas no estado de Goiás. Em cada área foram coletadas três amostras compostas por dez pontos (subamostras). Em cada ponto retirou-se solo e raiz na profundidade de 0 a 20 cm. Para quantificação e identificação de FMAs e fitonematoides em solo e raiz realizou-se análises em laboratório. Também realizou-se a análise dos atributos físicos e químicos do solo. Para análise dos dados foi utilizado o coeficiente de correlação de Pearson, análise de componentes principais (PCA) e os índices de diversidade de Shannon-Wiener, Simpson e Margalef. Em todas as áreas amostradas foi observada ocorrência de fitonematoides, sendo os principais gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Aphelenchus* e *Criconeimoide*. Os gêneros *Helicotylenchus* e *Pratylenchus* apresentaram maior abundância nos dois anos de estudo, seguido de *Meloidogyne*. Um dos principais causadores de danos em algodoeiro, o gênero *Rotylenchulus* não foi observado em 80% das áreas amostradas, com presença apenas em duas áreas na primeira amostragem (2013). Foram encontradas diferentes espécies de FMAs, sendo o principal gênero *Glomus*, com maior número de espécies. Os FMAs distribuíram-se uniformemente entre as áreas avaliadas e entre os anos avaliados. A correlação entre *Aphelenchus* e a espécie de FMA *Cetraspora pellucida* foi positiva, bem como, entre *Meloidogyne* e *Glomus* sp. Ao contrário disso a correlação entre *G. macrocarpum* e *Pratylenchus* foi negativa. A maior quantidade de matéria orgânica afetou de forma negativa *Helicotylenchus* sp. e positiva o FMA *R. intraradices*. O maior teor de fósforo influenciou de maneira positiva a população de *Glomus* sp. Áreas cultivadas com algodão no estado de Goiás com maior presença de FMAs apresentam menor número de nematoides no solo e nas raízes.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum* L., micorrizas, correlação, levantamento ecológico.

² Orientadora: Professora Dr^a. Mara Rúbia da Rocha, EA/UFG.

ABSTRACT

FERREIRA, B. S. **Survey of arbuscular mycorrhizal fungi and nematode population in cotton producing areas in the state of Goiás.** 2015. 60 f. Dissertation (Master in Agronomy: Plant Health)–Agronomy School, Federal University of Goiás, 2015.³

Different management strategies are necessary for the control of plant nematodes. The arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have been an option as potential microorganisms for biological control. There is a demand of ways to manage plant parasitic nematode with less environmental impact and lower cost. Thus, the aim of this study was to survey nematodes and AMF in cotton producing areas in the state of Goiás and evaluate the interaction between AMF and nematodes, and relate their populations to the physical and chemical soil traits. The survey was conducted during two crop seasons (June/2013 and February/2014) in ten cotton producing areas. Three samples composed of ten subsamples were collected in each area. Soil and roots were collected in the depth of 0 to 20 cm. For quantification and identification of AMF and nematodes soil and root analysis were carried out in the laboratory. There was also the analysis of physical and chemical soil properties. For data analysis we used the Pearson correlation coefficient, principal component analysis (PCA) and the diversity indexes of Shannon-Wiener, Simpson and Margalef. In all sampled areas was observed occurrence of nematodes, the main genera being *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchus*, *Rotylenchulus*, *Aphelenchus* and *Criconeimoide*. The *Helicotylenchus* and *Pratylenchus* genres presented higher abundance in the two years of study, followed by *Meloidogyne*. The major cause of cotton damage, *Rotylenchulus* sp. was not observed in 80% of the sampled areas, with presence only in two areas in the first crop season (2013). Different AMF species were found, being the main genre *Glomus*, with most species. AMF were distributed evenly among the evaluated areas and in the two crop seasons. The correlation between *Aphelenchus* species and AMF *Cetraspora pellucida* was positive, as well as between *Meloidogyne* and *Glomus* sp. On the contrary, the correlation between *G. macrocarpum* and *Pratylenchus* was negative. The largest quantity of organic matter negatively affected *Helicotylenchus* sp. and positively the AMF *R. intraradices*. The higher phosphorus content influenced positively the population of *Glomus* sp. Areas cultivated with cotton in the state of Goiás with greater presence of AMF have a lower number of nematodes in the soil and roots.

Keywords: *Gossypium hirsutum* L., mycorrhizae, correlation, ecological survey.

³ Adviser: Dr. Mara Rúbia da Rocha, EA/UFG

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro comum (*Gossypium* sp.), principalmente *G. hirsutum* L. é uma das principais espécies agrícolas cultivadas no Brasil desde o período colonial. Relatos mostram que, antes da chegada dos portugueses, os índios já usavam algodão no Brasil (Costa & Bueno, 2004). Atualmente, o algodão é explorado comercialmente sendo o Brasil quinto maior produtor mundial. A China tem a maior produção, seguida por Índia, EUA e Paquistão (ICAC, 2013).

No cenário brasileiro, nos últimos anos o cultivo de algodão tem apresentado grande oscilação. A área plantada registrou recuo de 35,8% no ano agrícola 2012/2013, quando comparada à da safra de 2011/2012, saindo de 1.393,4 para 895,0 mil hectares plantados. No ano seguinte (2013/2014), houve incremento de 25% na área plantada. Já para safra 2014/2015, novamente tem-se diminuição da área de produção da cultura em 12,9% (Conab, 2015).

A produção de algodão é acometida por diversas pragas que podem afetar, significativamente, o rendimento da cultura. Dentre estas, os fitonematoides são de grande importância e demandam considerada atenção. Segundo Iamamoto (2003), Goiás está entre as regiões produtoras de algodão que apresentam os maiores índices desses patógenos. Três espécies são consideradas nematoides-chave do algodoeiro: *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood (1949), *Rotylenchulus reniformis* (Linford & Oliveira, 1940) e *Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929; Filipjev & Sch. Stekhoven, 1941) (Inomoto et al., 2006).

Para o controle dos fitonematoides é necessário que se utilize diferentes estratégias de manejo. O controle químico é uma técnica muito empregada, no entanto, representa alto custo e alta toxicidade, podendo ser nocivo ao meio ambiente. Além do controle químico, podem ser empregados os controles: cultural, mecânico e biológico (Pimentel, 2009). Com a constante busca de práticas de manejo de pragas menos agressivas e mais eficientes, o uso de agentes de controle biológico tem ganhado espaço considerável. Muitos estudos são feitos com microrganismos que apresentam potencial expressivo no controle de diversas pragas e doenças, inclusive os fitonematoides (Coimbra

& Campos, 2005; Siddiqui et al., 2001; Emmert & Handelsman, 1999).

Os Fungos Micorrízicos Arbusculares (FMAs) são uma opção de microrganismos com potencial controle de patógenos (Reis et al., 2010). Os FMAs são fungos benéficos do solo que apresentam associação simbiótica com a raiz da maioria das plantas superiores. Nessa associação a planta se beneficia pela ampliação da zona de absorção da raiz promovida pelas hifas dos FMAs, incrementam a absorção de nutrientes. Por outro lado, os FMAs são beneficiados pelo fornecimento de produtos da fotossíntese da planta, os quais são indispensáveis ao seu desenvolvimento, visto que são microrganismos biotróficos obrigatórios (Smith & Read, 1997).

Os FMAs estão presentes na rizosfera, assim como os fitonematoides que causam danos à cultura do algodoeiro. A associação entre FMAs, fitonematoides e planta hospedeira é frequente (Borowicz, 2001). Relatos mostram que os FMAs sofrem influência e podem influenciar as espécies vegetais, a microbiota e as características físico-químicas do solo (Cordeiro et al., 2005; Miranda et al., 2005; Franzini et al., 2010) e, portanto, interferir na dinâmica dos fitonematoides no solo.

Diante da demanda por formas de manejo de fitonematoides com menor impacto ambiental, o objetivo deste trabalho foi realizar um levantamento de espécies de FMAs e fitonematoides em áreas produtoras de algodão. Além disso, avaliar a interação entre FMAs, fitonematoides e atributos físico-químicos do solo em áreas de Cerrado sob dois anos de cultivo agrícola em dez áreas produtoras de algodão no estado de Goiás.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 CULTURA DO ALGODOEIRO

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.), pertencente à família Malvaceae e ao gênero *Gossypium*, é uma das plantas mais antigas cultivadas no mundo e compreende tanto espécies cultivadas quanto selvagens. São conhecidas mais de 50 espécies deste gênero, sendo quatro principalmente cultivadas *Gossypium arboreum*, *G. herbaceum*, *G. barbadense* e *G. hirsutum* sendo que, o último recebe destaque por ser a espécie cultivada no Brasil (Beltrão & Azevedo, 2008).

A utilização doméstica da planta data-se do oitavo século a.C. A cultura do algodoeiro apresenta grande importância econômica no mundo, principalmente por ter uso diversificado. A fibra têxtil natural é a mais utilizada pelo homem e se caracteriza por ser celulose na forma praticamente pura. Além disso, a semente é rica em óleo e o bagaço pode ser utilizado para a alimentação animal (Carvalho, 1996). A cadeia produtiva do algodão abrange diversos setores, que empregam desde o campo até a indústria têxtil (Embrapa, 2003a).

No Brasil, há relatos de uso dos derivados de algodão desde antes da colonização do país (Richetti & Melo Filho, 1998). Nesta época, já era encontrado algodão no Nordeste brasileiro e ao longo do país. Comercialmente, o algodoeiro foi cultivado, primeiramente, no Maranhão e, posteriormente, se espalhou pelo Nordeste brasileiro, logo chegando ao estado de São Paulo (Costa & Bueno, 2004).

A expansão da cotonicultura moderna para o Cerrado brasileiro tem ocorrido nas últimas duas décadas. Apesar das dificuldades da cotonicultura neste bioma, com o advento do melhoramento genético, tecnologia na produção e muita persistência, a cultura foi estabelecida, tornando-se a maior região produtora de fibra de algodão do país (Freire, 2007). Atualmente, o Mato Grosso é o estado que mais produz algodão no país, seguido por Bahia, Goiás e Mato Grosso do Sul (Conab, 2014), sendo que, todos estes estão localizados no bioma Cerrado, o que evidencia a importância desta região para produção nacional de algodão, e agricultura de maneira geral.

O Cerrado é um bioma com características climáticas favoráveis ao desenvolvimento do algodoeiro. Os dias ensolarados e quentes favorecem o desenvolvimento da planta, visto que a temperatura ideal para a cultura varia entre 27 e 32°C, as quais ocorrem durante grande parte do ano neste bioma. A chuva, bem distribuída ao longo de seis meses do ano, também favorece a produção do algodão no Centro-Oeste brasileiro. A precipitação ideal para a cultura varia entre 750 a 900 mm durante seu ciclo. Além disso, o algodão também é produzido em áreas irrigadas, o que confere altas produtividades para essa cultura. A altitude é outra característica que favorece o desenvolvimento da cultura no Cerrado, fazendo com que a região seja tão importante no cenário do agronegócio do algodão no país (Embrapa, 2003b).

O cultivo de algodão no Brasil passou por dificuldades nas últimas safras. Fatores como câmbio, baixas cotações do produto nos mercados interno e externo e menor vantagem comparativa com a soja são gargalos na produção atualmente, que tem levado a uma retração da produção nacional. Segundo dados da Conab (2014), este cenário tem mudado. No comparativo entre a safra 2012/2013 e 2013/2014 no Mato Grosso a área plantada aumentou em 35,3%, na Bahia 17,7% e em Goiás 16,3%. Para a safra atual 2014/2015, o cenário brasileiro voltou a apresentar retração e novamente dificuldades no setor (Conab, 2015).

A oscilação no desempenho do mercado do algodão no cenário atual é um dos fatores prejudiciais no desenvolvimento da cultura. Além disso, o alto custo de produção é impulsionado principalmente pelo alto preço de insumos e a alta carga de produtos fitossanitários usados (Conab, 2013). O cultivo do algodão é marcado pela alta incidência de pragas, doenças e o uso de reguladores de crescimento que oneram a produção e exige monitoramento constante da cultura.

A incidência de pragas e doenças na cultura é vasta, visto que o algodoeiro atrai, alimenta e reproduz constantemente uma série de insetos, ácaros e microrganismos que atacam tanto parte vegetativa quanto reprodutiva da planta. O algodão é acometido por pragas de solo, lagartas desfolhadoras, pragas que atacam órgãos reprodutivos e também pragas que danificam o produto final que é a fibra do algodão (Santos, 2007). Além dos insetos, pode ser atacado por fungos, bactérias e vírus que causam sérias doenças, bem como, os nematoides que também são um desafio na cultura do algodão.

Os principais danos à cultura são causados por pragas de solo como broca da raiz (*Eutinobothrus brasiliensis* Hableton, 1937) e lagarta elasm (*Elasmopalpus*

lignosellus Zeller, 1848). Pelo complexo de lagartas que compreende lagarta das maçãs (*Heliothis virescens* Fabricius, 1781), curuquerê (*Alabama argilacea* Hübner, 1818), lagarta militar (*Spodoptera frugiperda* J. E. Smith, 1797), lagarta rosada (*Pectinophora gossypiella* Saunders, 1844) e mais recentemente *Helicoverpa armigera* Hübner, 1805. Também pulgão (*Aphis gossypii* Glover, 1877) e ácaro rajado (*Tetranychus urticae* Koch, 1836). Além do bicudo do algodoeiro (*Anthonomus grandis* Boheman, 1843) e da mosca-branca (*Bemisia tabaci* biótipo B) que são pragas muito agressivas para a cultura (Santos, 2007).

No que diz respeito à incidência de doenças, o algodoeiro é acometido por mazelas causadas por fungos, vírus e bactérias. As principais são mancha-de-ramulária (*Ramularia aréola* G.F. Atk.), mancha-de-alternária (*Alternaria macrospora* Zimm), Ramulose (*Colletotrichum gossypii* South), mancha angular (*Xantomonas axonopodis* p.v malvacearum Smith) e mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum* Lib). Atacam também murcha-de-fusarium (*Fusarium oxysporum* Schlecht) e tombamento causado por *Rhizoctonia solani* (Kuhn). Viroses importantes como mosaico das nervuras, vermelhão e mosaico comum causam sérios danos à cultura (Suassuna & Coutinho, 2007).

2.2 FITONEMATOIDES

Os nematoides são animais aquáticos, que estão amplamente distribuídos na superfície terrestre, podendo ser encontrados em diferentes habitats. Os nematoides parasitas de plantas, também chamados de fitoparasitas, são assim conhecidos por parasitarem e se alimentarem de plantas superiores. Esses fitoparasitas podem danificar flores, folhas, caules, rizomas, bulbos, tubérculos e, especialmente, estruturas radiculares. Geralmente, os sintomas presentes na parte aérea são decorrentes do seu ataque nas raízes (Ferraz et al., 2010).

Os sintomas presentes na parte aérea das culturas são resultado do ataque de nematoides nas raízes. Este ataque pode causar formação de galhas, deformação das raízes e diminuição da absorção dos nutrientes do solo. Os danos causados pelos nematoides podem ser do tipo qualitativo, quando danifica o produto final (raízes de cenoura) ou quantitativo que provoca apenas diminuição de produtividade. Os danos podem ser também diretos ou indiretos, os diretos quando promovem a redução da área de exploração do solo pelo sistema radicular e/ou atuam como dreno de fotoassimilados destinados às

raízes. O principal dano indireto ocorre através das lesões causadas por esses fitoparasitas, as quais atuam como porta de entrada para organismos secundários, tais como microrganismos fitopatogênicos (Lordello, 1992).

Os principais sintomas do ataque por nematoides são manchas em reboleiras, onde as plantas ficam desuniformes e amareladas. As folhas afetadas podem apresentar manchas cloróticas ou necroses entre as nervuras, comumente conhecido como folhas “carijós” no caso do algodão. Nem sempre é visível redução no tamanho das plantas, mas, por ocasião do florescimento, nota-se intenso abortamento de botões de florais e amadurecimento prematuro das plantas (Dias et al., 2010).

2.2.1 Importância dos nematoides para o algodoeiro

Nematoides fitoparasitas são patógenos de grande importância para o algodoeiro, pois podem causar redução significativa na produtividade. Os nematoides de maior relevância para o algodoeiro são os nematoides das galhas (*Meloidogyne incognita*), nematoide reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) e nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) (Paiva, 2001). Segundo Asmus & Inomoto (2007), um levantamento sistemático em áreas algodoeiras no cerrado apontou frequência significativa destas três espécies nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul e em Goiás. Os mesmos autores afirmam ainda que o cultivo sucessivo nas mesmas áreas e o trânsito intenso de máquinas pode justificar o aumento da população destes organismos nas áreas produtivas do Brasil central.

