

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA  
INSTITUTO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

LUCIANA NUNES GONTIJO

Reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão radicular

UBERLÂNDIA – MG

2023

LUCIANA NUNES GONTIJO

Reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão radicular

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Amelia dos Santos

UBERLÂNDIA – MG

2023

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
Sistema de Bibliotecas da UFU, MG, Brasil.

---

G641r  
2023      Gontijo, Luciana Nunes, 1988-  
Reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão  
radicular [recurso eletrônico] / Luciana Nunes Gontijo. - 2023.

Orientador: Fernando Cezar Juliatti.

Coorientadora: Maria Amelia dos Santos.

Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Uberlândia, Programa  
de Pós-Graduação em Agronomia.

Modo de acesso: Internet.

Disponível em: <http://doi.org/10.14393/ufu.te.2023.7051>

Inclui bibliografia.

1. Agronomia. I. Juliatti, Fernando Cezar, 1957-, (Orient.). II.  
Santos, Maria Amelia dos, 1964, (Coorient.). III. Universidade Federal  
de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em Agronomia. IV. Título.

---

CDU: 631

Glória Aparecida  
Bibliotecária Documentalista - CRB-6/2047

LUCIANA NUNES GONTIJO

Reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão radicular

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia como requisito para obtenção do título Doutora em Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

Coorientadora: Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Amélia dos Santos

APROVADO em 06 de julho, 2023.

Banca Examinadora:

---

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki - UFU

---

Dra. Lara Caroline Borges Moreira Mota - UFU

---

Prof.<sup>a</sup> Dra. Juliana Araújo Santos Martins - IFTM

---

Prof. Dr. Ernesto José Resende Rodrigues - IFTM





## UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Secretaria da Coordenação do Programa de Pós-Graduação em  
Agronomia

Rodovia BR 050, Km 78, Bloco 1CCG, Sala 206 - Bairro Glória, Uberlândia-MG, CEP 38400-902  
Telefone: (34) 2512-6715/6716 - www.ppgagro.iciag.ufu.br - posagro@ufu.br



### ATA DE DEFESA - PÓS-GRADUAÇÃO

Programa de Pós-Graduação em:	Agronomia				
Defesa de:	Tese, 006/2023, PPGAGRO				
Data:	Seis de julho de dois mil e vinte e três	Hora de início:	09:20	Hora de encerramento:	11:00
Matrícula do Discente:	11913AGR006				
Nome do Discente:	Luciana Nunes Gontijo				
Título do Trabalho:	Reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão radicular				
Área de concentração:	Produção Vegetal				
Linha de pesquisa:	Controle e Manejo Integrado de Doenças				

Reuniu-se na Sala 107, Bloco 2E, Campus Umuarama da Universidade Federal de Uberlândia, a Banca Examinadora, designada pelo Colegiado do Programa de Pós-graduação em Agronomia, assim composta: Professores Doutores: Osvaldo Toshiyuki Hamawaki - UFU; Juliana Araújo Santos Martins - IFTM; Ernesto José Resende Rodrigues - IFTM; Fernando Cezar Juliatti - UFU orientador(a) do(a) candidato(a) e Doutora Lara Caroline Borges Moreira Mota - UFU.

Iniciando os trabalhos o(a) presidente da mesa, Dr. Fernando Cezar Juliatti, apresentou a Comissão Examinadora e o candidato(a), agradeceu a presença do público, e concedeu ao Discente a palavra para a exposição do seu trabalho. A duração da apresentação do Discente e o tempo de arguição e resposta foram conforme as normas do Programa.

A seguir o senhor(a) presidente concedeu a palavra, pela ordem sucessivamente, aos(às) examinadores(as), que passaram a arguir o(a) candidato(a). Ultimada a arguição, que se desenvolveu dentro dos termos regimentais, a Banca, em sessão secreta, atribuiu o resultado final, considerando o(a) candidato(a):

Aprovado(a).

Esta defesa faz parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor.

O competente diploma será expedido após cumprimento dos demais requisitos, conforme as normas do Programa, a legislação pertinente e a regulamentação interna da UFU.

Nada mais havendo a tratar foram encerrados os trabalhos. Foi lavrada a presente ata que após lida e achada conforme foi assinada pela Banca Examinadora.



Documento assinado eletronicamente por **Fernando Cezar Juliatti, Usuário Externo**, em 06/07/2023, às 11:26, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Lara Caroline Borges Moreira Mota, Técnico(a) de Laboratório**, em 06/07/2023, às 11:29, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **ERNESTO JOSÉ RESENDE RODRIGUES, Usuário Externo**, em 06/07/2023, às 12:07, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **JULIANA ARAÚJO SANTOS MARTINS, Usuário Externo**, em 06/07/2023, às 15:34, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



Documento assinado eletronicamente por **Oswaldo Toshiyuki Hamawaki, Usuário Externo**, em 07/07/2023, às 13:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 6º, § 1º, do [Decreto nº 8.539, de 8 de outubro de 2015](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site [https://www.sei.ufu.br/sei/controlador\\_externo.php?acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://www.sei.ufu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **4623702** e o código CRC **0E1813AE**.

“Disciplina para acordar focado toda manhã, perseverança através dos anos  
e disposição para sacrificar algumas coisas  
em troca de um objetivo maior.”

Adaptado de Figueiredo, A. (Meb Keflezighi)

COM AMOR,

*DEDICO*

*Aos meus pais Nivaldo Faria Gontijo e*

*Sirene Nunes Muniz Gontijo (in memoriam)*

*OFEREÇO*

*Ao meu pequeno Samuel R. Gontijo que  
chegou para iluminar e alegrar os meus dias.*

## AGRADECIMENTOS

A DEUS.

À Universidade Federal de Uberlândia (UFU) pela oportunidade de realização do Doutorado.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudo durante o doutorado.

Ao meu orientador Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti e à professora co-orientadora Prof.<sup>a</sup> Dra. Maria Amélia dos Santos pela orientação e ensinamentos durante este período.

Ao técnico Aires Ney Gonçalves de Souza por ter me ensinado as técnicas utilizadas no processamento das amostras.

Ao técnico Guilherme Nunes Moreira Costa por solucionar as minhas dúvidas durante as análises nematológicas.