O ataque de nematoide quando associado a problemas abióticos, como déficit hídrico, por exemplo, pode aumentar os danos em fases como florescimento e enchimento de grãos. Plantas com raízes danificadas por nematoides podem ficar mais sensíveis e com isso, sentir de forma mais acentuada estresses de ordem biótica (Dias et al., 2010). A severidade de murcha-de-fusarium pode ser aumentada na presença de nematoides do gênero *Meloidogyne*, *Rotylenchulus* e *Pratylenchus* que deixam a planta debilitada e facilitam a entrada do fungo causador de doenças (Suassuna et al., 2008).

2.2.2 Manejo dos fitonematoides na cultura do algodoeiro

A maioria dos nematoides fitoparasitas tem ciclo de vida relativamente rápido,

com cerca de 30 dias. Fatores como textura do solo, umidade e temperatura ambiente podem influenciar nesse processo (Asmus et al., 2011). Tais fatores exigem grande atenção quanto ao crescimento da população destes fitoparasitas no solo, sendo necessário buscar alternativas de manejo.

O manejo de fitonematoides apresenta uma série de entraves, principalmente quando se trata de altas populações. Sendo assim, é necessário que seja empregado não apenas uma forma de controle, mas várias estratégias que possam agir em conjunto e diminuir a população destes parasitas em áreas produtivas Asmus & Inomoto (2007).

Uma das principais formas de manejo de fitonematoides é evitar a disseminação na área. Os nematoides apresentam locomoção limitada, sendo necessário um veículo para seu deslocamento. Em muitas ocasiões o produtor é um agente de disseminação através do manejo do solo com máquinas, implementos, veículos e animais (Lordello, 1992). Como estratégia de manejo pode ser feita limpeza de implementos e maquinários ao manejar áreas sabidamente infestadas. Em áreas infestadas os tratos culturais podem ser deixados para o final da operação, quando as áreas não infestadas já tiverem sido trabalhadas.

Pode ser empregado o revolvimento do solo para exposição de ovos e juvenis à radiação solar. A rotação de culturas com espécies que apresentem potencial nematicida, bem como, aquelas que não permitem que os fitonematoides se multipliquem também é uma opção de manejo (Lordello, 1992). Gomes et al. (2010) através do uso de diferentes espécies de cobertura do solo em associação e sucessão, observaram significativa supressão do nematoide anelado [*Mesocriconema xenoplax* (Raski, 1952) *Loofand de Grisse 1989*] no solo. Nesse trabalho, os autores constataram que as rotações nabo-forrageiro/milheto/aveia-branca/milho e aveia-branca/mucuna/trigo/sorgo proporcionaram maiores reduções do número de nematoide no solo. Além disso, houve estabilização da população de nematoides no decorrer dos anos de cultivo.

O melhoramento genético é empregado como alternativa de manejo de fitonematoides. Tem-se buscado plantas com resistência ao ataque do patógeno, que promovam a diminuição dos danos e da população de fitonematoides. Existe ainda cultivares denominadas tolerantes, que tem bom desenvolvimento mesmo diante do ataque dos nematoides (Asmus & Inomoto, 2007). Este método de controle apresenta facilidade de utilização pelo produtor, reduzido dano ambiental e menor custo frente ao controle químico, por exemplo. Carneiro et al. (2005) verificaram que há penetração de *M.*

incognita em plantas de algodoeiro resistentes e suscetíveis, no entanto, nas plantas resistentes não se observa estabelecimento do sítio de alimentação do nematoide, o que pode resultar em melhor produtividade.

Outra importante alternativa de controle é o uso de moléculas químicas nematicidas, empregadas no tratamento do solo, no sulco de plantio e no tratamento de sementes. Kubo et al. (2012), trataram sementes de algodão com as principais moléculas do mercado e constataram que thiametoxam 350 FS + abamectina 500 FS, tiodicarbe + imidacloprido, tiodicarbe + imidacloprido + clothianidin e tiodicarbe 350 foram eficazes no controle de *Rotylenchulus reniformis*. Para os principais nematoides incidentes na cultura do algodoeiro os produtos indicados são principalmente a base de abamectina (avermectina), imidacloprido (neonicotinoide) + tiodicarbe (metilcarbamato de oxima), carbofurano (metilcarbamato de benzofuranila), fenamifós (organofosforado), cadusafós (organofosforado) terbufós (organofosforado) (Agrofit, 2014).

Outra linha de controle que vem ocupando espaço no manejo de fitonematoides é o controle biológico. Essa forma de controle apresenta vantagens relevantes, tais como redução do desequilíbrio ambiental, ausência de resíduos e, portanto, da contaminação química e intoxicação humana. Este método consiste na redução da população do nematoide pela ação de outro organismo vivo, que ocorre naturalmente no solo, ou através da manipulação do ambiente, incluindo a introdução de organismos antagonistas (Soares, 2006).

Vários microrganismos apresentam potencial nematófago. Dentre estes, *Bacillus subtilis* se mostra eficiente no controle de *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus* em algodão, sendo que, o tratamento com o fungo equivale ao tratamento químico convencional (Higaki, 2012). Além deste, isolados de *Pochonia chlamydosporia* (Zare & W. Gams, 2001) e *Purpureocillium lilacinus* (Thom, 2011) são agentes patogênicos para ovos de *M. incognita* e *Heterodera glycines* (Ichinohe, 1952) (Nunes, 2009). Os fungos que promovem controle de nematoides, fazem isso através da liberação de compostos tóxicos ou ainda, podem apresentar estruturas em suas hifas que servem de armadilhas especializadas. Estas estruturas podem ser redes adesivas, nódulos adesivos, ramos adesivos e anéis constritores (Ahren & Tunlid, 2003).

O controle de nematoides não é tarefa fácil, principalmente pela localização destes organismos no solo. Sendo assim, é importante que não sejam usadas formas isoladas de controle, mas sim o manejo integrado. Para esta integração, pode-se lançar mão

de estratégias conjuntas em prol da redução da população. Lordello (1992) sugere que o manejo integrado é o conjunto de práticas que permitem manter populações de fitonematoides em níveis que não causem perdas econômicas. No campo são usadas diversas formas de manejo, no entanto, são raras as áreas onde são seguidas as instruções de manejo integrado de nematoide. Grande parte dos produtores são utilizados de forma isolada no manejo, resultando em menor eficiência.

2.3 FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

Os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) constituem parte significativa da microbiota benéfica do solo. Estes são fungos cosmopolitas que desenvolvem a micorriza, uma associação simbiótica mutualística, em mais de 80% das plantas superiores. Essa associação promove aumento na absorção de nutrientes pelas plantas, especialmente fósforo, zinco e cobre. Os FMAs são biotróficos obrigatórios, pertencentes ao filo Glomeromycota e a classe Glomeromycetes, com 215 espécies descritas as quais são distribuídas em 13 famílias e 19 gêneros (Miranda & Miranda, 2007; Souza et al., 2010). Segundo Damodaran et al. (2010), esses microrganismos do solo são de fundamental importância para a ciclagem de nutrientes e manutenção da qualidade do solo, atuam diretamente na disponibilidade de nutrientes para as plantas e, portanto, influenciam na sanidade vegetal e aumento da produtividade das culturas.

Apesar dos FMAs serem abundantes em diversos ecossistemas, sua ocorrência está intimamente relacionada à estrutura da comunidade vegetal (Van der Heijden et al., 1998). Em sistemas de plantio direto e convencional no Cerrado, Angelini et al. (2012) verificaram que a composição da comunidade micorrízica foi diretamente influenciada pelas espécies vegetais presentes nas áreas. Por outro lado, a presença de FMAs podem também influenciar, não somente as espécies vegetais, como também a qualidade da fonte de carbono no solo. Em sucessão de culturas no Cerrado goiano, Vilela et al. (2014) verificaram o aumento do carbono da biomassa microbiana do solo em todas as culturas avaliadas após a inoculação com *Glomus macrocarpum*, característica altamente desejável em solos de cultivo intenso.

As principais culturas agrícolas plantadas no cerrado têm relação direta com a atividade dos FMAs, sendo que estes podem ter influência direta e positiva com a produtividade (Miranda et al., 2005; Angelini et al., 2012; Vilela, et al., 2014). McGee et

al. (1999) demonstraram que a colonização radicular de algodoeiro por micorriza arbuscular é efetiva, e ocorre imediatamente após instalação da cultura, sendo esta, altamente dependente da simbiose micorrízica. Zhang et al. (2012) observaram que plantas de algodão colonizadas por *Glomus versiforme* e *Bacillus vallismortis* apresentaram 63,3% de índice de murcha de verticilium menos que plantas não inoculadas. O rendimento da cultura e a melhor sanidade de plantas micorrizadas demonstram a importância dos fungos micorrízicos para o algodoeiro.

Os FMAs têm papel importante para o desenvolvimento das culturas, agindo individualmente. Porém, podem se associar a outros microrganismos em ação sinérgica, potencializando a atividade de ambos. Balota et al. (1995) afirmam que estirpes de bactérias diazotróficas aumentam a colonização micorrízica. Sala et al. (2007) demonstram que há efeito sinérgico da co-inoculação de FMAs do gênero *Acaulospora* com bactérias promotoras de crescimento. Pereira (2011), por sua vez, relata que os FMAs têm ação de estímulo na nodulação de *Bradyrhizobium* sp. em soja e contribuem também para o aumento do acúmulo de biomassa de raiz e parte aérea das plantas. Além disso, os FMAs podem se relacionar de forma antagônica ou mutualista com organismos causadores de doenças em plantas, que estão presentes no solo. Os fitonematoides são um exemplo de organismos que compõe esta associação (Reis et al., 2010).

2.4 INTERAÇÃO ENTRE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E FITONEMATOIDES

A rizosfera é um ambiente de vida abundante e de interações contínuas, onde diversos organismos atuam, constantemente e, se relacionam entre si e com o ambiente que os rodeia. Segundo Drozdowicz (1997), o solo é um ambiente onde ocorre, rotineiramente, um intercâmbio entre organismos. Pode ser visto ainda, como a resultante de atividades combinadas entre inúmeros organismos vivos. Nesse contexto de interações, os FMAs se relacionam intimamente com os fitonematoides, sendo esta relação mutualista ou antagônica.

Os FMAs têm o papel de melhorar a absorção de nutrientes pelas plantas. Como consequência disso, planta bem nutrida pode sentir menos o ataque de patógenos. Porém, a associação entre planta e micorriza pode ser relacionada com outros organismos que também estão presentes nas raízes. Jaizme-Veja et al. (1997) constataram que plantas

de banana inoculadas com *Glomus mosseae* tiveram melhor desempenho e foi reduzida a população de *M. incognita* em suas raízes. Ao contrário disso, Siqueira et al. (2004) afirmaram que o lixiviado de plantas colonizadas por *G. etunicatum* aumentou a eclosão de juvenis de *M. incognita* e *M. javanica*.

A interação entre fitonematoide e FMAs pode ser considerada específica, pois nem todas as espécies de nematoides são influenciadas por uma mesma espécie de FMA. Além disso, a influência dos FMAs sobre os nematoides pode ser positiva ou negativa. Cofcewicz et al. (2001) em um mesmo trabalho com tomateiro, afirmam que as plantas sofrem menor dano de *M. javanica* quando são colonizadas por *G. etunicatum* do que quando colonizadas por *Gigaspora margarita*, e ainda observaram que o índice de galhas, número de ovos e de juvenis aumentou na presença dos FMAs.

O momento da associação também pode influenciar no resultado da interação entre os microrganismos. Anjos et al. (2005), afirmam ser importante observar o tempo de micorrização com relação a inoculação do nematoide nos trabalhos com estes organismos. Segundo Vaast et al. (1998) a inoculação simultânea de FMAs e *Pratylenchus coffeae* foi indiferente, no entanto, quando a inoculação do fungo foi feita quatro meses antes, as plantas se mostraram mais resistentes ao ataque dos nematoides.

Estudos revelam que os FMAs já são considerados como uma possibilidade de manejo de fitonematoides (Liu et al., 2011; Vos et al., 2011; Vos et al., 2012), no entanto, trabalhos sobre o tema ainda contemplam pesquisas básicas. Um dos principais entraves é entender o modo de ação destes organismos e suas formas de interação. Para Elsen et al. (2008) compreender o papel dos FMAs no controle de doenças de plantas é um dos primeiros desafios a ser elucidado. Ainda para os mesmos autores, é importante saber quais as vias de atuação destes organismos no controle dos nematoides.

Apesar de ainda não ser bem compreendido as reações existentes na interação FMAs e fitonematoides, três hipóteses são principalmente estudadas. Segundo Vos et al. (2012), pode ocorrer competição direta por espaço ou nutrientes, ocorrer o desenvolvimento de uma microbiota antagonista ou, ainda, os FMAs podem desencadear defesas intrínsecas das plantas que efetivam a proteção contra os nematoides. Vos et al. (2011) afirmam que exsudatos de raízes micorrizadas podem diminuir a motilidade de *M. incognita* bem como a penetração do nematoide nas raízes de tomate, no entanto, o real motivo deste efeito não é conhecido.

Para a cultura do algodoeiro, é sabido da estreita interação com FMAs devido à

alta colonização das raízes de algodão. Damodaran et al. (2010) relataram a interação micorrízica em dez cultivares de algodão, nesse trabalho evidenciaram alta micorrização em todas as cultivares desde 30 até 120 dias após emergência da cultura. Sousa et al. (2012) confirmam a associação entre FMAs e algodoeiro. Além disso, evidenciaram que o manejo do solo pode influenciar na produção de substâncias pelas plantas micorrizadas, como por exemplo, a glomalina uma glicoproteína que apresenta função colante que favorece a estabilização do solo. Para o cerrado brasileiro, o conhecimento sobre estes temas ainda é um ponto a ser abordado e estudado, visto a complexidade e as possibilidades de resultados positivos que podem melhorar o cultivo da cultura neste bioma.

2.5 INFLUÊNCIA DO SOLO SOBRE OS MICRORGANISMOS

A ação de microrganismos é um dos fatores que contribuem para a formação dos solos. Porém, os atributos físicos e químicos do solo, também podem influenciar a sobrevivência dos organismos. Sistemas naturais são influenciados e limitados pela presença e concentração de nutrientes no solo. Elementos como o nitrogênio e o carbono estão diretamente ligados à ação dos microrganismos, que influenciam na mineralização da matéria orgânica e, conseqüentemente, na formação do solo (Knapp et al., 1983). Neste contexto, existem organismos que se adaptam às mais diversas condições ambientais (Hujšlová et al., 2014).

A textura do solo pode limitar a presença de microrganismos sensíveis. No entanto, esta relação é específica para cada organismo e tipo de solo. Griffin (1996) observou que a textura do solo influenciou sobremaneira a quantidade de *Xiphinema americanum* e pouco influenciou a de *Pratylenchus neglectus*. Argila, areia, temperatura, umidade são características ambientais que podem regular a presença ou ausência de microrganismos solo. Rocha et al. (2006) observaram que o teor de argila do solo pode influenciar o desenvolvimento do nematoide de cisto da soja na região Cerrado. Barbosa et al. (2007) encontraram correlações positivas entre temperatura e a umidade do solo na dinâmica populacional de *Helicotylenchus* sp. Para Akhtar & Mahmood (1996), a matéria orgânica pode influenciar a atividade dos nematoides no solo, podendo ser considerada uma forma de manejo destes organismos.

Características químicas do solo podem exercer influência sobre os

microrganismos presentes no ambiente. Ferreira et al. (2007) trabalhando a dinâmica do carbono do solo, demonstraram a relação entre decomposição de matéria orgânica e o carbono microbiano, além da influência do solo nos microrganismos.

A distribuição espacial de *M. incognita* pode ser influenciada pelo nitrogênio presente no solo (Barbosa et al., 2007). Para Akhtar & Mahmood (1996) alterações na quantidade de nitrogênio presente no solo pode ajudar na diminuição de nematoides. Apesar de não identificados os mecanismos envolvidos nesta relação, os autores acreditam que solo com equilíbrio químico de nutrientes pode influenciar negativamente na sobrevivência de nematoides no solo.

Os fungos micorrízicos arbusculares também recebem influência das condições ambientais. A forma de interação dos FMAs com as plantas os deixam vulneráveis a regulação da simbiose pela planta na presença abundante de nutrientes como o fósforo. O efeito dos FMAs em solos com alto teor de nutrientes pode ser benéfico às plantas. Carneiro et al. (1999) observaram efeito sinérgico na atividade dos FMAs com aplicação de diferentes doses de fósforo. Relatam que a ação dos FMAs diminui a dependência de fósforo externo no cultivo de forrageiras, que o efeito da aplicação de P no acúmulo de N nas plantas é favorecido pela inoculação de FMAs.

Fungos micorrízicos são relatados como responsáveis indiretos na composição da matéria orgânica do solo, influenciam na dinâmica do carbono principalmente pela influência na agregação do solo, fisiologia das plantas e composição da comunidade vegetal (Rillig et al., 2001). Nóbrega et al. 2001 relatam que o cultivo reduz a estabilidade dos agregados do solo, a flocculação das partículas de argila e também o crescimento das hifas de FMAs. A composição química e física do solo pode limitar o desenvolvimento dos FMAs, assim como, ajudar na atividade das hifas do fungo no solo e sua associação como as plantas.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 ÉPOCAS DE COLETA E HISTÓRICO DAS ÁREAS

Foram coletadas amostras em dez áreas distribuídas nas principais regiões produtoras de algodão no estado de Goiás, realizadas em duas épocas de amostragens para cada área, sendo a primeira em junho/2013 e a segunda em fevereiro/2014. Na primeira amostragem todas as áreas estavam cultivadas com plantas de algodão em fase de final de ciclo. Portanto, as coletas foram realizadas em fase reprodutiva, próximo à colheita, porém, antes da dessecação ou desfolha, normalmente feita no algodoeiro.

Para a segunda amostragem foi efetuada a coleta nos mesmos pontos do ano anterior seguindo as coordenadas geodésicas com auxílio de GPS. No entanto, apenas algumas áreas foram cultivadas com algodão. Isso porque a maioria dos produtores não cultivam algodão de forma consecutiva na mesma área. Sendo assim, as áreas 1, 2, 4, 5 e 10 estavam com soja tardia na safra de verão 2013/2014, as áreas 3, 7 e 8 estavam cultivadas com algodão em fase inicial de cultivo. A área 6 estava em fase de colheita de milho semente e a área 9 estava em pousio após a colheita da soja de verão. Cada área amostrada tem características específicas na condução do cultivo e manejo, conforme descrito a seguir:

Área 1: situada no município de Silvânia, mesorregião do Sul Goiano, na microrregião de Pires do Rio. Trata-se de uma área com cultivo de algodão de, aproximadamente, cinco anos, com sequência de algodão, milho e soja. As culturas plantadas a cada ano agrícola são escolhidas conforme as características do mercado no ano corrente. São cultivados 400 ha aproximadamente. O plantio na safra 2012/2013 foi feito em sistema de plantio direto, utilizando-se as cultivares de algodão FM910, FMT701, FM951LL, FM975, sendo esta última uma cultivar transgênica. As sementes utilizadas receberam tratamento industrial com produto a base de abamectina ou imidacloprido + tiodicarbe. A área amostrada apresenta histórico de ocorrência de *Pratylenchus* sp., segundo análise nematológica esporádica. A produtividade esperada na safra 2013/2014 foi em torno de 4.400 kg ha⁻¹.

Área 2: área situada no município de Silvânia, distante aproximadamente 30 km da área 1, cultivada com algodão há cerca de sete anos. São cerca de 400 ha plantados com a cultivar 951LL com produtividade de 4.500 kg ha⁻¹. O plantio foi feito em sistema de plantio direto, usando sementes tratadas industrialmente com produto à base de abamectina. Essa área não apresenta levantamento de nematoides, porém apresenta reboleiras com falhas no estande e sintomas típicos do ataque de fitonematoides.

Área 3: situada no município de Palmeiras-GO, na mesorregião do Sul Goiano, na microrregião chamada Vale do Rio dos Bois. Cultivada com algodão há quinze anos, sendo feita sucessão de culturas com soja ou sorgo. São cultivados 306 ha sob pivô central em sistema de plantio direto. A produtividade na safra 2013/2014 foi de 4.500 kg ha⁻¹.

Área 4: situada no município de Ipameri na mesorregião do Sul Goiano, microrregião de Catalão. O histórico de cultivo com algodão nos últimos dez anos. Além do algodão é cultivada com soja e milho em sucessão de culturas. Apresenta reboleiras com sintomas típicos do ataque de nematoides, porém, não tem levantamento de nematoides. A área total de cultivo é de 180 ha plantados. São frequentes o uso de inseticidas e fungicidas em tratamento de sementes, a base de abamectina. A produtividade média foi de 4.100 kg ha⁻¹.

Área 5: Propriedade situada na mesorregião do Leste Goiano, na microrregião do entorno do Distrito Federal, município de Cristalina-GO. Trata-se de um talhão de 120 ha de algodão convencional em sistema de plantio direto. O histórico mostra plantio anterior de soja e milho, sendo cultivado o algodão em sucessão. Semente de algodão tratada com produtos à base de abamectina e imidacloprido + tiodicarbe é utilizada. A área apresenta histórico com incidência de *Pratylenchus* sp. detectada através de análise nematológica. A produtividade média na safra 2012/13 foi em torno de 3.750 kg ha⁻¹.

Área 6: situada no município de Luziânia-GO, na mesorregião do Leste Goiano e microrregião do Entorno do Distrito Federal. Área sob pivô central, com histórico de rotação de cultura com hortaliças como cenoura (*Daucus carota*), tomate (*Solanum lycopersicum*) e cebola (*Allium cepa*), as quais possuem alta demanda de fertilizantes. Essa área apresenta histórico de queda de produtividade no algodão e reboleiras aparentes. As sementes são tratadas com produtos à base de abamectina e imidacloprido + tiodicarbe. A

produtividade média fica em torno de 4.200 kg ha⁻¹.

Área 7: situada no município de Acreúna – GO, mesorregião do Sul Goiano, na microrregião do Vale do Rio dos Bois. Não apresenta histórico comprovado de nematoides. O talhão amostrado com 98 ha plantados em sistema de plantio direto. Na safra amostrada foram utilizadas sementes não transgênicas, sendo que o sistema de plantio algodão é em sucessão de soja e milho em safrinha conforme da demanda do mercado. Produtividade média em torno de 4.500 kg ha⁻¹.

Área 8: situada no município de Turvelândia – GO, na mesorregião do Sul Goiano, na microrregião do Vale do Rio dos Bois. Apresenta histórico de *Rotylenchulus* sp. E *Pratylenchus* sp. detectado por meio de análise nematológica. A cultura do algodoeiro é mantida sob pivô central. Nesta área é feita sucessão com milho safrinha. Talhão amostrado era de 108 ha plantados com a cultivar transgênica Fox tratada com produto à base de imidacloprido + tiodicarbe. Produtividade em torno de 3.900 kg ha⁻¹.

Área 9: situada no município de Jataí - GO, na mesorregião do Sul Goiano, na microrregião sudoeste de Goiás. A área amostrada tem histórico de mais de 20 anos de agricultura. Geralmente é feito safra de soja, milho ou algodão. As sementes utilizadas são tratadas com fungicidas e inseticidas. A produtividade média de algodão fica em torno de 4.050 kg ha⁻¹. A presença de reboleiras típicas do ataque de nematoides em diversos pontos da área. No entanto, sem confirmação por meio de análise nematológica.

Área 10: Município de Matrinchã, situado na mesorregião Noroeste do estado de Goiás, na microrregião do Rio Vermelho. A principal atividade da região é a pecuária de corte, no entanto, existem áreas de cultivo de cereais sob pivô central, como é o caso da área amostrada. Nesta propriedade é cultivado principalmente soja, milho e algodão. As sementes de algodão são tratadas com inseticidas e fungicidas, porém, nenhum com indicação para controle de nematoides. A média de produtividade de algodão está em torno de 3.750 kg ha⁻¹.

3.2 COLETA DE AMOSTRAS

A coleta de dados foi feita em diferentes regiões produtoras de algodão no estado de Goiás (Figura 1). Os pontos coletados foram marcados com auxílio de um aparelho GPS (Sistema de Posicionamento Geográfico) de navegação, anotando-se as coordenadas geográficas. Foram escolhidos pontos onde as plantas apresentavam sintomas característicos de ataque de nematoides para amostragem. Sintomas como baixo porte, coloração amarelada e reboleiras ao longo da linha de plantio.

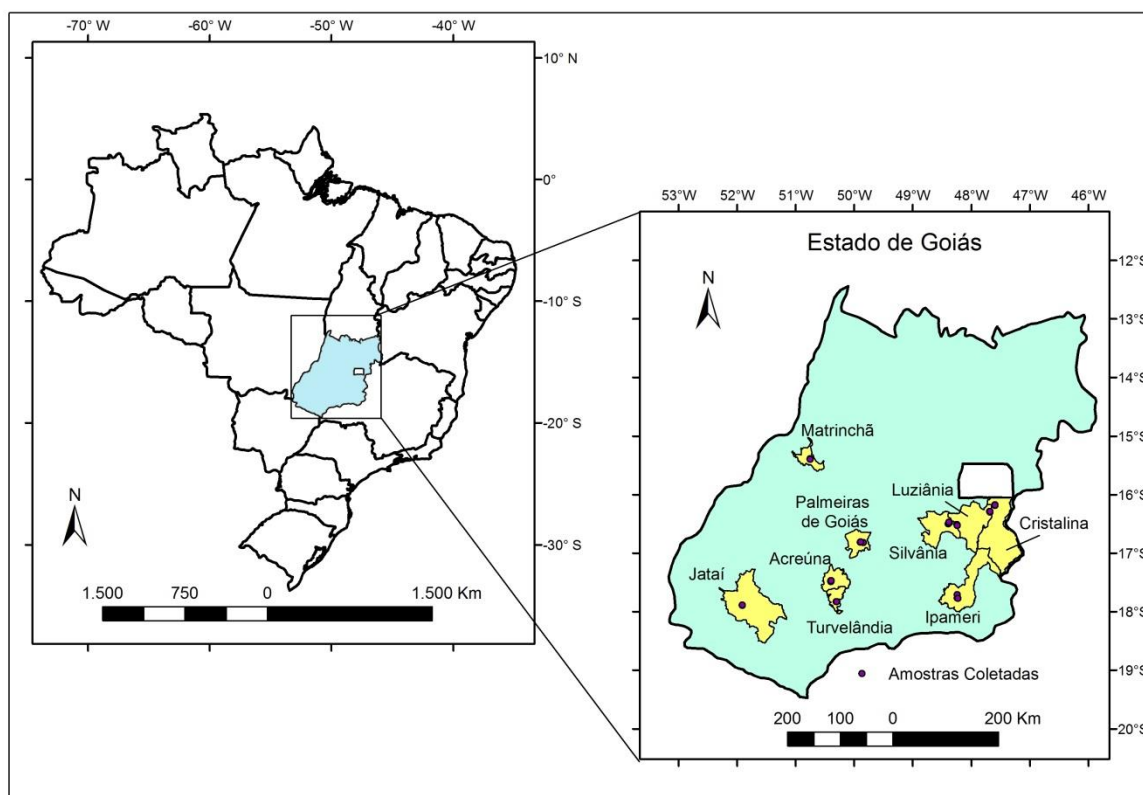


Figura 1. Pontos de coleta de amostras em áreas comerciais de algodão de nove municípios no estado de Goiás.

Em cada área foram coletados três pontos de amostras compostas. Cada amostra composta foi representada por dez pontos de amostragem simples. Foram coletados solo e raízes na profundidade de 0 a 0,2 m, recuperando-se o máximo de radículas possível. Cada amostra simples foi representada por raízes e solo rizosférico de duas plantas circunvizinhas. O conteúdo das dez amostras simples foi homogeneizado, retirado uma amostra e acondicionado em sacos plásticos devidamente identificados.

Após a coleta, cada amostra teve aproximadamente 500 g, sendo o suficiente para análises nematológica, de fungos micorrízicos arbusculares e análise de atributos físicos e químicos do solo. As amostras foram armazenadas em geladeira comum, até o

momento das análises em laboratório.

3.3 ANÁLISES DE NEMATOIDES

3.3.1 Análise de fitonematoides no solo

Após a coleta, as amostras foram levadas ao laboratório para análise. Foi retirada uma alíquota de 100 cm³ de solo, sendo em seguida misturada a aproximadamente dois litros de água quebrando-se os torrões. Em seguida o sobrenadante foi vertido em peneira de 100 mesh e 400 mesh sobrepostas. O material retido na última peneira foi recolhido em béquer de 100 mL. O peso do béquer foi calibrado para posterior centrifugação por cinco minutos a 1750 rpm. O sobrenadante é descartado e adicionado sacarose a 75% ao precipitado. A solução foi novamente centrifugada, agora por um minuto a 1750 rpm. Em seguida, o sobrenadante foi vertido em peneira de 400 mesh. Os nematoides presentes na amostra ficaram retidos na peneira, em seguida foram lavados em água corrente e recolhidos em tubos de ensaio.

3.3.2 Análise de fitonematoides nas raízes

As análises de nematoides nas raízes foi feito segundo Coolen & D'Herde (1972). Após as raízes serem lavadas e secas, foram cortadas em fragmentos de aproximadamente 1 cm e pesadas. Foram pesados dez gramas para extração dos nematoides. Este conteúdo foi triturado em liquidificador por trinta segundos com 600 ml de água na velocidade máxima. A mistura foi vertida em um conjunto de peneiras de 100 mesh sobre 400 mesh. O conteúdo retido na peneira de 400 mesh foi centrifugado por cinco minutos em solução com aproximadamente um grama de caulim. Em seguida, o sobrenadante foi descartado e o precipitado centrifugado por um minuto em solução de sacarose 75%. Após a centrifugação a suspensão final passou pela peneira de 400 mesh para recuperação dos nematoides, que ficaram retidos na peneira, em seguida foram lavados em água corrente e recolhidos em tubos de ensaio.

3.3.3 Identificação dos fitonematoides

Para identificação dos fitonematoides, foi retirado uma alíquota de 1mL da suspensão obtida após a centrifugação e colocado em câmara de Peters e em seguida levada para leitura em microscópio óptico. Os nematoides foram contados e identificados através da observação de características morfológicas de cada gênero (Mekete et al., 2012; Gonzaga, 2006). Para alguns fitonematoides foram confeccionadas lâminas semipermanentes, permitindo melhor visualização das características morfológicas nos maiores aumentos do microscópio óptico.

3.4 ANÁLISE DE FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES

3.4.1 Extração de esporos de fungos micorrízicos arbusculares

Os esporos foram extraídos do solo utilizando o método de peneiramento úmido com centrifugação em sacarose conforme Gerdemann & Nicolson (1963). O método consistiu na utilização de duas peneiras sobrepostas (60 mesh e 270 mesh). A cada alíquota de solo de 50 dm³ foi adicionado um volume de 600 mL de água agitando por dez segundos para quebra dos torrões. A mistura foi então depositada lentamente sobre as peneiras e lavada com jato de água controlado. O material retido na peneira 270 mesh foi recolhido em um tubo de centrífuga onde se adiciona 20 mL de solução de sacarose a 60%. Neste momento, foi feita a centrifugação por três minutos a 3.000 rpm e o sobrenadante da solução foi vertido na peneira de 270 mesh. O procedimento de centrifugação com sacarose foi repedido duas vezes à 2.000 rpm por dois minutos. Depois de lavado em peneira para retirar o excesso de sacarose, o material foi levado para placa canelada para visualização sob microscópio estereoscópico de 40 x e contagem dos esporos dos FMAs.

3.4.2 Colonização micorrízica das raízes de algodão

Para avaliação da colonização micorrízica, as raízes foram separadas e lavadas. Foi separado aproximadamente 1g de raiz e colocada em cápsulas tipo cassetes. As cápsulas foram imersas em KOH 10% e aquecidas a 90°C por uma hora para clarificação. Após a clarificação, efetuou-se a acidificação das raízes com HCl 1% por 1 h e, posteriormente, as estruturas fúngicas foram coradas com azul de tripano a 0,05%. A solução foi mantida aquecida a 90°C por 10 a 60 minutos, observando de tempo em tempo,

conforme Koske & Gemma (1996). Para análise dos índices de colonização foi feita contagem das estruturas (hifas e esporos) utilizando microscópio estereoscópico em placa quadriculada segundo Giovannetti & Mosse (1980).