À Laís Mendonça Salamanca por doar os inóculos de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* e ao Daniel Bonifácio Oliveira Cardoso por doar o inóculo de *Pratylenchus brachyurus* para realização desse trabalho.

Aos membros da banca, pela disponibilidade e sugestões apresentadas.

Aos meus amigos Maria Clara Resende Ponce, Rosana Aline Ribeiro Mota, Sara Camargos Belchior e a Mara Lúcia Martins Magela, pela ajuda na montagem e condução dos experimentos, coleta e processamentos das amostras.

Entre os amigos, gostaria de dar uma ênfase especial, para os meus irmãos de graduação e pós-graduação que ao longo dos anos me renderam algumas das melhores histórias da vida, Thays Vieira Bueno, Mara Lúcia Martins Magela, Rafael Resende Finzi, Raíssa Camargo de Oliveira, Lara Caroline Borges Moreira Mota.

Ao meu esposo Pedro Ricardo Corrêa Souza, pela paciência e compreensão.

Ao meu pai Nivaldo F. Gontijo e minha irmã Letícia N. Gontijo por me apoiarem e a incentivar a sempre lutar por aquilo que acredito.

À todos que direta ou indiretamente, contribuíram para a execução deste trabalho e que embora não citados aqui deixo meu agradecimento.

Muito Obrigada!

## RESUMO

GONTIJO, LUCIANA NUNES. Reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão radicular. 2023. 108f. Tese (Doutorado em Produção Vegetal), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2023<sup>1</sup>.

A infestação de áreas com fitonematoides é um dos principais fatores limitantes ao desenvolvimento da sojicultura brasileira. Os nematoides causam sérios danos e perdas nas lavouras por afetarem o crescimento das plantas, reduzindo o seu desenvolvimento e por comprometerem a produtividade. Nesse contexto, o objetivo do presente estudo foi avaliar o desenvolvimento vegetativo e a reação de genótipos de soja do programa de germoplasma, desenvolvido pelo Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia, sobre as populações de *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Pratylenchus brachyurus*. Para tanto, foram montados para cada espécie dois experimentos. Para o isolado de *Meloidogyne incognita* constatou-se que todos os genótipos apresentaram suscetibilidade ao nematoide. Para os experimentos com *M. javanica* os genótipos UFUL 172 e UFUL 592 obtiveram bom desempenho. Já para o isolado de *Pratylenchus brachyurus*, nos dois experimentos, nenhum genótipo comportou-se como resistente. Porém, os genótipos UFUL 246 e UFUL 298 apresentaram maior desenvolvimento vegetativo. Os resultados obtidos evidenciam a importância de estudos com novos materiais a fim de encontrar aqueles que apresentem resistência a esses microrganismos.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; *Meloidogyne incognita*; *Meloidogyne javanica*; *Pratylenchus brachyurus*; melhoramento genético.

---

<sup>1</sup>Comitê Orientador: Fernando Cezar Juliatti – UFU (Orientador) e Maria Amelia dos Santos – UFU (Co-orientadora).

## ABSTRACT

GONTIJO, LUCIANA NUNES. Reaction of soybean genotypes to root-knot nematode and root lesion. 2023. 108f. Thesis (Doctorate in Plant production), Federal University of Uberlândia, Uberlândia, 2023<sup>1</sup>.

The infestation of areas with phytonematodes is one of the main factors limiting the development of Brazilian soybeans farming. Studies have shown that nematodes cause serious damage and losses to crops by affecting plant growth, reducing their development and compromising productivity. In this context, the objective of the present study was to evaluate the vegetative development and the reaction of soybean genotypes from the germplasm program developed by the Laboratory of Mycology and Plant Protection at the Federal University of Uberlândia, on root-knot nematode and root lesion populations. For this purpose, two experiments were set up for each species. For the *Meloidogyne incognita* isolate, it was found that all genotypes were susceptible to the nematode. For the experiments with *M. javanica*, the genotypes UFUL 172 and UFUL 592 performed well. For the *Pratylenchus brachyurus* isolate, in both experiments, no genotype behaved as resistant. However, the UFUL 246 and UFUL 298 genotypes showed greater vegetative development. The results obtained evidence the importance of studying new materials in order to find those that are resistant to these microorganisms.

**Keywords:** *Glycine max*; *Meloidogyne incognita*; *Meloidogyne javanica*; *Pratylenchus brachyurus*; genetic improvement.

---

<sup>1</sup>Supervising Committee: Fernando Cezar Juliatti – UFU (Major Professor) and Maria Amelia dos Santos – UFU (Co-advisor).

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

<b>Figura 1</b> – Mapa da distribuição dos nematoides no Brasil. ....	22
<b>Figura 2</b> – Representação esquemática do ciclo de vida do nematoide de galhas.....	25
<b>Figura 3</b> – Presença de galhas no sistema radicular.....	27
<b>Figura 4</b> – Distribuição do nematoide de galha em reboleira em uma propriedade localizada no Triângulo Mineiro-MG. ....	27
<b>Figura 5</b> – Representação esquemática do ciclo de vida do nematoide das lesões radiculares. ....	30
<b>Figura 6</b> – Sintomas nas raízes ocasionadas pelo nematoide das lesões radiculares. ...	32
<b>Figura 1.1</b> – Processamento de solo e raízes. Uberlândia-MG, 2021. ....	52
<b>Figura 1.2</b> – Contagem de ovos, juvenis e adultos de <i>Meloidogyne</i> spp. e inoculação em plantas hospedeiras. Uberlândia-MG, 2021. ....	54
<b>Figura 1.3</b> – Preparo do solo e areia. Uberlândia-MG, 2021. ....	57
<b>Figura 1.4</b> – Inoculação dos isolados de <i>Meloidogyne</i> spp. em plântulas de soja. Uberlândia-MG, 2021. ....	58
<b>Figura 1.5</b> – Temperatura máxima, mínima e média do solo e do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos. Uberlândia-MG, 2021. ....	59
<b>Figura 1.6</b> – Avaliação dos parâmetros de crescimento em plantas de soja. Uberlândia-MG, 2021.....	60
<b>Figura 1.7</b> – Fenótipos de esterase de populações de <i>Meloidogyne</i> spp. provenientes de raízes de tomateiro. Uberlândia-MG, 2021.....	62
<b>Figura 2.1</b> – Multiplicação do inóculo de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Uberlândia-MG, 2022.....	89
<b>Figura 2.2</b> – Processamento de solo e raízes. Uberlândia-MG, 2022.....	90
<b>Figura 2.3</b> – Preparo do solo e areia. Uberlândia-MG, 2022. ....	93
<b>Figura 2.4</b> – Inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> em plântulas de soja. Uberlândia-MG, 2022.....	93
<b>Figura 2.5</b> – Temperatura máxima, mínima e média do solo e do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos. Uberlândia-MG, 2022. ....	94
<b>Figura 2.6</b> – Avaliação dos parâmetros de crescimento em plantas de soja. Uberlândia-MG, 2022.....	95
<b>Figura 2.7</b> – Identificação da espécie de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Uberlândia-MG, 2022.....	97