3.4.3 Identificação das espécies de fungos micorrízicos arbusculares

A identificação dos esporos foi realizada no Laboratório de Micorrizas da Universidade Federal de Lavras conforme a análise morfológica dos esporos, tais como cor, tamanho, características das paredes dos esporos (espessura, ornamentações), reação ao Melzer e, hifa de sustentação do esporo. Os esporos foram identificados por meio de comparações com auxílio do conteúdo do site do International Culture Collection of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (Morton, 2015).

3.5 ANÁLISE FÍSICO-QUÍMICA DO SOLO

Foram retiradas porções de solo de cada área amostrada na primeira e segunda coleta para análise. Este material foi enviado para laboratório especializado, foram avaliados teores de macro e micronutrientes no solo. Além disso, foi realizada análise da textura do solo avaliando os teores de areia, silte e argila de cada área. Outro parâmetro avaliado foi a matéria orgânica, visto sua grande importância para a atividade microbiana do solo.

3.6 ANÁLISE DE DADOS

Para os dados de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) foram calculadas a abundância e a dominância dos organismos em cada época de coleta por área. A abundância (A) consistiu no total de indivíduos de cada espécie ou gênero de organismos presentes na amostra. A dominância relativa (D_r) é a porcentagem de indivíduos de cada espécie ou gênero de organismos em relação ao total de indivíduos.

A diversidade das espécies em cada área foi descrita utilizando os índices de Shannon-Wiener e Simpson. O índice de Shannon-Wiener leva em consideração o número e a dominância de espécies no ecossistema, este aceita que os indivíduos estão presentes ao acaso na amostragem de uma população maior e todas as espécies são representadas

indiferente do tamanho da amostra (Odum, 1988; Caproni, 2001). O índice de Simpson, que dá maior peso as espécies comuns (Simpson, 1949), descreve a probabilidade de que um segundo indivíduo encontrado em uma população seja da mesma espécie que o primeiro indivíduo retirado dessa mesma população (Figueira et al., 2011). A riqueza de espécies foi avaliada pelo índice de Margalef, esse diz respeito ao número de espécies presentes no ambiente (Margalef, 1975). Todos os índices foram calculados com auxílio do software estatístico PAST (Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis) (Hammer et al., 2001).

A associação entre FMAs, fitonematoides e atributos físicos e químicos do solo foram avaliados através da análise de correlação de Pearson (Figueiredo Filho & Silva Júnior, 2009) e da análise de componentes principais (Moita Neto & Moita, 1998) para cada ano amostrado. Para classificar as áreas quanto à similaridade entre os grupos utilizou-se a análise de cluster. Foi utilizado o método de agrupamento UPGMA e o índice hierárquico de distâncias euclidianas, selecionado pela maior correlação cofenética. Para as análises de correlação e componentes principais foi utilizado o software estatístico R versão 2.15.2 (R Core Team, 2012).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 LEVANTAMENTO ECOLÓGICO

Em todas as áreas foi observada a presença de fitonematoides, tanto no solo como nas raízes para os dois anos de coleta, em 2013 e 2014 (Tabelas 1 e 2). No solo, na primeira coleta, em 2013, foram encontrados os gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus*, *Rotylenchus*, *Rotylenchulus* e *Aphelenchus* (Tabela 1). Na segunda coleta, em 2014, com exceção do gênero *Rotylenchulus*, todos os demais foram observados, acrescidos do gênero *Criconeмоide*. Nas raízes, na primeira coleta foram observados apenas os gêneros *Meloidogyne*, *Pratylenchus*, *Helicotylenchus* e *Rotylenchus* (Tabela 2). Esses gêneros de fitonematoides também foram observados para segunda coleta com adição do gênero *Aphelenchus* apenas na área 2.

Os principais gêneros de fitonematoides causadores de danos na cultura do algodoeiro, *Meloidogyne*, *Pratylenchus* e *Rotylenchulus* foram observados nas avaliações de solo e raízes neste estudo, com variação no número de indivíduos encontrados em cada área avaliada, bem como, nos períodos de amostragem. *Rotylenchulus reniformis* é um dos principais nematoides na cultura do algodoeiro e está presente na maioria das áreas de cultivo de algodão, segundo estudos de Heald & Robinson (1990); Asmus (2004); Asmus & Inomoto (2007); Asmus & Ishimi (2009). Porém, não foi observada a presença do gênero *Rotylenchulus* nas amostras de solo de 80% das áreas, com presença apenas nas áreas 2 e 3 na primeira coleta (2013) (Tabela 1). Nas raízes não foi observada a presença do gênero *Rotylenchulus* em nenhuma das amostras coletadas (Tabela 2). Segundo Asmus & Ishimi (2009), a densidade populacional e a composição da população de *R. reniformis* são influenciadas pela presença de plantas de algodoeiro. No entanto, a baixa densidade populacional ou a ausência desse gênero nas áreas de estudo não seguiu o padrão esperado e indica que houve efeito também de outros fatores, que não a presença do hospedeiro, pois na primeira coleta, em 2013, todas as áreas estavam com a presença da cultura do algodoeiro, e na segunda coleta, em 2014, 30% das áreas também estavam plantadas com a cultura.

Tabela 1. Abundância absoluta (A) e dominância relativa (Dr) de gêneros de nematoides no solo em dez áreas produtoras de algodão no estado de Goiás, amostrados nos anos de 2013 e 2014. Goiânia, 2015

Gêneros de nematoides no solo	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10	
	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr
-----2013-----																				
<i>Meloidogyne</i>	3	1	2	1	65	11	0	0	31	7	231	66	375	68	32	1	0	0	356	34
<i>Pratylenchus</i>	59	16	0	0	13	2	10	4	84	20	67	19	108	20	112	5	680	85	470	44
<i>Helicotylenchus</i>	179	50	121	86	190	31	246	96	311	73	51	15	68	12	2296	94	124	15	236	22
<i>Rotylenchus</i>	107	30	10	7	33	5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Rotylenchulus</i>	0	0	9	6	283	47	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Aphelenchus</i>	11	3	0	0	23	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	357	100	141	100	605	100	256	100	428	100	349	100	551	100	2440	100	805	100	1062	100
-----2014-----																				
<i>Meloidogyne</i>	14	2	11	2	28	1	0	0	47	2	19	11	0	0	28	1	12	16	126	10
<i>Pratylenchus</i>	168	20	84	20	109	5	663	25	492	22	56	33	68	48	49	2	9	13	716	57
<i>Helicotylenchus</i>	635	76	324	76	98	4	1953	75	1654	75	89	52	70	50	1628	71	28	39	357	28
<i>Rotylenchus</i>	5	1	5	1	2163	90	0	0	0	0	7	4	2	2	574	25	16	23	37	3
<i>Aphelenchus</i>	14	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	10	0	0
<i>Criconeoide</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	19	1
Total	835	100	424	100	2398	100	2616	100	2193	100	170	100	140	100	2279	100	72	100	1255	100

Número total de fitonematoides em 100 cm³ de solo. A1 e A2: Silvânia; A3: Palmeiras de Goiás; A4: Ipameri; A5: Cristalina; A6: Luziânia; A7: Acreúna; A8: Turvelândia; A9: Jataí; A10: Matrinchã.

Tabela 2. Abundância absoluta (A) e dominância relativa (Dr) de gêneros de nematoides em raízes em dez áreas produtoras de algodão no estado de Goiás, amostrados nos anos de 2013 e 2014. Goiânia, 2015

Gêneros de nematoides nas raízes	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10	
	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr
-----2013-----																				
<i>Meloidogyne</i>	5	3	0	0	0	0	82	31	0	0	1106	95	140	40	296	77	13	10	245	64
<i>Pratylenchus</i>	159	89	71	97	51	100	113	43	280	99	6	0	191	54	86	23	99	72	75	20
<i>Helicotylenchus</i>	12	7	2	3	0	0	23	9	2	1	49	4	2	1	0	0	13	9	21	6
<i>Rotylenchus</i>	2	1	0	0	0	0	47	18	0	0	6	0	19	5	0	0	13	10	41	11
Total	179	100	73	100	51	100	265	100	281	100	1166	100	351	100	383	100	139	100	382	100
-----2014-----																				
<i>Meloidogyne</i>	112	2	0	0	385	33	2	0	37	1	-	-	0	0	0	0	-	-	285	9
<i>Pratylenchus</i>	3444	67	1115	55	644	56	1213	55	3260	59	-	-	614	98	70	16	-	-	2562	85
<i>Helicotylenchus</i>	1559	30	922	45	68	6	978	45	2196	40	-	-	14	2	81	18	-	-	114	4
<i>Rotylenchus</i>	0	0	0	0	54	5	0	0	0	0	-	-	0	0	298	66	-	-	65	2
<i>Aphelenchus</i>	0	0	5	0,3	0	0	0	0	0	0	-	-	0	0	0	0	-	-	0	0
Total	5003	98	2042	100	765	67	2191	100	5455	99	-	-	628	100	448	100	-	-	2741	91

Número total de fitonematoides em 10 g de raiz. A1 e A2: Silvânia; A3: Palmeiras de Goiás; A4: Ipameri; A5: Cristalina; A6: Luziânia; A7: Acreúna; A8: Turvelândia; A9: Jataí; A10: Matrinchã.

Na primeira coleta, foram observadas maiores abundâncias de *Meloidogyne* no solo nas áreas 6, 7 e 10, com médias de 231, 375 e 356 indivíduos/100 cm³ de solo, respectivamente (Tabela 1). Na segunda coleta, houve redução nestas médias para 19, 0 e 123 indivíduos/100cm³ de solo, respectivamente. Nas raízes, na primeira coleta, a abundância de *Meloidogyne* foi maior nas áreas 6, 8 e 10, com médias de 1.106, 296 e 245 indivíduos/10g de raiz, respectivamente (Tabela 2). Apenas na área 8 a média diminuiu para a segunda avaliação, no qual não foi observada a presença do gênero *Meloidogyne*.

Devido ao hábito de vida dos nematoides de galhas, a população pode ser reduzida com o uso de cultura não hospedeira, cultivares resistentes, nematicidas e até mesmo ausência de culturas na área (Barker & Koenning, 1998). Nas áreas em que a população de *Meloidogyne* reduziu de um ano para outro, o manejo foi baseado, principalmente, com controle químico e rotação de culturas, além disso, o uso de cultivares transgênicas resistentes a insetos podem influenciar na população dos nematoides (Colyer et al., 2000). Nas áreas 6 e 8 foi realizado controle químico com produtos a base de abamectina e imidacloprido + tiodicarbe, em tratamento de sementes. Além disso, na área 6 o algodoeiro é alternado com as culturas de cenoura, cebola e tomate, diferente das áreas 7, 8 e 10, em que a rotação é baseada em soja, milho e algodão. Starr et al. (2007) sumarizam as principais formas de manejo de fitonematoídeos em algodoeiro e afirmam que o uso de nematicidas químicos em tratamento de sementes tem dado proteção inicial em plantas atacadas por fitonematoídeos. Além disso, que o uso de cultivares com potencial de controle destes parasitas também pode ser uma opção de manejo. Portanto, é possível que os manejos utilizados nestas áreas tenham sido os fatores responsáveis pela redução das populações deste nematoídeo.

Os gêneros *Helicotylenchus* e *Pratylenchus* na maioria das áreas foram os que apresentaram maior abundância e dominância relativa nos dois anos de estudo tanto no solo como em raízes de algodoeiro (Tabelas 1 e 2). Para *Pratylenchus*, as médias variaram de 0 a 716 indivíduos/100 cm³ de solo e 6 a 3.444 indivíduos/10 g de raiz. Para *Helicotylenchus* as médias variaram de 28 a 2.296 indivíduos/100 cm³ de solo e 0 a 2.196 indivíduos/10 g de raiz. A dominância relativa em ambas as amostragens também foi maior para estes dois gêneros. O gênero *Helicotylenchus* tem apresentado maior abundância total e dominância frente a outros gêneros em diferentes agroecossistemas e formas de cultivo (Mondino et al., 2009; Arieira, 2012), fato observado também neste estudo, com destaque para as áreas 4 e 8, em que a dominância relativa no solo foi acima de 90% na primeira

coleta. Porém, nas raízes as dominâncias relativas foram baixas, valores abaixo de 45%. O gênero *Helicotylenchus* se adapta bem a condições de cultivos anuais, no entanto, estes nematoides geralmente não estão associados a danos relevantes nas culturas, apesar de apresentarem altas populações nos solos de cultivos anuais como os de soja e algodão (Tomazini et al., 2008; Lopes, 2015). Os nematoides *Helicotylenchus* sp. e *P. brachyurus* são considerados como emergentes, ou seja, com grande potencial de dano na cultura do algodão. Para a cultura da soja o nematoide *P. brachyurus* tem grande importância.

Nas raízes a abundância de *Pratylenchus* foi alta, sendo que, na primeira coleta, variou de 6 a 280 indivíduos/10g de raiz e, na segunda coleta, de 70 a 3.444 indivíduos/10g de raiz (Tabela 2). O gênero *Pratylenchus* apresentou maior abundância e dominância nas raízes de sete das dez áreas estudadas, em que, na primeira coleta, a dominância relativa variou de 0% a 100% e, na segunda coleta, de 16% a 98%. As altas abundâncias de fitonematoides do gênero *Pratylenchus* podem ser explicadas por estes apresentarem características de permanência no solo em condições de estresse hídrico por anidrobiose, além de serem polípagos (Neves et al., 2012).

Pratylenchus no solo aumentou em 70% das áreas entre 2013 e 2014. Nas raízes esse aumento foi de 80% das áreas. Esse aumento pode ser em função do período de coleta, sendo 2013 coletados em período seco e 2014 coletados em período chuvoso. Ainda a redução no solo (áreas 7, 8 e 9), pode ser porque a área 8 foi cultivada com algodão transgênico e a área 9 estava em pousio o que levou a eliminação dos nematoides.

Apesar das altas populações de *Pratylenchus* em diversas regiões no Brasil, existe uma escassez de informações sobre as relações entre o nematoide e o algodoeiro (Silva et al., 2003). Porém, alguns autores relatam que altas populações de *P. brachyurus* não são capazes de afetar a cultura do algodoeiro. Em estudos de campo, populações inferiores a 12.000 nematoides por planta de *P. brachyurus* não causaram danos significativos na produção do algodoeiro. Assim como em experimentos de casa-de-vegetação, também não houve danos ao algodoeiro com até 9.000 nematoides por planta (Inomoto et al., 2001; Machado et al., 2006).

Foram encontradas espécies de cinco diferentes gêneros de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) nas áreas amostradas (Tabela 3). O gênero *Glomus* se destacou por estar presente em todas as áreas nos dois anos de coleta. As espécies do gênero *Glomus* encontradas foram *G. macrocarpum*, *G. ambisporum*, *Glomus* sp. E *G. tortuosum*. Esporos de *Glomus* sp. Não foram observados apenas nas amostras da área 9, na primeira coleta, e

Tabela 3. Abundância absoluta (A) e dominância relativa (Dr) de espécies de fungos micorrízicos arbusculares no solo em dez áreas produtoras de algodão no estado de Goiás, amostradas nos anos de 2013 e 2014. Goiânia, 2015

FMA	A1		A2		A3		A4		A5		A6		A7		A8		A9		A10	
	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr	A	Dr
-----2013-----																				
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	58	23	84	32	23	7	47	19	57	13	15	8	30	15	6	2	25	34	28	13
<i>Glomus marcocarpum</i>	71	28	56	21	103	31	77	32	35	8	61	32	44	22	53	19	5	7	20	9
<i>Glomus ambisporum</i>	58	23	56	21	81	24	88	36	81	18	50	26	61	30	143	53	22	30	37	17
<i>Rhizophagus intrarradices</i>	27	11	17	6	27	8	4	2	20	4	17	9	5	2	5	2	8	11	23	10
<i>Glomus sp.</i>	30	12	37	14	26	8	18	7	28	6	27	15	19	9	11	4	0	0	47	22
<i>Glomus tortuosum</i>	9	3	15	6	22	6	9	4	231	51	17	9	33	16	46	17	14	19	47	22
<i>Cetraspora pellucida</i>	0	0	0	0	50	15	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Racocetra caralbidea</i>	0	0	0	0	3	1	0	0	0	0	0	0	11	5	7	2	0	0	16	7
Total	252	100	264	100	335	100	242	100	456	100	188	100	202	100	270	100	74	100	217	100
-----2014-----																				
<i>Acaulospora scrobiculata</i>	33	24	32	34	10	16	40	24	48	28	37	28	19	18	10	7	19	21	33	26
<i>Acaulospora morrowiae</i>	15	11	12	13	2	3	0	0	12	7	9	7	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Glomus marcocarpum</i>	51	37	30	33	24	41	68	40	30	17	34	25	35	34	40	30	16	18	21	16
<i>Glomus ambisporum</i>	13	10	15	16	13	22	30	17	23	13	20	15	19	18	31	23	29	32	31	24
<i>Rhizophagus intrarradices</i>	0	0	2	2	0	0	5	3	0	0	8	6	5	4	0	0	0	0	0	0
<i>Glomus sp.</i>	22	16	0	0	0	0	11	6	12	7	8	6	3	3	7	5	11	12	14	11
<i>Glomus tortuosum</i>	2	1	1	1	10	16	16	9	46	27	17	13	18	17	47	35	15	17	23	17
<i>Cetraspora pellucida</i>	3	2	1	1	0	0	0	0	3	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Racocetra caralbidea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	6	0	0	0	0	7	6
Total	139	100	92	100	58	100	170	100	174	100	133	100	105	100	133	100	90	100	130	100

Número total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares em 100cm³ de solo. A1 e A2: Silvânia; A3: Palmeiras de Goiás; A4: Ipameri; A5: Cristalina; A6: Luziânia; A7: Acreúna; A8: Turvelândia; A9: Jataí; A10: Matrinchã.

nas áreas 2 e 3, na segunda coleta. De acordo com Van der Heijden et al. (1998), FMAs estão presentes em praticamente todos os ambientes terrestres. Sendo assim, em levantamentos em diversos biomas é recorrente a presença destes organismos. Ferreira et al. (2012) avaliaram a presença de FMAs em solos de cerrado e também constataram presença do gênero *Glomus* na maioria das áreas avaliadas, mostrando grande adaptação destes organismos à ambientes alterados pela ação antrópica.