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.1</b> – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne incognita</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	63
<b>Tabela 1.2</b> – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne incognita</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	65
<b>Tabela 1.3</b> – Nematóide por grama de raiz (Nematóide g <sup>-1</sup> ) e fator de reprodução (FR), aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne incognita</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	67
<b>Tabela 1.4</b> – Redução do fator de reprodução (RFR) e níveis de resistência (NR) ao nematóide <i>Meloidogyne incognita</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	68
<b>Tabela 1.5</b> – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematóide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne incognita</i> para os diferentes genótipos de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021. ....	69
<b>Tabela 1.6</b> – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar em 22 materiais de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne javanica</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	71
<b>Tabela 1.7</b> – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 22 materiais de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne javanica</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	72
<b>Tabela 1.8</b> – Nematóide por grama de raiz (Nematóide g <sup>-1</sup> ) e fator de reprodução (FR), aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne javanica</i> . Uberlândia-MG, 2021. ....	74
<b>Tabela 1.9</b> – Redução do fator de reprodução (RFR) e níveis de resistência (NR) ao nematóide <i>Meloidogyne javanica</i> . Uberlândia-MG, 2021.....	75
<b>Tabela 1.10</b> – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematóide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne javanica</i> para os diferentes genótipos de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021. ....	76
<b>Tabela 1.11</b> – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematóide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de <i>Meloidogyne javanica</i> para os diferentes genótipos de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021. ....	76
<b>Tabela 2.1</b> – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no primeiro ensaio, em	

casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Uberlândia-MG, 2022. ....	98
<b>Tabela 2.2</b> – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Uberlândia-MG, 2022. ....	99
<b>Tabela 2.3</b> – Nematóide por grama de raiz e fator de reprodução, aos 60 dias após a inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Uberlândia-MG, 2022. ....	100
<b>Tabela 2.4</b> – Redução do fator de reprodução (RFR) e níveis de resistência (NR) ao nematóide <i>Pratylenchus brachyurus</i> . Uberlândia-MG, 2022.....	101
<b>Tabela 2.5</b> – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematóide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> para os diferentes genótipos de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2022. ....	102
<b>Tabela 2.6</b> – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematóide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de <i>Pratylenchus brachyurus</i> para os diferentes genótipos de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2022.....	102

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 1.1</b> – Cronograma de execução dos experimentos em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021. ....	50
<b>Quadro 1.2</b> – Caracterização química e física da amostra de solo. Uberlândia-MG, 2021. ....	51
<b>Quadro 1.3</b> – Caracterização dos genótipos (LAMIP/UFU) em estudo. Uberlândia-MG, 2021. ....	55
<b>Quadro 1.4</b> – Características agronômicas das cultivares utilizadas nos cruzamentos e dos padrões de resistência e de suscetibilidade. Uberlândia-MG, 2021. ....	56
<b>Quadro 1.5</b> – Classificação dos genótipos, segundo o percentual de redução do índice de inibição do nematoide. ....	61
<b>Quadro 2.1</b> – Cronograma de execução dos experimentos em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2022. ....	88
<b>Quadro 2.2</b> – Caracterização química e física da amostra de solo. Uberlândia-MG, 2022. ....	88
<b>Quadro 2.3</b> – Caracterização dos genótipos (LAMIP/UFU) em estudo. Uberlândia-MG, 2022. ....	91
<b>Quadro 2.4</b> – Características agronômicas cultivares utilizadas nos cruzamentos e dos padrões de resistência e de suscetibilidade. Uberlândia-MG, 2022. ....	92
<b>Quadro 2.5</b> – Classificação dos genótipos, segundo o percentual de redução do índice de inibição do nematoide. ....	96

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AGROCONSULT	Consultoria especializada no agronegócio brasileiro
AGROSTAT	Estatísticas de Comércio Exterior do Agronegócio Brasileiro
APROSOJA	Associação dos Produtores de Soja e Milho do Estado de Mato Grosso
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO	Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
IGIAG	Instituto de Ciências Agrárias
LAMIP	Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia
OECD-FAO	Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico – Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura
OMC	Organização Mundial do Comércio
RIDE	Região Integrada de Desenvolvimento do Distrito Federal e entorno
SBN	Sociedade Brasileira de Nematologia
UFU	Universidade Federal de Uberlândia