Os FMAs distribuíram-se uniformemente entre as áreas avaliadas, no entanto, pode-se observar uma leve queda na população na segunda avaliação (2014) (Tabela 3). A variação de um ano para outro pode se dar devido às diferenças de manejo, bem como, perturbações sofridas por cada área em particular. A presença de FMAs no ambiente é regulada por diversos fatores. Segundo Nehl et al. (1998) e Oehl et al. (2010), os FMAs são afetados por alterações das condições do solo, sendo que, isso pode modificar o arranjo e quantidades das espécies de fungo presentes na área. As áreas amostradas no presente estudo apresentam diferentes manejos, apesar de a maior parte ser cultivada com as mesmas espécies vegetais. Visto que os FMAs se mostram vulneráveis as variações do ambiente, isto pode explicar a variação entre os anos de coleta.

Em 60% das áreas foi observada maior abundância e dominância das espécies de fungos *G. macrocarpum* e *G. ambisporum* (Tabela 3). Na primeira coleta, *G. macrocarpum* apresentou os maiores valores de dominância relativa nas áreas 1, 3 e 6, e, na segunda coleta, nas áreas 1, 3, 4, 7 e 8. Enquanto que *G. ambisporum*, na primeira coleta, apresentou maiores dominâncias relativas nas áreas 4, 7 e 8, e, na segunda coleta, na área 9. Não foi observado um padrão de variação na dominância relativa nas espécies de FMAs, no entanto, como estes organismos são sensíveis às variações na região da rizosfera isso pode justificar as mudanças ocorridas de um ano para outro. Os organismos da rizosfera constantemente interagem e são afetados por mudanças no ambiente. O aumento da intensidade do uso do solo pode reduzir a densidade de esporos, assim como a composição da comunidade de FMAs (Sale et al., 2015).

Para fitonematoides houve variação nos valores do índice de dominância de Simpson (Tabela 4). Esta diferença foi observada entre as áreas amostradas, bem como, do primeiro para o segundo ano de avaliação. As áreas 4 e 8 apresentaram os menores índices de dominância em 2013 (0,08 e 0,11, respectivamente). O baixo índice de Simpson mostra que o ambiente apresenta uma ou poucas espécies com elevada população, isto é, existe um desequilíbrio ecológico, como pode ser observado para os gêneros *Pratylenchus* e

Helicotylenchus no primeiro ano de avaliação (Tabela 1).

Tabela 4. Valores do índice de dominância de Simpson, diversidade de Shannon-Wiener e riqueza de Margalef para nematoides e espécies de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) no solo em dez áreas no estado de Goiás, amostrados nos anos de 2013 e 2014. Goiânia, 2015

Localidade	Simpson		Shannon-Wiener		Margalef	
	Nematoides	FMAs	Nematoides	FMAs	Nematoides	FMAs
2013						
1 - Silvânia1	0,63	0,79	1,15	1,64	0,68	0,90
2 - Silvânia2	0,26	0,78	0,55	1,63	0,61	0,90
3 - Palmeiras de Goiás	0,67	0,80	1,32	1,80	0,78	1,20
4 - Ipameri	0,08	0,72	0,17	1,43	0,18	0,91
5 - Cristalina	0,43	0,68	0,77	1,45	0,50	0,98
6 - Luziânia	0,50	0,78	0,87	1,64	0,34	0,96
7 - Acreúna	0,48	0,80	0,84	1,74	0,32	1,13
8 - Turvelândia	0,11	0,65	0,26	1,34	0,26	1,07
9 - Jataí	0,26	0,75	0,43	1,46	0,15	0,93
10 - Matrinchã	0,64	0,82	1,06	1,76	0,29	1,13
2014						
1 - Silvânia1	0,38	0,76	0,70	1,61	0,59	1,22
2 - Silvânia2	0,38	0,73	0,67	1,47	0,50	1,33
3 - Palmeiras de Goiás	0,18	0,72	0,42	1,41	0,39	0,99
4 - Ipameri	0,38	0,74	0,57	1,51	0,13	0,97
5 - Cristalina	0,38	0,80	0,63	1,72	0,26	1,16
6 - Luziânia	0,61	0,82	1,08	1,86	0,58	1,43
7 - Acreúna	0,58	0,79	0,99	1,70	0,61	1,29
8 - Turvelândia	0,43	0,79	0,72	1,64	0,39	1,02
9 - Jataí	0,75	0,78	1,49	1,56	0,93	0,89
10 - Matrinchã	0,59	0,80	1,10	1,70	0,70	1,03

Na primeira coleta, o maior valor do índice de Simpson (0,67) foi observado na área 3, justificado pela presença de seis diferentes gêneros de nematoides (Tabela 4). Na segunda coleta, em 2014, o menor valor de Simpson também foi observado na área 3. Em comparação com a diversidade do ano anterior houve uma redução no número de gêneros e o aumento da população do gênero *Rotylenchus* (Tabela 1), que impulsionou o decréscimo do valor do índice de Simpson na área. Se comparados os valores do índice de Simpson nos anos de coleta, pode-se observar uma variação que pode ocorrer devido a alta atividade de organismos e do uso de diferentes práticas de manejo nas áreas. Figueira et al. (2011) observaram que o manejo e a época de amostragem podem também modificar a

distribuição da população de nematoides.

A dominância de FMAs mostrada pelo índice de Simpson variou entre 0,65 e 0,82 (Tabela 4). Estes valores mostraram que há uniformidade nas populações de FMAs encontradas nas áreas de estudo. Sendo assim, as diferenças no manejo comum como rotação de culturas, plantio direto, uso de irrigação, uso de fertilizantes químicos, além das especificidades das áreas trabalhadas não tiveram influência na dominância dos FMAs. Apesar disso, a rotação de culturas contribui para o aumento do número de esporos e a diversidade de FMAs no Cerrado, segundo Miranda et al. (2005).

Para a diversidade de Shannon-Wiener, houve variação nos valores para fitonematoides nos dois anos de coleta (Tabela 4). Na primeira coleta, na área 3 foi observado a maior diversidade, em contrapartida, na área 4 foi observado o menor índice. Para a segunda avaliação, a área 10 apresentou a maior diversidade de fitonematoides e na área 3 foi observado o menor valor deste índice. O manejo da área aliado às condições de solo e a densidade dos organismos podem modificar a comunidade nematológica do solo de um ano agrícola para o próximo. Este fato pode explicar a flutuação da diversidade de organismos nas diferentes avaliações.

Na primeira coleta, em 2013, a área 3 teve o maior número de espécies de FMAs, oito no total, o que contribuiu para que esta área apresentasse a maior riqueza de espécies mostrada pelo índice de Margalef (Tabela 4). A área 3 destacou-se pela riqueza de espécies, apesar disso, essa riqueza não se repetiu para a segunda coleta. Assis et al. (2014) avaliando a influência do uso do solo sobre as comunidades de FMAs no Cerrado relatam que modificações do ambiente podem modificar a composição da comunidade de FMAs. Sendo assim, é possível que o manuseio das áreas para os cultivos destas áreas possa ter interferido nas riquezas das espécies de FMAs.

Na primeira avaliação, a área 3 apresentou a maior quantidade de gêneros de fitonematoides, bem como o maior número de espécies de FMAs, representados pelo índice de Margalef (Tabela 4). As áreas 4 e 9 apresentaram baixo índice de riqueza para fitonematoides e FMAs. É possível observar, pela avaliação da riqueza de organismos, que os dois organismos apresentam variação semelhante. Isto mostra que os fatores que agem sobre fitonematoides podem estar também influenciando a dinâmica dos FMAs.

4.2 INTERAÇÃO ENTRE FITONEMATOIDES, FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES E ATRIBUTOS DO SOLO

As interações entre comunidades de FMAs e fitonematoides foram avaliadas pelo coeficiente de correlação de Pearson, sendo que, alguns organismos mostraram correlações significativas, tanto de forma positiva quanto negativa (Tabela 5). Para o gênero de fitonematoide *Aphelenchus* e a espécie de FMA *Cetraspora pellucida* foi observada correlação significativa positiva ($r=0,57^{**}$), bem como, entre *Meloidogyne* e *Glomus* sp. ($r=0,42^{**}$). São diversas as relações na rizosfera, dificultando o entendimento dos mecanismos que fazem com que uma população seja influenciada por outra. No entanto, resultados semelhantes foram encontrados por Cofcewicz et al. (2001), que, trabalhando a influência de *G. etunicatum* e *Gigaspora margarita* sobre *M. javanica* em tomateiro, demonstraram maior número de galhas em plantas inoculadas com FMAs e fitonematoides do que em plantas inoculadas apenas com fitonematoides.

Correlação inversa foi observada entre *G. macrocarpum* e *Pratylenchus* ($r=-0,27^{*}$) (Tabela 5). A correlação negativa mostra que o aumento de indivíduos de uma espécie ou gênero pode diminuir a presença de outra. Vos et al. (2012) avaliando a ação de exsudatos de raízes colonizadas por *G. mosseae* sobre *M. incognita* mostraram redução na motilidade e mobilidade dos nematoides. Os autores demonstraram, ainda, que a penetração do nematoide em raízes de plantas de tomate diminui na presença do fungo, porém não foram identificados os mecanismos envolvidos neste processo.

Foram observadas correlações também entre espécies de FMAs. A maior parte das correlações entre as espécies de FMAs foram positivas, no entanto, *G. ambisporum* afetou negativamente o fungo *A. morrowiae* ($r=-0,31^{*}$) (Tabela 5). Foi observada a ocorrência de mais de uma espécie de fungo colonizando raízes da mesma planta, porém Segundo Van der Heijden et al. (1998) a associação simbiótica entre espécies vegetais e micorrizas é regulada pela planta.

Atributos químicos e físicos do solo também podem influenciar a microbiota. A matéria orgânica afetou de forma negativa a população de *Helicotylenchus* sp. ($r=-0,26^{*}$). Já o gênero *Rotylenchulus* apresentou maiores populações quando as porcentagens de silte e argila foram maiores ($r=0,38^{**}$ e $r=0,41^{**}$, respectivamente), porém, a população desse nematoide foi menor quando a porcentagem de areia foi maior ($r=-0,41^{**}$). Palomares-Rius et al. (2015) afirmaram que alguns atributos do solo (textura, pH, areia, argila e K extraível) apresentaram considerável influência nos níveis populacionais de nematoides parasitas de plantas. Neves et al. (2012), em estudo sobre sobrevivência de *P. brachyurus* em diferentes texturas do solo, confirmaram que as características físicas e a umidade do

Tabela 5. Coeficiente de correlação de Pearson para os parâmetros relativos à fitonematoides, fungos micorrízicos arbusculares e atributos do solo em dez áreas de algodão no estado de Goiás. Goiânia, 2015

	Melo	Prat	Heli	Rotyl	Rotc	Aphel	Cric	A.scrob	G.macr	Gamb	R.intr	G.sp	C.pellu	A.morr	G.tortu	R.caralb
Melo	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Prat	0,15	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Heli	-0,11	0,19	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotyl	-0,07	-0,08	-0,08	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Rotc	-0,05	-0,11	-0,06	-0,03	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Aphel	-0,03	-0,13	0,01	-0,05	0,34**	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cric	0,14	0,34**	-0,05	-0,01	-0,03	-0,04	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A.scrob	-0,12	-0,12	-0,02	-0,17	-0,08	-0,15	-0,15	1,00	-	-	-	-	-	-	-	-
G.macr	-0,07	-0,27*	0,08	-0,08	0,32*	0,22	-0,15	0,11	1,00	-	-	-	-	-	-	-
Gamb	0,13	-0,25	-0,12	-0,11	0,16	0,09	-0,11	0,05	0,44**	1,00	-	-	-	-	-	-
R.intr	0,11	-0,13	-0,18	-0,11	0,22	0,16	-0,09	0,06	0,39**	0,21	1,00	-	-	-	-	-
G.sp	0,42**	-0,10	-0,19	-0,15	0,16	-0,06	-0,13	0,38**	0,30*	0,36**	0,40**	1,00	-	-	-	-
C.pellu	0,08	-0,08	-0,07	-0,03	0,21	0,57**	-0,02	-0,04	0,39**	0,23	0,27*	-0,03	1,00	-	-	-
A.morr	-0,10	-0,02	0,09	-0,06	-0,08	0,07	-0,05	0,11	-0,10	-0,31*	-0,24	-0,22	-0,02	1,00	-	-
G.tortu	-0,01	-0,07	0,10	-0,06	-0,02	-0,13	-0,05	0,10	-0,06	0,26*	0,13	0,17	-0,04	-0,06	1,00	-
R.caralb	0,11	0,08	0,09	-0,06	0,01	-0,09	0,16	-0,13	-0,12	-0,01	0,05	-0,06	-0,05	-0,11	0,13	1,00
K	0,10	-0,17	-0,11	-0,08	0,12	0,02	-0,16	0,03	0,16	0,64**	0,22	0,19	0,07	-0,27*	0,07	0,00
P	0,12	-0,09	0,01	-0,08	0,10	0,01	-0,04	0,26*	0,11	0,12	0,20	0,44**	0,08	-0,05	0,09	0,01
MO	0,12	-0,08	-0,26*	-0,13	0,20	0,13	-0,16	0,09	0,22	0,18	0,54**	0,25	0,01	-0,16	-0,11	0,03
pH	-0,14	-0,13	-0,16	-0,04	-0,03	-0,16	-0,01	-0,13	0,16	0,06	-0,18	-0,16	-0,01	0,07	-0,08	-0,20
Arg	-0,14	-0,22	0,15	0,41**	0,14	0,11	0,01	-0,09	-0,14	-0,13	-0,17	-0,35**	0,16	0,25	0,20	-0,17
Sil	-0,16	-0,25	0,13	0,38**	0,19	0,20	0,01	-0,05	-0,11	-0,06	-0,09	-0,29*	0,24	0,22	0,18	-0,21
Are	0,14	0,23	-0,15	-0,41**	-0,15	-0,13	-0,01	0,09	0,14	0,12	0,16	0,34**	-0,18	-0,25	-0,20	0,18

* Significativo ($p \leq 0,05$) e ** Significativo ($p \leq 0,01$)

Aphel: *Aphelenchus*; Cric: *Criconemoides*; Heli: *Helicotylenchus*; Melo: *Meloidogyne*; Prat: *Pratylenchus*; Rotc: *Rotylenchus*; Rotyl: *Rotylenchulus*; A.morr: *Acaulospora morrowiae*; A.scrob: *Acaulospora scrobiculata*; Gamb: *Glomus ambisporum*; R.intr: *Rhizophagus intraradices*; G.macr: *Glomus macrocarpum*; G.sp: *Glomus* sp. G.tortu: *Glomus tortuosum*; R.caralb: *Racocetra caralbidea*; C.pellu: *Cetraspora pellucida*; Are: Teor de Areia; Arg: Teor Argila; Sil: Teor de Silte; MO: Matéria Orgânica; K: Teor de Potássio; P: Teor de fósforo

solo podem influenciar sobremaneira a permanência de fitonematoides no ambiente.

Houve correlação positiva entre teor de potássio e *G. ambisporum* no solo ($r=0,64^{**}$). Ao contrário disso, ainda com potássio foi observada correlação negativa com *A. morrowiae* ($r= -0,27^{**}$). FMAs podem modificar a dinâmica de interação das plantas com alguns nutrientes como nitrogênio, fósforo e potássio (Veresoglou et al., 2011).

Para as variáveis fósforo e *Glomus* sp. a correlação foi positiva ($r=0,44^{**}$). Porém, Yang et al. (2014) afirmam que a aplicação de fósforo diminui a colonização radicular. Ao contrário, Orak & Demir (2011) observaram que a dosagem de fósforo aplicada não afetou as micorrizas. A associação simbiótica entre espécies vegetais e micorrizas é regulada pela planta (Van der Heijden et al., 1998), no entanto, quando o teor de fósforo é alto no ambiente, a associação não é favorecida. Ainda, Vebruggen et al. (2015) observaram correlações significativas entre FMAs e a relação nitrogênio-fósforo em milho. Portanto, é notável que áreas de cultivo agrícola tendam a diminuir a população de FMAs (Carneiro, 2015). Ainda a espécie de *Glomus* sp. foi influenciada de forma negativa por silte e argila ($r= -0,29^*$ e $r= -0,35^{**}$, respectivamente), e positiva para o teor de areia ($r= 0,34^{**}$) (Tabela 5).

Ao se correlacionar o número total de fitonematoides encontrados nas raízes, independentemente do gênero identificado, com a porcentagem de raízes colonizadas por FMAs observou-se uma correlação negativa significativa ($r= -0,46$; $p<0,001$) (Figura 2). Portanto, quanto maior a porcentagem de raiz colonizada, menor o número médio de nematoides.

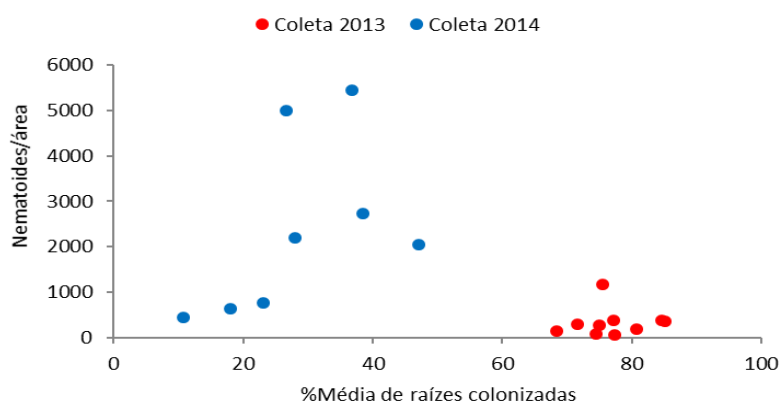


Figura 2. Correlação entre o número médio total de fitonematoides em raiz de algodoeiro (10g de raiz) e a porcentagem média de colonização radicular por fungos micorrízicos arbusculares em dez áreas no estado de Goiás, amostrados nos anos de 2013 (Coleta 1) e 2014 (Coleta 2). Goiânia, 2015

Interações antagonicas entre FMAs e fitonematoides são observadas por outros autores (Cason, 1983; Kotcon, 1985). Em estudo com plantas de tomate Cofcewicz (2001) observou que plantas micorrizadas apresentaram maior sistema radicular com relação às não micorrizadas e que FMAs são potenciais agentes de controle biológico de fitonematoides. Alguacil et al. (2011) constataram a presença de FMAs em galhas de *M. incognita*, sendo que, os FMAs têm potencial de proteção contra organismos oportunistas nocivos. Vos et al. (2011) demonstraram que exsudatos de raízes colonizadas por *G. mosseae* reduzem a motilidade de nematoides de galhas. Os resultados deste estudo corroboram com trabalhos anteriores que mostram o potencial dos FMAs como agentes de controle natural de fitonematoides. No entanto, é um trabalho pioneiro na interação destes organismos em algodão no bioma Cerrado.

Na avaliação de raízes no primeiro ano, a presença de hifas de FMAs foi em média de 80% de colonização, valor considerado alto em plantas de algodoeiro (Figura 3). Diferente do segundo ano de coleta, que apresentou média de colonização radicular de 30%, porém nas áreas 1, 2, 4, 5 e 10 havia o cultivo de soja tardia.

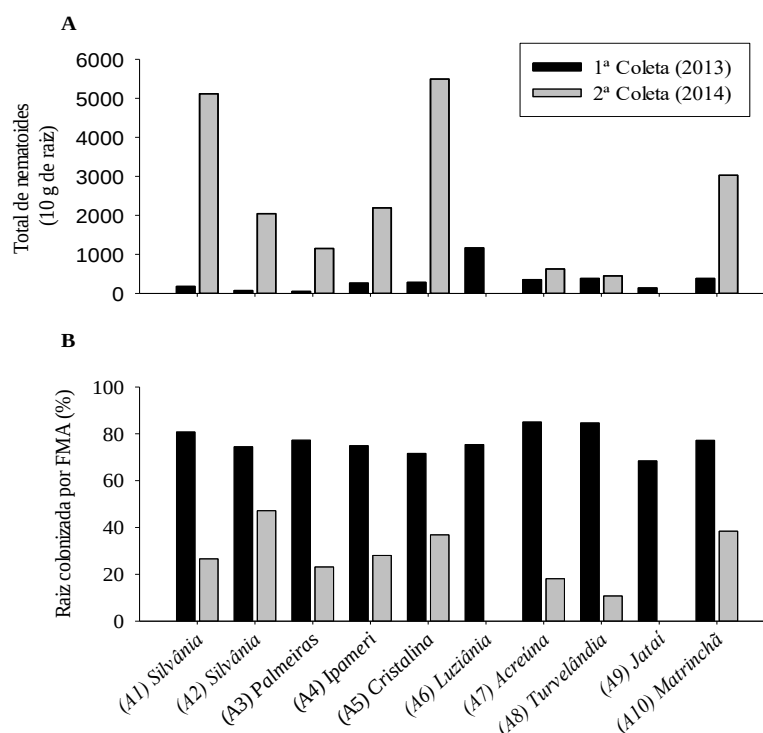


Figura 3. Número total de nematoides em 10 g de raiz (A) e porcentagem de raiz colonizada por hifas de fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) (B), em dez áreas de algodão no estado de Goiás, amostrados em 2013 e 2014. Goiânia, 2015

Em contrapartida, o ataque por nematoide no primeiro ano de avaliação foi

baixo. Sendo que, na segunda coleta foram observadas altas contagens no número total de nematoides, tendo seu máximo acima dos 3.500 indivíduos. Isto mostra que a colonização radicular foi inversamente proporcional ao número de nematoides nas raízes de algodoeiro. As raízes são o habitat natural de ambos os organismos, com isso, podemos observar de maneira direta a competição entre estes organismos.

Em 2013, o número total de nematoides no solo foi maior nas áreas 8, 9 e 10 (Figura 4). Enquanto que, no ano de 2014, esse número total foi aumentado, comparando-se ao ano anterior, para as áreas 3, 4 e 5 e se mantendo alto nas áreas 8 e 10. Nas áreas 3, 4 e 5 pode-se observar uma redução no número total de esporos de FMAs de 2013 para 2014, exatamente nas áreas onde houve aumento no número total de nematoides. Quanto ao número total de FMAs, houve decréscimo para o segundo ano de coleta em todas as áreas, com exceção da área 9.

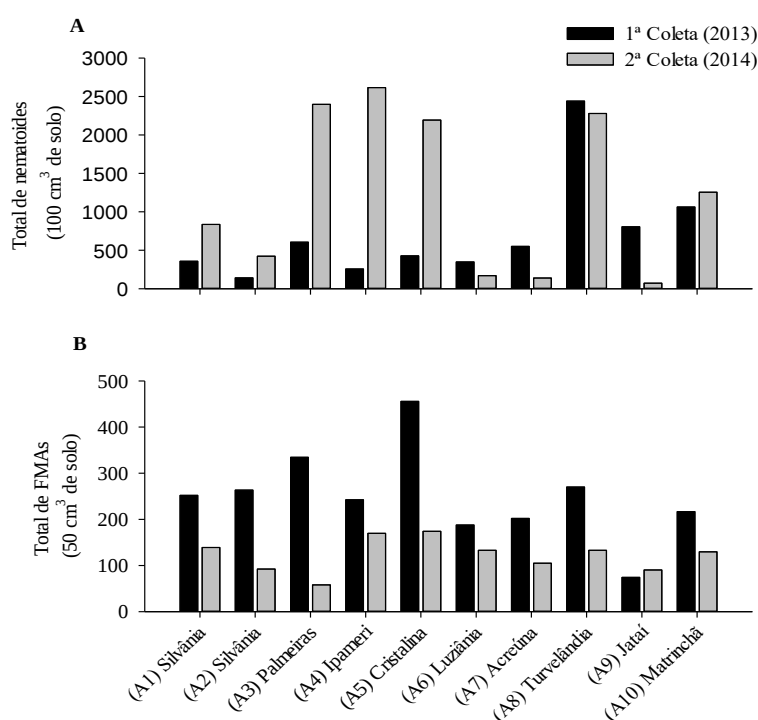


Figura 4. Número total de nematoides em 100 cm³ de solo (A) e número total de esporos de fungos micorrízicos arbusculares (FMA) em 50 cm³ de solo (B), em dez áreas de algodão no estado de Goiás, amostrados em 2013 e 2014. Goiânia, 2015

Na primeira coleta, em 2013, por meio da análise de componentes principais, observou-se que o componente principal 1 concentrou 28,1% da variabilidade contida nas variáveis originais, sendo que silte e argila foram as variáveis

que mais contribuíram, com 13,1 e 13,3%, respectivamente (Figura 5). O componente principal 2 concentrou 20,2% da variabilidade, sendo que as variáveis que mais contribuíram foram *R. intraradices* e *Helicotylenchus*, com 14,9 e 12,8%, respectivamente.

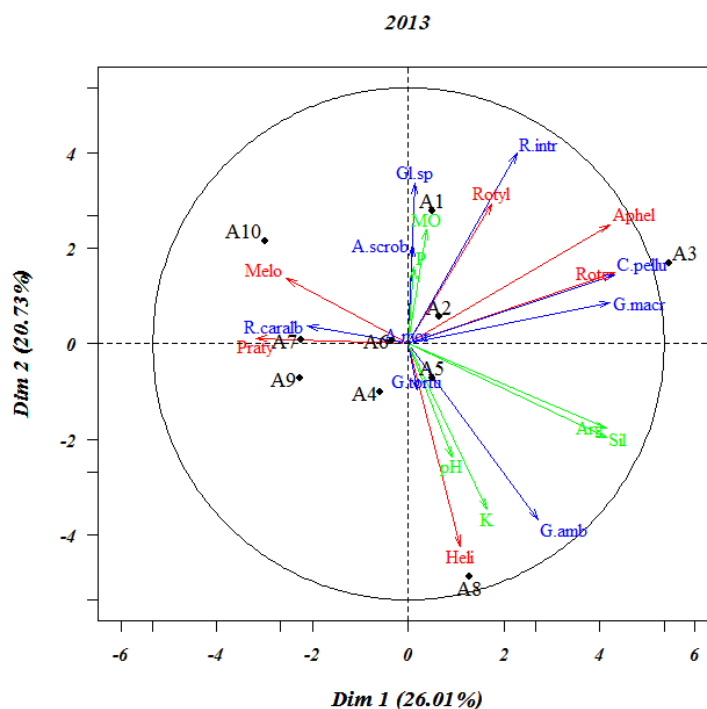


Figura 5. Análise de Componentes Principais (ACP) de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares em dez áreas no estado de Goiás, amostrados no ano de 2013. Aphel: *Aphelenchus*; Cric: *Criconemoide*; Heli: *Helicotylenchus*; Melo: *Meloidogyne*; Prat: *Pratylenchus*; Rotc: *Rotylenchus*; Rotyl: *Rotylenchulus*; A.morr: *Acaulospora morrowiae*; A.scrob: *Acaulospora scrobiculata*; G.amb: *Glomus ambisporum*; R.intr: *Rhizophagus intraradices*, G.macr: *Glomus macrocarpum*; G.sp: *Glomus sp.*; G.tortu: *Glomus tortuosum*; R.caralb: *Racocetra caralbidea*; C.pellu: *Cetraspora pellucida*; Are: Teor de Areia; Arg: Teor Argila; Sil: Teor de Silte; MO: Matéria Orgânica; K: Teor de Potássio; P: Teor de fósforo

A alta densidade do nematoide *Helicotylenchus* foi responsável pelo isolamento da área 8 (Jataí) no terceiro quadrante (Figura 5). O gênero *Helicotylenchus* foi inversamente proporcional ao *R. intraradices*, isto é, quanto maior a quantidade do nematoide menor foi a densidade do FMA. Este gênero de nematoide também foi fortemente influenciado pela matéria orgânica, em que altas populações deste nematoide foram encontradas quando os níveis de MO foram baixos. Porém, os gêneros *Rotylenchus*, *Aphelenchus* e *Rotylenchulus* não foram afetados por *R. intraradices*.

Alguns grupos de nematoides mostram-se antagônicos aos FMAs como relatado por Anjos et al. (2010).

Na segunda coleta, em 2014, foi observado na análise de componentes principais que o componente 1 concentrou 26,2% da variabilidade contida nas variáveis originais, sendo que *Pratylenchus* e *Criconemoide* foram as variáveis que mais contribuíram, com 14,7 e 11,7%, respectivamente (Figura 6). O componente principal 2 concentrou 22,2% da variabilidade, sendo que as variáveis que mais contribuíram foram o gênero de nematoide *Aphelenchus* e o FMA *Acaulospora morrowiae*, com 9,8 e 8,8%, respectivamente.

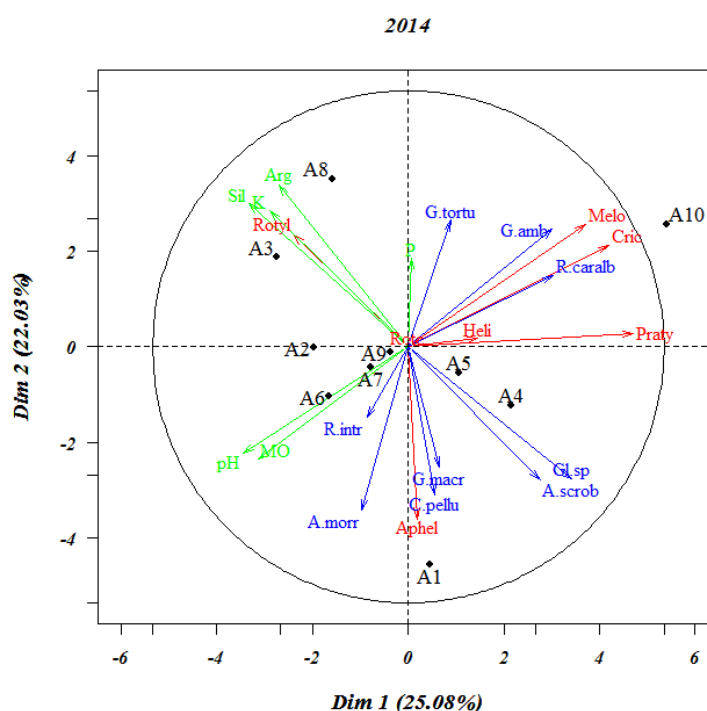


Figura 6. Análise de Componentes Principais (ACP) de nematoides e fungos micorrízicos arbusculares em dez áreas no estado de Goiás, amostrados no ano de 2014. Aphel: *Aphelenchus*; Cric: *Criconemoide*; Heli: *Helicotylenchus*; Melo: *Meloidogyne*; Prat: *Pratylenchus*; Rotc: *Rotylenchus*; Rotyl: *Rotylenchulus*; A.morr: *Acaulospora morrowiae*; A.scrob: *Acaulospora scrobiculata*; G.amb: *Glomus ambisporum*; R.intr: *Rhizophagus intraradices*, G.macr: *Glomus macrocarpum*; G.sp: *Glomus* sp. G.tortu: *Glomus tortuosum*; R.caralb: *Racocetra caralbidea*; C.pellu: *Cetraspora pellucida*; Are: Teor de Areia; Arg: Teor Argila; Sil: Teor de Silte; MO: Matéria Orgânica; K: Teor de Potássio; P: Teor de fósforo

As áreas 3 e 8 foram fortemente influenciadas pelos altos teores de argila, silte e potássio, o que pode ter favorecido as altas populações do gênero *Rotylenchulus*.