## SUMÁRIO

Introdução Geral .....	19
1 Revisão de Literatura .....	21
1.1 Importância Econômica da Cultura da Soja para o Brasil.....	21
1.2 Nematoides na Cultura da Soja.....	21
2 Gênero <i>Meloidogyne</i> spp.....	24
2.1 Histórico e Classificação Taxonômica .....	24
2.2 Ciclo de Vida .....	24
2.3 Sintomatologia .....	26
2.4 Nematóide de Galhas: <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>Meloidogyne javanica</i> .....	28
3 Gênero <i>Pratylenchus</i> spp.....	28
3.1 Histórico e Classificação Taxonômica .....	29
3.2 Ciclo de Vida .....	30
3.3 Sintomatologia .....	31
3.4 Nematóide das Lesões Radiculares: <i>Pratylenchus brachyurus</i> .....	32
4 Manejo Integrado dos Fitonematoides .....	33
4.1 Emprego de Materiais Resistentes .....	33
5 Referências Bibliográficas.....	38
CAPÍTULO 1 Reação de Genótipos de Soja aos Nematoides <i>Meloidogyne incognita</i> e <i>M. javanica</i> .....	46
Resumo.....	46
Introdução.....	48
1.1 Material e Métodos.....	49
1.1.1 Localização dos Experimentos, Clima e Época .....	49
1.1.2 Obtenção das Subpopulações dos Nematoides e Multiplicação .....	51
1.1.3 Reação de Genótipos de Soja aos Nematoides <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i> .....	54
1.1.4 Parâmetros Avaliados .....	59
1.1.5 Análise dos Dados .....	61
1.2 Resultados e Discussão.....	62
1.2.2 Reação de Genótipos de Soja ao Nematóide <i>M. incognita</i> :.....	62
1.2.2.1 Experimento 1 .....	62
1.2.2.2 Experimento 2 .....	63
1.2.3 Reação de Genótipos de Soja ao Nematóide <i>M. javanica</i> :.....	70
1.2.3.1 Experimento 1 .....	70
1.2.3.2 Experimento 2 .....	71

1.3 Conclusões .....	77
1.4 Referência Bibliográfica.....	78
CAPÍTULO 2 Reação de Cultivares de Soja ao Nematóide <i>Pratylenchus brachyurus</i>	84
Resumo.....	84
Abstract.....	85
Introdução.....	86
2.1 Material e Métodos.....	87
2.1.1 Localização dos Experimentos, Clima e Época .....	87
2.1.2 Obtenção da Subpopulação do Nematóide e Multiplicação .....	89
2.1.3 Reação de Genótipos de Soja ao Nematóide <i>Pratylenchus brachyurus</i> .....	91
2.1.4 Parâmetros Avaliados .....	94
2.1.5 Análise dos Dados .....	96
2.2 Resultados e Discussão.....	97
2.3 Conclusões .....	103
2.4 Referência Bibliográfica.....	104

## INTRODUÇÃO GERAL

No Brasil, a soja é a mais importante oleaginosa cultivada na atualidade tanto pelos valores econômicos como nutricionais. O aumento de produção e de área plantada vem crescendo nos últimos anos, sendo que na safra 2022/23 plantou-se 44,06 milhões de hectares e a produção foi de 154,56 milhões de toneladas (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2023).

Apesar da elevada produção brasileira de grãos, a produtividade da cultura tem sido afetada por fatores edafoclimáticos e fitossanitários. Dentre os fitossanitários, os nematoides são responsáveis por causar sérios danos e perdas nas lavouras brasileiras em função do seu parasitismo que prejudica o desenvolvimento da planta como um todo. Segundo um levantamento realizado em 2021, a sojicultura contabiliza prejuízos de R\$ 27,7 bilhões, anualmente provocados pelos fitonematoides (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA – SBN, 2022).

Os nematoides mais prejudiciais à cultura da soja têm sido os de galhas (*Meloidogyne* spp.), o de cisto (*Heterodera glycines* Ichinohe, 1952), o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus* (Godfrey, 1929) Filip’ev e Schuurmans Stekhoven, 1941) e o reniforme (*Rotylenchulus reniformis* Lindolf e Oliveira, 1940) (DIAS et al., 2010).

Em algumas regiões do Brasil, a ocorrência destes organismos é generalizada e crescente a cada safra. O clima tropical propicia condições de umidade e de temperatura ideais para a sua sobrevivência. A influência desses fatores ambientais associados a uma agricultura intensiva e manejos inadequados, contribuem para uma progressão populacional e, conseqüentemente, perdas significativas de produtividade (SOUZA, 2016). O agricultor deve ter a ciência de que a erradicação é praticamente impossível, porém, a combinação de diferentes estratégias de controle favorece o manejo mais eficiente do nematoide e danos por eles causados (FERRAZ et al., 2012).

Entre as estratégias de manejo adotadas no controle dos nematoides têm-se o uso de cultivares resistentes, rotação de culturas, limpeza de máquinas e implementos agrícolas, controle químico e biológico e uso de plantas antagonistas (FERRAZ et al., 2012). Dentre estas medidas, o emprego de cultivares resistentes constitui como uma das ferramentas mais eficientes e utilizadas pelos agricultores em função de ser um método barato, capaz de suprimir a reprodução do nematoide e por ter efeitos em cultivos subsequentes (BOERMA, HUSSEY, 1992; ROBERTS, 2002; SILVA, 2001).

Nesse contexto de perdas e danos ocasionados pelos nematoides nas lavouras brasileiras de soja e alta demanda nacional e internacional do produto, este estudo avaliou o desenvolvimento vegetativo e reação de genótipos de soja aos nematoides de galhas e da lesão radicular. Os objetivos específicos foram:

- a) Identificar genótipos de soja que apresentam resistência à *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *Pratylenchus brachyurus*;
- b) Selecionar os genótipos que apresentam baixo fator de reprodução para testes em campo de produção de soja e avançá-los no programa de melhoramento da soja.

Para tanto, o estudo foi organizado discorrendo no primeiro capítulo sobre a importância econômica da cultura da soja para o país, os gêneros *Meloidogyne* e *Pratylenchus* e o manejo dos nematoides por meio da resistência genética. No segundo capítulo foram avaliadas a reação dos genótipos de soja à *M. incognita* e *M. javanica* e no terceiro capítulo discorreu-se sobre a reação dos genótipos à *P. brachyurus*.



## **1 REVISÃO DE LITERATURA**

### **1.1 IMPORTÂNCIA ECONÔMICA DA CULTURA DA SOJA PARA O BRASIL**

A soja (*Glycine max* (L.) Merrill) é uma cultura de grande importância econômica para o Brasil, sendo a principal cultura, na atualidade, do agronegócio brasileiro. Essa liderança é em função da versatilidade do grão que pode ser utilizado como fonte de proteína para alimentação animal e, usada também, para produção de óleo para alimentação humana, bem como para produção de biocombustíveis (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO – APROSOJA, 2020).