Baixas densidades de esporos de *Glomus* sp. e *A. scrobiculata* foram observadas para estas áreas (Figura 6). Na área 10 altas populações de *Criconeoide* e *Meloidogyne* foram observadas, enquanto que baixos teores de matéria orgânica e solos mais ácidos também foram destaques para esta área.

Na análise dos dendrogramas, as áreas foram agrupadas quanto à abundância dos nematoides, fungos micorrízicos arbusculares e características físico-químicas do solo (Figura 7). No ano de 2013 formaram-se três grupos: A8-Turvelândia; A6-Luziânia+ A7-Acreúna+ A3-Palmeiras de Goiás+ A5-Cristalina+ A2-Silvânia2 + A1-Silvânia1 + A4-Ipameri; e A9-Jataí+ A10-Matrinhã. Em 2014 também se formaram três grupos: A3-Palmeiras de Goiás; A10-Matrinhã+ A1-Silvânia1 + A2-Silvânia2 + A7-Acreúna + A6-Luziânia; e A9-Jataí; A8-Turvelândia + A4-Ipameri + A5-Cristalina.

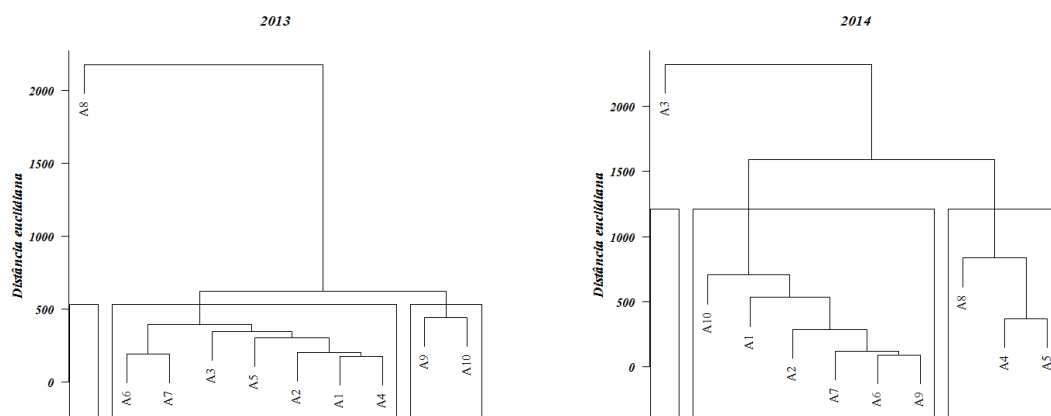


Figura 7. Classificação hierárquica de dez áreas por distância euclidiana (UPGMA) calculados a partir das variáveis “nematoides (100 cm³ de solo)”, “fungos micorrízicos arbusculares (50 cm³ de solo)” e “atributos do solo”, amostrados em 2013 (correlação cofenética=0,9949) e 2014 (correlação cofenética=0,9633).

As áreas com menores números de FMAs totais foram as áreas com maiores números de nematoides totais, principalmente na amostragem realizada em 2014. Fator este que pode ter influenciado significativamente na similaridade das áreas, pois as áreas A8-Turvelândia e A9-Jataí+ A10-Matrinhã, na amostragem em 2013, formaram dois grupos e apresentaram maiores valores de FMAs e menores valores de nematoides. Enquanto que as áreas A3-Palmeiras de Goiás e A8-Turvelândia + A4-Ipameri + A5-Cristalina formaram dois grupos, na amostragem em 2014, estes apresentaram menores valores de FMAs e maiores valores de nematoides. Portanto, nestes grupos é possível

perceber uma relação entre os números totais de FMAs e nematoides.

Os fungos micorrízicos arbusculares e os nematoides são parte da microbiota do solo, sendo que, as avaliações da região rizosférica das plantas de algodão mostraram que estes organismos se correlacionam, podendo também os atributos físicos e químicos do solo ter influências sobre estes organismos. Acredita-se que na cultura do algodoeiro, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) contribuam para que a planta suporte o ataque de fitonematoides. Os resultados deste estudo apontam que as áreas cultivadas com algodão no estado de Goiás com maiores populações de FMAs apresentaram menores números de nematoides no solo e na raiz. Esses resultados são importantes na perspectiva de concretizar o uso de FMAs como agentes de controle biológico, tendo em vista a demanda por produtos não agressivos ao meio ambiente.

As formas pelas quais FMAs interferem na comunidade de fitonematoides ainda precisam ser totalmente elucidadas. Sendo assim, são necessários estudos específicos entre espécies de FMAs com potencial controle de nematoide, como é o caso do gênero *Glomus*. Sugere-se maiores estudos para uma avaliação mais precisa dos reais efeitos destes microrganismos sobre os nematoides e sobre a cultura. A possível competição por sítio de alimentação, a indução de resistência aos nematoides pela ação dos fungos na planta ou mesmo uma ação direta dos FMAs sobre os nematoides são hipóteses a serem testadas. Estudos enzimáticos poderão mostrar de forma efetiva possíveis reações bioquímicas ocorrentes durante esta interação e contribuir sobremaneira para o esclarecimento dos efeitos da ação dos fungos micorrízicos arbusculares sobre fitonematoides.

5 CONCLUSÕES

Fitonematoides e fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) estão presentes nas áreas de cultivo de algodão do estado de Goiás.

O gênero *Helicotylenchus* está presente em todas as áreas amostradas, mas com base em análises radiculares *Pratylenchus* apresenta maior abundância e dominância em 70% das áreas estudadas.

O maior número de espécies de FMAs pertence ao gênero *Glomus*, estando presentes em todas as áreas.

Os maiores teores de fósforo e areia no solo aumentam a população do FMA *Glomus* sp., ao contrário de silte e argila, que diminuem. Além disso, maiores teores de fósforo influenciam positivamente o FMA *Rhizophagus intraradices*.

Argila e silte influenciam de forma positiva os fitonematoides do gênero *Rotylenchulus*, enquanto que maiores teores de areia diminuem a população desse nematoide. Maior porcentagem de matéria orgânica no solo também influencia de forma negativa o gênero de fitonematoide *Helicotylenchus*.

6 REFERÊNCIAS

- ALGUACIL, M. D. M.; TORRECILLAS, E.; LOZANO, Z.; ROLDA, A. Evidence of differences between the communities of arbuscular mycorrhizal fungi colonizing galls and roots of prunus persica infected by the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. **Applied and environmental microbiology**, Washington, v. 77, n. 24, p. 8656–8661, 2011.
- ANGELINI, G. A. R.; LOSS, A.; PEREIRA M. G.; TORRES, J. L. R.; SAGGIN JÚNIOR, O. J. Colonização micorrízica, densidade de esporos e diversidade de fungos micorrízicos arbusculares em solo de Cerrado sob plantio direto e convencional. **Semina: ciências agrárias**, Londrina, v. 33, n. 1, p. 115-130, 2012.
- ANJOS, E. C. T.; CAVALCANTE, U. M. T.; GONÇALVES, D. M. C.; PEDROSA, E. M. R.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Interactions between an Arbuscular Mycorrhizal Fungus (*Scutellospora heterogama*) and the Root-knot Nematode (*Meloidogyne incognita*) on Sweet Passion Fruit (*Passiflora alata*). **Brazilian Archives of Biology and technology**, Curitiba, v. 53, n. 4, p. 801-809, 2010.
- ANJOS, E. C. T.; CAVALCANTE, U. M. T.; SANTOS, V. F.; MAIA, L. C. Produção de mudas de maracujazeiro-doce micorrizadas em solo desinfestado e adubado com fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 345-351, 2005.
- ARIEIRA, G. O. **Diversidade de nematóides em sistemas de culturas e manejo do solo**. Universidade Estadual de Londrina: Londrina, 2012. 98 f.
- ASSIS, P. C. R.; SAGGIN JÚNIOR O. J.; PAULINO, H. B.; STÜRMER, S. L.; SIQUEIRA, J. O.; CARNEIRO, M. A. C. Fungos micorrízicos arbusculares em campos de Murundus após a conversão para sistemas agrícolas no cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1703-1711, 2014.
- ASMUS, G. L. Ocorrência de nematoides fitoparasitos em algodoeiro no estado do Mato Grosso do Sul. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 28, n. 1, p. 77-86, 2004.
- ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A.; GALBIERI, R. Manejo de nematoides. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, v. 2, 2011. p. 639-673.
- ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Manejo de nematóides. In: FREIRE, E. C. (Org.). **Algodão no cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, v. 1, 2007. p. 551-580.
- ASMUS, G. L.; ISHIMI, C. M. Flutuação populacional de *Rotylenchulus reniformis* em solo cultivado com algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 1, p. 51-57, 2009.

BALOTA, E. L.; LOPES, E. S.; HUNGRIA, M.; DÖBEREINER, J. Interações e efeitos fisiológicos de bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares na cultura da mandioca. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 11, p. 1335-1345, 1995.

BARBOSA, P.; VIEIRA, P.; MOTA, M. Dinâmica de nemátodes fitoparasitas e sua relação com alguns parâmetros físico-químicos do solo durante o cultivo de beterraba sacarina. **Revista de Ciências Agrárias**, Lisboa, v. 30, n. 1, p. 535-535, 2007.

BARKER, K. R., KOENNING, S. R. Developing sustainable systems for nematode management. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 36, n. 1, p. 165-205, 1998.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. **O Agronegócio do algodão no Brasil**. Embrapa Informação Tecnológica, Brasília, v. 2, 2008. 309 p.

BOROWICZ, V. A. Do arbuscular mycorrhizal fungi alter plant-pathogen relations? **Ecology**, New York, v. 82, n. 11, 2001.

CAPRONI, A. L. **Fungos micorrízicos arbusculares em áreas reflorestadas remanescentes da mineração de bauxita em Porto Trombetas-PA**. Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro: Seropédica, 2001. p. 186.

CARNEIRO, M. A. C.; FERREIRA, D. A.; SOUZA, E. D.; PAULINO, H. B.; SAGGIN JUNIOR, O. J.; SIQUEIRA, J. O. Arbuscular mycorrhizal fungi in soil aggregates from fields of “murundus” converted to agriculture. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 50, n. 4, p. 313-321, 2015

CARNEIRO, R. M. D. G.; NEVES, D. I.; FALCÃO, R.; PAES, N. S.; CIA, E.; SÁ, M. F. G. Resistência de genótipos de algodoeiro a *Meloidogyne incognita* raça 3: reprodução e histopatologia. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 29, p. 1-10, 2005.

CARNEIRO, M. A. C.; SIQUEIRA, J. O.; CURTI, N.; MOREIRA, F. M. S. Efeitos da inoculação de fungos micorrízicos arbusculares e da aplicação de fósforo no estabelecimento de forrageiras em solo degradado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 9, p. 1669-1677, 1999.

CARVALHO, P. P. **Manual do Algodoeiro**. Instituto de Investigação Científica Tropical: Lisboa, 1996. 282 p.

CASON, T. K. M.; HUSSEY, R. S.; RONCARDI, R. W. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus with *Meloidogyne incognita* on tomato. **Journal of Nematology**, College Park, v. 15, p. 410-417, 1983.

COFCEWICZ, E. T.; MEDEIROS, C. A. B.; CARNEIRO, R. M. D. G.; PIEROBOM, C. R. Interação dos fungos micorrízicos arbusculares *Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita* e o nematoide das galhas *Meloidogyne javanica* em tomateiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 65-70, 2001.

COLYER, P. D.; KIRKPATRICK, T. L.; CALDWELL, W. D.; VERNON, P. R. Root-knot nematode reproduction and root galling severity on related conventional and transgenic

cotton cultivars. **The Journal of Cotton Science**, Memphis, v. 4, p. 232-236, 2000.

COIMBRA, J. L.; CAMPOS, V. P. Efeito de exsudatos de colônias e de filtrados de culturas de actinomicetos na eclosão, motilidade e mortalidade de juvenis do segundo estágio de *Meloidogyne javanica*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 3, p. 232-238, 2005.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos**. Companhia Nacional de Abastecimento: Brasília, n. 9. 2013.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos**. Safra 2013/14. Companhia Nacional de Abastecimento: Brasília, v. 1, n. 11. 2014.

CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: Grãos**. Safra 2014/15. Companhia Nacional de Abastecimento: Brasília, v. 1, n. 7. 2015.

CORDEIRO, M. A. S.; CARNEIRO, M. A. C.; PAULINO, H. B. SAGGIN JUNIOR, O. J. Colonização e densidade de esporos de fungos micorrízicos em dois solos do cerrado sob diferentes sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 35, n. 3, p. 147-153, 2005.

COOLEN, W. A.; D'HERDE, C. J. **A method for the quantitative extraction of plant nematodes from plant tissue**. Ghent: State Ghent: State Nematology and Entomology Research Station, 1972.

COSTA, S. R.; BUENO, M. G. O algodão no Brasil. In: **A saga do algodão: das primeiras lavouras à ação da OMC**. ABRAPA: Rio de Janeiro, 2004. 144 p.

DAMODARAN, P. N.; UDAIYAN, K.; JEE, H. J. Biochemical changes in cotton plants by arbuscular mycorrhizal colonization. **Research in Biotechnology**, Vellore, p. 06-14, 2010.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. S. **Nematoide em soja: Identificação e controle**. Embrapa: Londrina, v. 76, p. 1-8, 2010.(Circular Técnica)

DROZDOWICZ, A. Bactérias do solo. In: **Biologia dos solos do cerrado**. Embrapa-CPAC. Planaltina. 1997. 524 p.

ELSEN, A.; GERVACIO, D.; SWENNEN, R.; WAELE, D. AMF-induced biocontrol against plant parasitic nematodes in *Musa* sp.: a systemic effect. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 18, p. 251–256, 2008.

EMBRAPA. **Cultura do Algodoeiro no Cerrado**. Importância econômica. 2003a. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/index.htm>. Acesso em: 06 jun. 2014.

EMBRAPA. **Cultura do Algodoeiro no Cerrado**. Clima. 2003b. Disponível em <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/clima.htm>. Acesso em: 06 jun. 2014.

- EMMERT, E. A. B.; HANDELSMAN, J. Biocontrol of plant disease: a (Gram-) positive perspective. **FEMS Microbiology Letters**, Amsterdam, v. 171, n. 1, p. 01-09, 1999.
- FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de fitonematoides**, 1 ed., Viçosa, UFV, 2010. 306 p.
- FERREIRA, D. A.; CARNEIRO M. A. C.; JUNIOR, O. J. S. Fungos micorrízicos arbusculares em um latossolo vermelho sob manejos e usos no cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 36, p. 51-61, 2012.
- FERREIRA, E. A. B.; RESCK, D. V. S.; FOMES, A. C.; RAMOS, M. L. G. Dinâmica do carbono da biomassa microbiana em cinco épocas do ano em diferentes sistemas de manejo do solo no Cerrado. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa, v. 31, p. 1625-1635, 2007.
- FIGUEIREDO FILHO, D. B.; SILVA JÚNIOR, J. A. Desvendando os Mistérios do Coeficiente de Correlação de Pearson (r). **Revista Política Hoje**, Recife, v. 18, n. 1, 2009.
- FIGUEIRA, A. F.; BERBARA, R. L. L.; PIMENTEL, J. P. Estrutura da população de nematoides do solo em uma unidade de produção agroecológica no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 33, n. 2, p. 223-229, 2011.
- FRANZINI, V. I.; AZCON, R.; MENDES F. L.; AROCA, R. Interactions between *Glomus species* and *Rhizobium* strains affect the nutritional physiology of drought-stressed legume hosts. **Journal of Plant Physiology**, Jena, v. 167, 2010.
- FREIRE, E. C. Historia do algodão no cerrado. In: **Algodão no cerrado do Brasil**. Color. Brasília. 2007. 918 p.
- GERDEMANN, J. W.; NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction of the British Mycological Society**, London, v. 46, p. 235-244, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v. 84, p. 489-500, 1980.
- GOMES, C. B.; CARVALHO, F. L. C.; CASAGRANDE JÚNIOR, J. G.; RADMANN, E. B. Avaliação do potencial de coberturas verdes e de sistemas de rotações de cultura na supressão do nematoide anelado (*Mesocriconema xenoplax*) em pré-plantio ao pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, p. 74-81, 2010.
- GONZAGA, V. **Caracterização morfológica, morfométrica e multiplicação in vitro das seis espécies mais comuns de *Pratylenchus* Filipjev, 1936 que ocorrem no Brasil**. 2006. 79 f. Tese (Doutorado em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.
- GRIFFIN, G. D. Importance of soil texture to the pathogenicity of plant-parasitic nematodes on rangeland grasses. **Nematropica**, Bradenton, v. 26, n. 1, p. 27-37, 1996.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. **Palaeontologia Electronica**, College Station, v. 4, n. 1, p. 4-9, 2001.