A receita oriunda das exportações do complexo de soja (soja em grãos, farelo de soja e óleo de soja) de janeiro a julho foi de 40,80 bilhões de dólares, representando cerca de 49,28% de toda a receita de exportações do agronegócio brasileiro. Os principais estados brasileiros responsáveis por esse faturamento são: Mato Grosso, Paraná, Rio Grande do Sul, Goiás e Mato Grosso do Sul (ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO – AGROSTAT, 2023). Além do aspecto econômico, a cadeia de produção da soja desempenha um importante papel social. Estima-se que o setor gera milhares de empregos para pessoas direta ou indiretamente ligados ao setor (APROSOJA, 2020).

No mercado internacional, a sojicultura apresenta três grandes produtores: Brasil, Estados Unidos e Argentina (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2023). Na safra 2022/2023, a cultura ocupou uma área de 44,06 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 154,56 milhões de toneladas. A produtividade média da soja brasileira foi de 3.508 kg por hectare (CONAB, 2023). A área destinada para o plantio de soja tem aumentado a cada ano. A prospecção é que até 2029, a produção aumente em 32%, o consumo em 22% e as exportações em 41% (APROSOJA, 2020). Diante disso, para maiores avanços na sojicultura é necessário adequar o manejo para que a produção seja constante e competitiva dentro do agronegócio da soja principalmente ao se considerar o impacto dos fitonematoides.

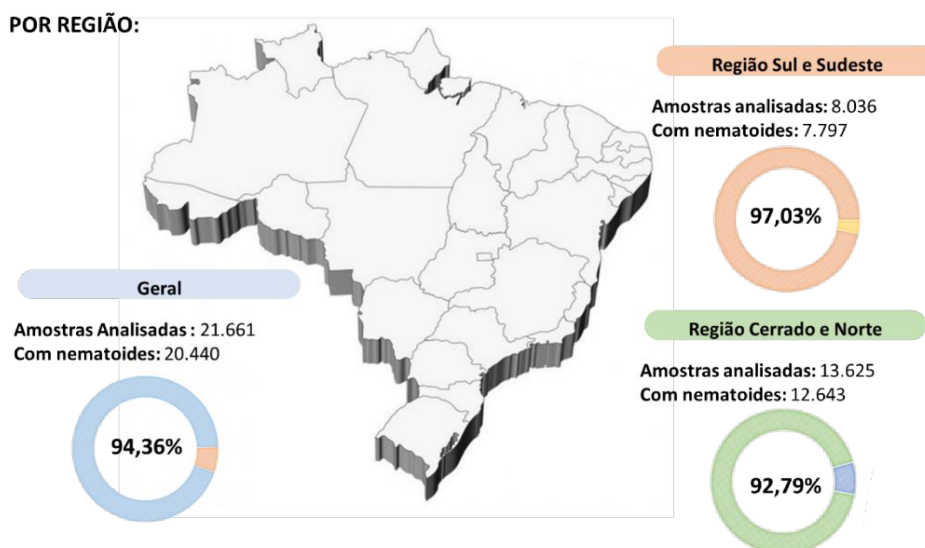
### **1.2 NEMATOIDES NA CULTURA DA SOJA**

Os nematoides vêm crescendo em importância no sistema produtivo e ganhando espaço no cenário brasileiro por causar sérios danos e perdas nas lavouras, além de

inviabilizar algumas áreas de cultivo da soja (GRIGOLLI, ASMUS, 2014). Em 2015, em um levantamento realizado por Machado para ver a disseminação desses microrganismos, o agronegócio contabilizou prejuízos de R\$ 35 bilhões provocados pelos nematoides. Apenas na produção de soja, as perdas foram estimadas em R\$ 16,2 bilhões.

Em 2021, foi realizado outro levantamento para ver a distribuição e crescimento dos nematoides pelo Brasil (Figura 1). Nesse estudo foi constatado que esses microrganismos estão presentes principalmente nas regiões Sul, Centro-Oeste e Norte. Além disso, em alguns estados foi observado que os nematoides estão presentes em mais de 99% das amostras analisadas, sendo 75% destes pelo gênero *Pratylenchus* ssp. (SBN, 2022).

**Figura 1** – Mapa da distribuição dos nematoides no Brasil.



**Fonte:** Adaptado de Syngenta, 2022.

A pesquisa também apontou dados preocupantes sobre os prejuízos ocasionados pelos nematoides no agronegócio brasileiro. Segundo o estudo para a cultura da soja as perdas foram estimadas em R\$ 27,7 bilhões, ou seja, a cada dez safras, uma é perdida para esses microrganismos. De acordo com os dados, os prejuízos potenciais para a cultura daqui a dez anos é de R\$ 374 bilhões. A pesquisa cita que se o cenário permanecer como está, a expectativa é que os prejuízos para os agricultores, somando todas as culturas, seja em torno de R\$ 870 bilhões (SBN, 2022).

Os nematoides mais prejudiciais à cultura tem sido os formadores de galhas (*Meloidogyne incognita* (Kofoid e White, 1919) e *M. javanica* (Treub, 1885) Chitwood,

1949), o de cisto (*Heterodera glycines*), o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*), o reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) (DIAS et al., 2010), o da haste verde (*Aphelenchoides besseyi* Christie, 1942) (FAVORETO e MEYER, 2019) e, recentemente tem-se considerado alguns nematoides como emergentes, ou seja, como potenciais patógenos para a cultura: *Helicotylenchus dihystera* (Cobb, 1893) Sher, 1961, *Scutellonema brachyurus* (Steiner, 1938) Andrassy, 1958) e *Tubixaba tuxaua* (Monteiro e Lordello, 1980) (FAVORETO et al., 2019).

O clima predominantemente tropical do Brasil propicia condições de umidade e de temperatura ideais para o desenvolvimento dos nematoides. Estes fatores, associados a uma agricultura intensiva e manejos inadequados, constituem pontos-chave para uma explosão populacional e, conseqüentemente, perdas significativas de produtividade (SOUZA, 2016).

Os nematoides do gênero *Meloidogyne* são considerados os mais importantes fitonematoides por apresentarem ampla distribuição geográfica e uma enorme gama de hospedeiros (GRIGOLLI, ASMUS, 2014). *M. javanica*, tem ocorrência generalizada, enquanto que *M. incognita* é predominante em áreas anteriormente cultivadas com algodão e café (DIAS et al. 2010). Os nematoides das lesões radiculares, também, têm causado danos elevados e crescentes nas lavouras, além de perdas econômicas em diversas culturas como soja, milho, algodão e pastagens, em várias regiões do país (GOULART, 2008).

O parasitismo exercido pelos nematoides prejudica o desenvolvimento da planta como um todo. A infestação pode promover menor crescimento, amarelecimento das folhas e clorose devido à diminuição da capacidade das raízes em absorver água e sais minerais do solo – fatores preponderantes da queda na produção (PEZZONI FILHO, 2014; WILCKEN et al., 2013). Além dos fatores citados, a interferência dos nematoides no desenvolvimento das plantas altera processos fisiológicos que resultam na diminuição da taxa fotossintética. Isso ocorre em função das raízes estarem danificadas pelos nematoides, o que impede as mesmas de suprirem a parte aérea com quantidades adequadas de água e nutrientes, conseqüentemente, ocorre redução na produtividade e qualidade dos grãos (HUSSEY e WILLIAMSON, 1998).

O agricultor deve ter a consciência de que a erradicação do patógeno é praticamente impossível, porém, a combinação de diferentes práticas de controle que provoquem redução em seus níveis populacionais, mantendo-os em patamares os quais

não causem maiores danos à cultura favorece o manejo mais eficiente dos nematoides (FERRAZ et al., 2012).

## **2 GÊNERO *Meloidogyne* spp.**

O gênero *Meloidogyne* spp., conhecido como nematoides de galhas, é considerado como um dos mais importantes nematoides fitopatogênicos pela ampla distribuição geográfica, extensa gama de hospedeiros e por causarem sérios prejuízos aos agricultores. Esses organismos parasitam diversas culturas de importância econômica como soja, algodão, cana-de-açúcar, café, feijão, além de várias espécies de hortaliças e frutíferas (SILVA, 2001).

### **2.1 HISTÓRICO E CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA**

O primeiro relato de doença causada por nematoide foi realizado na Inglaterra, em 1855, quando Berkeley observou que havia uma relação entre um microrganismo de solo com a formação de galhas em raízes de pepino. Berkeley classificou o nematoide como *Heterodera radicum* (CORREIA, 2013).

Em 1887, Emílio Goeldi propôs a classificação do nematoide de galhas como pertencente ao gênero *Meloidogyne*, o que não foi bem aceito pela comunidade científica da época. Contudo, em 1949, Chitwood fez um estudo por meio da configuração perineal e retomou a classificação proposta por Goeldi, incluindo as principais espécies de nematoides de galhas no gênero *Meloidogyne* (GUIMARÃES, 2012). Posteriormente, outras espécies foram descritas e incluídas no gênero e em 2004, 106 espécies de *Meloidogyne* já haviam sido descritas (CORREIA, 2013).

Dentre as espécies descritas quatro se destacam muito por possuírem ampla distribuição geográfica por serem polífagas e acarretarem as maiores perdas na agricultura mundial - *Meloidogyne arenaria*, *M. hapla*, *M. incognita* e *M. javanica* - sendo as duas últimas consideradas, de modo unânime, as mais importantes do ponto de vista econômico (KARSSSEN et al., 2005).

### **2.2 CICLO DE VIDA**

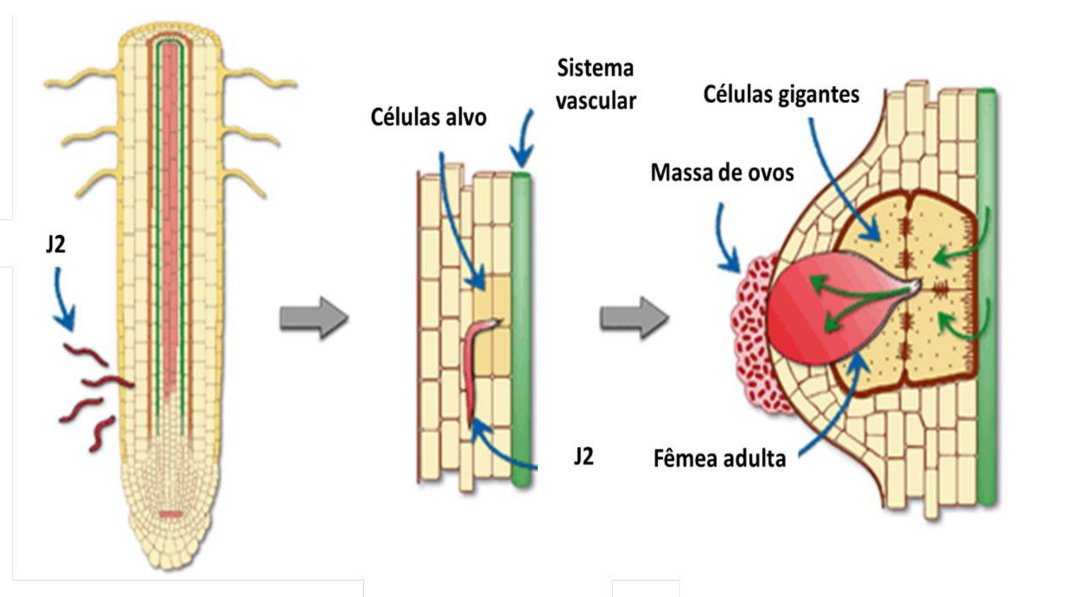
O nematoide de galhas é um endoparasita sedentário obrigatório cujo ciclo completa-se em três a quatro semanas para a maioria das espécies do gênero, sofrendo

forte influência dos fatores edafoclimáticos como temperatura, umidade e planta hospedeira (SANTOS, 2011).

O ciclo biológico do nematoide inicia-se com a fêmea depositando seus ovos em um único local da raiz, formando uma massa de ovos envolta em uma matriz gelatinosa de glicoproteína (SANTOS, 2011) (Figura 2). Completado o desenvolvimento embrionário, ainda no interior do ovo, o juvenil de primeiro estágio ( $J_1$ ) passa pela primeira ecdise e perfura o ovo com o estilete saindo para o solo como juvenil de segundo estágio ( $J_2$ ), dando início a fase infectiva (MOENS et al., 2009).