HEALD, C. M.; ROBINSON, A. F. Survey of current distribution of *Rotylenchulus reniformis* in the United States. **Journal of Nematology**, College Park, v. 22, p. 695-699, 1990.

HIGAKI, W. A. **Bacillus subtilis e abamectina no controle de *Rotylenchulus reniformis* e *Pratylenchus brachyurus* e alterações fisiológicas em algodoeiro em condições controladas**. 2012. 44 p. Dissertação (mestrado em Agronomia). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2012.

HUJSLOVÁ, M.; KUBÁTOVÁ, A.; KOSTOVČÍK, M.; BLANCHETTE, R. A.; BEER, Z. W. DE; CHUDÍČKOVÁ, M.; KOLAŘÍK, M. Three new genera of fungi from extremely acidic soils. **Mycol Progress**, Heidelberg, v. 13, p. 819–831, 2014.

IAMAMOTO, M. M. **Doenças foliares do algodoeiro**. Jaboticabal, Funep, 2003.

ICAC. International Cotton Advisory Committee. **Produção Mundial de Algodão**. Washington: IACA, 2013. Disponível em: <[http:// https://www.icac.org/Home?lang=es-ES](http://https://www.icac.org/Home?lang=es-ES)> Acesso em: 14 de jul 2013.

INOMOTO, M. M.; GOULART, A. M. C.; MACHADO, A. C. Z.; BELUTI, D. B.; SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S. Avaliação de danos causados por *Pratylenchus brachyurus* em algodoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, n. 1, 2006.

INOMOTO, M. M.; GOULART, A. M. C.; MACHADO, A. C. Z.; MONTEIRO, A. R. Effect of population densities of *Pratylenchus brachyurus* on the growth of cotton plants. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 192-196, 2001.

JAIZME-VEJA, M. C.; TENOURY, P.; PINOCHET, J.; JAUMO, M. Interactions the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* and *Glomus mosseae* in banana. **Plant Soil**, The Hague, v. 196, p. 27-35, 1997.

JOHNSON, D.; VANDENKOORNHUYSE, P. J.; LEAKE, J. R.; GILBERT, L.; BOOTH, R. E.; GRIME, J. P.; YOUNG, J. P. W.; READ, D. J. Plant communities affect arbuscular mycorrhizal fungal diversity and community composition in grassland microcosms. **New Phytologist**, Cambridge, v. 161, p. 503-515, 2003.

KNAPP, E. B.; ELLIOTT, L. F.; CAMPBELL, G. S. Microbial respiration and growth during the decomposition of wheat straw. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 15, n. 3, p. 319-323, 1983.

KOSKE, R. E.; GEMMA, J. N. Arbuscular mycorrhizal fungi in hawaiian sand dunes: Island of Kaua'i. **Pacific Science**, Honolulu, v. 50, n. 1, p. 36-45, 1996.

KOTCON, B.; BIRD, G. W.; ROSE, L. M.; DIMOFF, K. Influence of *Glomus fasciculatum*

and *Meloidogyne hapla* on *Allium cepa* in organic soils. **Journal of Nematology**, College Park, v. 17, p. 55-60, 1985.

KUBO, R. K.; MACHADO, A. C. Z.; OLIVEIRA, C. M. G. Efeito do tratamento de sementes no controle de *Rotylenchulus reniformis* em dois cultivares de algodão. **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 79, n. 2, p. 239-245, 2012.

LIU, R.; DAI, M.; W, X.; LIU, X. Suppression of the root-knot nematode [*Meloidogyne incognita* (Kofoed & White) Chitwood] on tomato by dual inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and plantgrowth-promoting rhizobacteria. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 22, p. 289-296, 2012.

LOPES, C. M. L. **Populações de nematoides fitoparasitas em áreas de cultivo de soja, algodão, café e de vegetação nativa do Cerrado na região Oeste da Bahia**. Universidade de Brasília, Brasília, 2015. 70 p.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides de plantas cultivadas**. 9ª ed. São Paulo. Nobel. 1992. 356 p.

MACHADO, A. C. Z.; BELUTI, D. B.; SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; INOMOTO, M. M. Avaliação de danos causados por *Pratylenchus brachyurus* em algodoeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 31, p. 011-016, 2006.

MARGALEF, R. **Perspectives in ecological theory**. Chicago:University of Chicago Press, 1975.

MC GEE, P. A.; TORRISI, V.; PATTINSON, G. S. The relationship between density of *Glomus mosseae* propagules and the initiation and spread of arbuscular mycorrhizas in cotton roots. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 9, p. 221-225, 1999.

MEKETE, T.; DABABAT, A.; SEKORA, N.; AKYAZI, F.; ABEBE E. Identification key for agriculturally important plant-parasitic nematodes prepared for the International Nematode Diagnosis and Identification Course. In: **Manual For Nematology**. Distrito Federal do Mexico. CIMMYT. 2012.

MIRANDA, J. C. C.; MIRANDA, L. N. **Contribuição da micorriza arbuscular para a produtividade e sustentabilidade nos sistemas de produção com plantio direto e convencional no Cerrado**. Embrapa: Planaltina, v. 134, p. 1-6, 2007. (Circular Técnica)

MIRANDA, J. C. C.; VILELA, L.; MIRANDA, L. N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 40, n. 10, p. 1005-1014, 2005.

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

MOITA NETO, J. M.; MOITA, G. C. Uma introdução à análise exploratória de dados

multivariados. **Química Nova**, Teresina, v. 2, n. 4, p. 467-469, 1998.

MORTON, J. B. **Evolution of fungi in glomales**. Disponível em: <http://invam.wvu.edu/>
Acesso em: 05 jun. 2014.

NEHL, D. B.; ALLEN S. J.; SLOW J. F. B. Arbuscular mycorrhizal colonisation of field-grown cotton caused by environmental conditions in the soil. **Mycorrhiza**, Berlin, v. 8, p. 159-167, 1998.

NEVES, D. L.; RIBEIRO, L. M.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; CAMPOS, H. D.; RIBEIRO, G. C. Sobrevivência de *Pratylenchus brachyurus* em diferentes substratos, com baixo teor de umidade. **Nematropica**, Bradenton, v. 42, n. 2, p. 211-217, 2012.

NÓBREGA, J. C. A.; LIMA, J. M.; CURI, N.; SIQUEIRA, J. O.; MOTTA, P. E. F. Fosfato e micorriza na estabilidade de agregados em amostras de latossolos cultivados e não-cultivados. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 11, p. 1425-1435, 2001.

NUNES, H. T. **Agentes microbianos no controle de nematóides e fungos fitopatogênicos de soja e sua compatibilidade com agroquímicos**. 2009. 77 p. Tese (Doutorado em Microbiologia Agropecuária)- Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias Maringá, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

ODUM, E. P. **Ecologia**, São Paulo, Guanabara, 1988.

OEHL, F.; LACZKO, E.; BOGENRIEDER, A.; STAHR, K.; BÖSCH, R.; VAN DER HEIJDEN, M.; SIEVERDING, E. Soil type and land use intensity determine the composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 42, p. 724-738, 2010.

ORAK, A. B.; DEMIR, S. Effects of arbuscular mycorrhizal fungus and different phosphorus doses against cotton wilt caused *Verticillium dahlia* Kleb. **Plant Pathology Journal**, Faisalabad, v. 10, p. 108-114, 2011.

PAIVA, F. A.; ASMUS, G. L.; ARAUJO, A. E. Doenças. In: Embrapa Agropecuária Oeste (Dourados, MS). **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados, 2001. Cap. 13; p. 245-267.

PALOMARES-RIUS, J. E.; CASTILLO, P.; MONTES-BORREGO, M.; NAVAS-CORTÉS, J. A.; LANDA, B. B. Soil properties and olive cultivar determine the structure and diversity of plant-parasitic nematode communities infesting olive orchards soils in Southern Spain. **PLoS ONE**, San Francisco, v. 10, n. 1, 2015.

PEREIRA, M. G. **Interações entre fungos micorrízicos arbusculares (FMA), rizóbio e actinomicetos na rizosfera de soja**. 2011. 115 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do Solo) – Departamento de Agronomia, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2011.

PIMENTEL, M. S.; PEIXOTO, A. R.; PAZ, C. D. Potencial de controle biológico de *Meloidoyne* utilizando fungos nematófagos e bactérias em cafeeiros. **Coffee Science**,

Lavras, v. 4, n. 1 p. 84-92, 2009.

REIS, V. M.; ANDRADE, G.; FARIA, S. M; SILVEIRA, A.P.D. Interações de fungos micorrízicos arbusculares com outros microrganismos do solo. In: **Micorríza: 30 anos de pesquisas no Brasil**. UFLA. Lavras. 2010.

R Core Team. 2012. **R: a language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 26 dez 2014.

RICHETTI, A.; MELO FILHO, G. A. Aspectos socioeconômicos do algodoeiro herbáceo. In: **Algodão: informações técnicas**. EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. Dourados: EMBRAPA-CPAO. 1998. p.11-25.

RILLIG, M. C.; WRIGHT, S. F.; NICHOLS, K. A.; SCHMIDT, W. F.; TORN, M. S. Large contribution of arbuscular mycorrhizal fungi to soil carbon pools in tropical forest soils. **Planta and Soil**, The Hague, v. 233, p. 167-177, 2001.

ROCHA, M. R.; CARVALHO, Y.; CORRÊA, G. C.; CATTINI, G. P.; RAGAGNIN, O. Efeito da textura do solo sobre população de *Heterodera glycines*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 30, n. 1, p. 11-15, 2006.

SALA, V. M. R.; FREITAS, S. S.; SILVEIRA, A. P. D. Interação entre fungos micorrízicos arbusculares e bactérias diazotróficas em trigo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 42, n. 11, p. 1593-1600, 2007.

SALE, V. P. A.; LACZKO, E.; MADER, P.; BERNER, A.; ZIHLMANN, U.; VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; OEHL, F. Impact of conservation tillage and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 84 p. 38-52, 2015.

SANTOS, W. J. Manejo das pragas do algodão com destaque para o cerrado brasileiro. In: **Algodão no cerrado do Brasil**. Color. Brasília. 2007, 918 p.

SIDDIQUI, Z. A.; IQBAL, A.; MAHMOOD, I. Effects of *Pseudomonas fluorescens* and fertilizers on the reproduction of *Meloidogyne incognita* and growth of tomato. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 16, n. 2, p. 179-185, 2001.

SILVA, R. A.; SERRANO, M. A. S.; GOMES, A. C.; BORGES, D. C.; SOUZA A. A.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. Ocorrência de *Pratylenchus brachyurus* e *Meloidogyne incognita* na cultura do algodoeiro no estado do Mato Grosso. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 29, n. 3, p. 337, 2003.

SIMPSON, E. H. Measurement of diversity. **Nature**, London, v. 163, p. 668, 1949.

SIQUEIRA, K. M. S.; TORRES, G. R. C.; PEDROSA, E. M. R.; MOURA, R. M. Eclosão de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. mayaguensis* em lixiviados de caupi associado a *Glomus etunicatum* e *Bradyrhizobium* sp. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, p. 259-262, 2004.

SMITH, S. E.; READ, D. J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2ª ed. New York: Academic Press, 1997. 605 p.

SOARES, P. L. M. **Estudo do controle biológico de fitonematóides com fungos nematófagos**. 2006. Tese (Doutorado em Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2006.

SOUSA, C. S.; MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; OEHL, F.; MAIA, L. C.; LIMA, F. S. Occurrence of arbuscular mycorrhizal fungi after organic fertilization in maize, cowpea and cotton intercropping systems. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 34, n. 2 p. 149-156, 2012.

SOUZA, F. A.; STÜMER, S. L.; CARRENHO, R.; TRUFEM, S. F. B. **Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil**. In: SIQUEIRA, J. O.; SOUZA, F. A.; CARDOSO, E. J. B. N.; TSAI, S. M. (Ed.). **Micorrizas: 30 anos de pesquisas no Brasil**. Lavras: Editora UFLA, 2010. p. 15-73.

STARR, J. L.; KOENNING, S. R.; KIRKPATRICK, T. L.; ROBINSON, A. F.; ROBERTS, P. A.; NICHOLS, R. L. The Future of nematode management in cotton. **Journal of Nematology**, College Park, v. 39, n. 4, p. 283-294, 2007.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, 2007. 918 p.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M.; CHITARRA, L. G. Manejo de doenças do algodoeiro. In: **O agronegócio do algodão no Brasil**. Embrapa, Brasília, 2008.

TOMAZINI, M. D.; FERRAZ, L. C. C. B.; MONTEIRO, A. R. Abundância e diversidade de nematóides em áreas contíguas de vegetação natural e submetidas a diferentes tipos de uso agrícola. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 32, n. 3, p. 185-193, 2008.

VAAST, P.; CASWELL-CHEN, E. P.; ZASOSKI, R. J. Influences of a root-lesion nematode, *Pratylenchus coffeae*, and two arbuscular mycorrhizal fungi, *Acaulospora mellea* and *Glomus clarum* on coffee (*Coffea Arabica* L.) Biological Fert. **Soils**, v. 26, p. 130-135, 1998.

VAN DER HEIJDEN, M. G. A.; KLIRONOMOS, J. N.; URSIC, M.; MOUTOGLIS, P.; STREITWOLF-ENGEL, R.; BOLLER, T.; WIEMKEN, A.; SANDERS, I. R. Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. **Nature**, London, v. 396, p. 69-72, 1998.

VERBRUGGEN, E.; XIANG, D.; CHEN, B.; XU, T.; RILLIG, M. C. Mycorrhizal fungi associated with high soil N:P ratios are more likely to be lost upon conversion from grasslands to arable agriculture. **Soil Biology & Biochemistry**, Oxford, v. 86, p. 1-4, 2015.

VERESOGLOU, S. D.; RILLIG, M. C. Suppression of fungal and nematode plant

pathogens through arbuscular mycorrhizal fungi. **Biology letters**, Berlin, v. 8, p. 214–217, 2011.

VILELA, L. A. F.; JÚNIOR, O. J. S.; PAULINO, H. B.; SIQUEIRA, J. O. SANTOS, V. L. S.; CARNEIRO, M. A. C. Arbuscular mycorrhizal fungus in microbial activity and aggregation of a cerrado oxisol in crop sequence. **Ciências Agrotécnicas**, Lavras, v. 38, n. 1, p. 34-42, 2014.

VOS, C.; CLAERHOUT, S.; MKANDAWIRE, R.; PANIS, B.; WAELE, D. D.; ELSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi reduce root-knot nematode penetration through altered root exudation of their host. **Plant Soil**, The Hague, v. 354, p. 335–34, 2011.

VOS, C. M.; TESFAHUN, A. N.; PANIS, B.; WAELE, D.; ELSEN, A. Arbuscular mycorrhizal fungi induce systemic resistance in tomato against the sedentary nematode *Meloidogyne incognita* and the migratory nematode *Pratylenchus penetrans*. **Applied Soil Ecology**, Philadelphia, v. 61, p. 1–6, 2012.

YANG, G.; LIU, N.; LU, W.; WANG, S.; KAN, H.; ZHANG, Y.; XU, L.; CHEN, Y. The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and soil phosphorus availability influences plant community productivity and ecosystem stability. **Journal of Ecology**, Oxford, v. 102, p. 1072-1082, 2014.

ZHANG, G.; RAZA, W.; WANG, X.; RAN, W.; SHEN, Q. Systemic modification of cotton root exudates induced by arbuscular mycorrhizal fungi and *Bacillus vallismortis* HJ-5 and their effects on *Verticillium* wilt disease. **Applied Soil Ecology**, Philadelphia, v. 61, p. 85–91, 2012.