No estágio  $J_2$  os nematoides movem-se no solo através da lâmina de água a procura de raízes de planta hospedeira. Essa busca pelo hospedeiro poder durar dias, semanas ou até mesmo meses e esse período é suportado pela reserva lipídica (MOTA, 2015). Uma vez na superfície da zona de alongamento da raiz, o  $J_2$  libera enzimas que começam a degradar a parede do tecido vegetal (FREITAS et al., 2001).

**Figura 2** – Representação esquemática do ciclo de vida do nematoide de galhas.



**Legenda:** Os juvenis de segundo estágio ( $J_2$ ) migram e penetram na raiz da planta hospedeira através da zona de alongamento. O nematoide então migra para “células-alvo” pró-vasculares estimulando a mitose e expansão celular para formar células gigantes das quais se alimenta. Depois três ecdises dentro da raiz (não mostradas), a fêmea adulta torna-se esférica e põe ovos em uma massa de ovo gelatinosa. **Fonte:** adaptado de JONES e GOTO, 2011.

Após sua penetração, o  $J_2$  movimentado em direção ao tecido vascular onde estabelece o seu sítio de alimentação na região da endoderme ou do periciclo. O parasitismo leva a formação das células nutridoras ou células gigantes que irão atuar

como dreno para alimentar o nematoide. A partir daí, o J<sub>2</sub> perde a mobilidade, tornando sedentário e passa por três ecdises até atingir a fase adulta (ELLING, 2013). As fêmeas adultas permanecem sedentárias até o final de seu ciclo. O macho adulto recupera a sua motilidade, readquire o formato alongado e abandona a raiz (EISENBACK, TRIANTAPHYLOU, 1991; FREITAS et al., 2001; SANTOS, 2011).

Os nematoides desse gênero podem reproduzir por anfimixia ou partenogênese. Para as espécies que são anfimíticas, os machos são frequentes e ativos sexualmente, eles locomovem em direção as fêmeas através de estímulos sexuais e copulam quando as encontram. Já as espécies que reproduzem por partenogênese mitótica, a participação do macho não é necessária e normalmente são bem raros (FERRAZ, BROWN, 2016). Porém, quando ocorre alguma situação adversa, como temperatura extrema e densidade populacional alta pode ocorrer a reversão sexual nos juvenis femininos ainda não completamente desenvolvidos, tornando os machos em maior número (CHITWOOD, PERRY, 2009; OLIVEIRA, 2019).

### **2.3 SINTOMATOLOGIA**

No Brasil, as primeiras pesquisas sobre meloidoginose na soja ocorreu no início da década de 1950. Em 1954, Carvalho alertava os agricultores sobre os danos e prejuízos ocasionados pelo nematoide de galhas na cultura. Após o seu estabelecimento no sistema radicular surgem os primeiros sintomas no próprio órgão vegetal infectado e na parte aérea das plantas.

Nas raízes, os sintomas mais evidentes são a formação de galhas (Figura 3), resultante da hipertrofia e hiperplasia das células do cilindro central, os quais comprimem os vasos do xilema (GUIMARÃES, 2012) e, a escassez de radículas, ou seja, ausência de raízes muito finas, secundárias e terciárias que atuam na absorção de água e nutrientes disponíveis no solo (FERRAZ e BROWN, 2016). Essa combinação de sintomas proporciona um sistema radicular raso, pobre e deformado (MOTA, 2015).

**Figura 3** – Presença de galhas no sistema radicular.



**Foto:** GONTIJO, 2022.

Na parte aérea das plantas, são observados os sintomas os reflexos como murcha nas horas mais quentes do dia e desuniformidade no crescimento. Como os nematoides se distribuem de forma irregular na área, este sintoma manifesta-se na área central das reboleiras (FERRAZ e BROWN, 2016) (Figura 4). As folhas das plantas afetadas apresentam manchas cloróticas e necroses entre as nervuras, caracterizando a folha “carijó” e as plantas tem queda progressiva de produtividade, em função do desequilíbrio nutricional (FIORENTIN, 2010).

**Figura 4** – Distribuição do nematoide de galha em reboleira em uma propriedade localizada no Triângulo Mineiro-MG.



**Foto:** SEVERINO, 2020.

Além dos diversos danos causados às plantas parasitadas, os fitonematoides contribuem para o desenvolvimento de um complexo de doenças. Através do seu parasitismo, esses microrganismos criam portas de entrada para outros patógenos como *Fusarium oxysporum* e *Rhizoctonia solani*; alteram a rizosfera favorecendo o desenvolvimento de outros fitopatógenos e modificam a suscetibilidade do hospedeiro por meio de alterações fisiológicas da planta hospedeira (GRIGOLLI e ASMUS, 2015).

#### **2.4 NEMATOIDE DE GALHAS: *Meloidogyne incognita* e *Meloidogyne javanica***

Entre os nematoides de galhas, *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* são as espécies mais importantes para a cultura da soja no Brasil (DIAS et al. 2010). A espécie *M. javanica* tem ocorrência generalizada e causa perdas de 10 a 40% em regiões com solos arenosos ou médio-arenosos. Enquanto que, a espécie *M. incognita* predomina em áreas cultivadas anteriormente com café ou algodão e está associada a sucessão de cultura soja-algodão e soja-milho (INOMOTO, SILVA, 2011; MIRANDA et al., 2011; TEIXEIRA, 2013). De acordo com dados da Embrapa (2010), essas duas espécies são encontradas com maior frequência no norte do Rio Grande do Sul, sudoeste e norte do Paraná, sul e norte de São Paulo e sul do Triângulo Mineiro. E, na região Central-oeste do país, o problema é crescente, com severos danos em lavouras do Mato Grosso do Sul e Goiás.

Em um levantamento realizado por Cunha et al. (2003), em nove estados e no Distrito Federal demonstrou que dentre as populações de *Meloidogyne* spp. identificadas 64,1% era *Meloidogyne javanica*, 23,1% *M. incognita* e de 7,7% *M. arenaria*. Em outro estudo realizado na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno (RIDE) foram identificados *Meloidogyne javanica*, *M. incognita*, *M. arenaria* ((Neal, 1889) Chitwood, 1949), *Pratylenchus brachyurus* e *Heterodera glycines* raça 3 como os principais nematoides causadores de dano econômico a soja (ALVES, 2015). E, de acordo com o autor os níveis de infestação para *Meloidogyne* spp., *H. glycines* e *P. brachyurus* variaram entre as amostras analisadas para os diferentes municípios amostrados na região do RIDE.

### **3 GÊNERO *Pratylenchus* spp.**

O nematoide das lesões radiculares, pertence ao gênero *Pratylenchus* e contempla espécies endoparasitas migratórias amplamente disseminadas pelas lavouras. Os nematoides desse gênero representam um sério problema para os sistemas de



produção em diferentes culturas. No Brasil, as principais espécies encontradas são *P. brachyurus*, *P. zae* (Graham, 1951), *P. coffeae* ((Zimmermann, 1898) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, 1941) sendo que *Pratylenchus brachyurus* é a principal espécie causadora de danos à soja no país (GOULART, 2008).

### 3.1 HISTÓRICO E CLASSIFICAÇÃO TAXONÔMICA

*Pratylenchus brachyurus* foi descrito pela primeira vez em 1880 na Inglaterra por Man como uma espécie denominada *Tylenchus pratensis*. Em 1936, Filipjev descreveu o mesmo nematoide como espécie-tipo *Pratylenchus pratensis* (HANDOO e GOLDEN, 1989). Contudo, a descrição não foi suficiente para uma identificação específica do gênero o que gerou na época uma confusão entre os nematologistas. Em 1953, houve uma revisão detalhada do gênero *Pratylenchus* por Sher e Allen o que o definiu com descrições morfológicas e biológicas confiáveis e precisas (LOOF, 1960).

Atualmente, o gênero compreende cerca de 100 espécies reconhecidas (BUCKI et al., 2020), das quais 12 espécies se destacam pela ampla distribuição geográfica tanto em regiões de clima tropical, quanto subtropical e temperado (LUC, 1987) e, por acarretarem sérios prejuízos na agricultura - *P. brachyurus*, *P. coffeae*, *P. penetrans* ((Cobb, 1917) Filipjev e Schuurmans-Stekhoven, 1941), *P. vulnus* (Allen e Jensen, 1951), *P. zae*, *P. crenatus* (Loof, 1960), *P. goodeyi* (Sher e Allen, 1953), *P. scribneri* (Steiner, 1943), *P. thornei* (Sher e Allen, 1953), *P. neglectus* ((Rensch, 1924) Filipjev e Schuurmans Stekhoven, 1941), *P. pratensis* ((De Man, 1880) Filip'ev, 1936) e *P. loosi* (Loof, 1960) (SOUSA, 2018).

No Brasil, as espécies mais importantes do gênero *Pratylenchus* sp. são *P. brachyurus*, *P. coffeae* e *P. zae*, considerando as perdas econômicas e os danos causados, além da ampla distribuição e o número de plantas hospedeiras (GOULART, 2008). Os nematoides do gênero *Pratylenchus* são popularmente conhecidos como nematoides das lesões radiculares por causarem sintomas de necrose nas raízes das plantas hospedeiras (GODFREY, 1929). Esses microrganismos são animais polípagos com uma ampla gama de hospedeiros tais como: algodão, soja, milho, arroz, batata, café, cana-de-açúcar, cereais, frutíferas e forrageiras (LORDELLO, 1984).

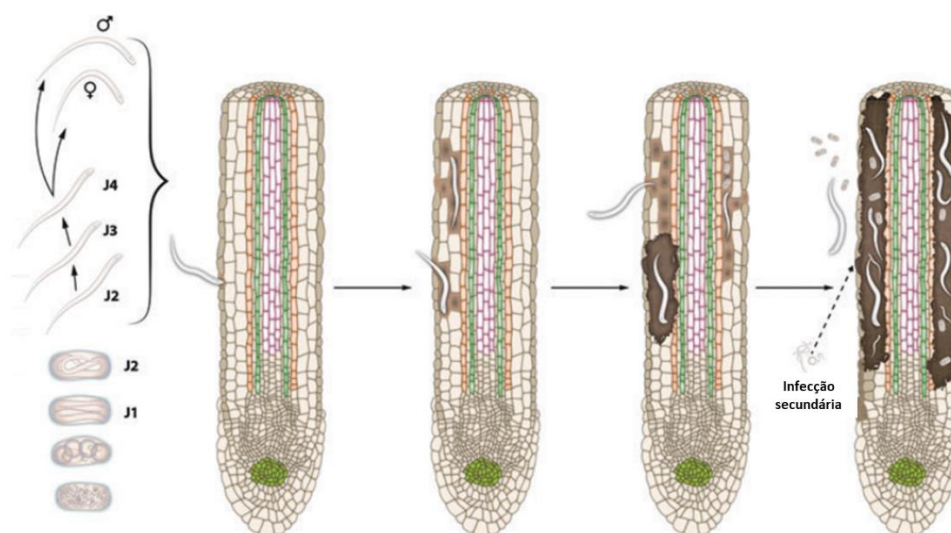
### 3.2 CICLO DE VIDA

O nematoide das lesões radiculares é um endoparasita migratório obrigatório cujo ciclo completa-se em três a seis semanas para a maioria das espécies do gênero, a depender dos fatores ambientais e da planta hospedeira. O ciclo de vida compreende as fases de ovo, juvenil (quatro estádios, de J<sub>1</sub> a J<sub>4</sub>) e adulto (fêmea ou macho), sendo todos os estádios móveis e infectantes (FERRAZ e BROWN, 2016).

O ciclo biológico do nematoide inicia-se com a fêmea depositando seus ovos no interior da raiz ou no solo o que é menos comum (Figura 5). Completado o desenvolvimento embrionário, ainda no interior do ovo, o juvenil de primeiro estágio (J<sub>1</sub>) passa pela primeira ecdise e perfura o ovo com o estilete saindo para o solo como juvenil de segundo estágio (J<sub>2</sub>), dando início a fase infectiva (MOENS et al., 2009).

Os juvenis de segundo estágio (J<sub>2</sub>) locomovem-se através da lâmina de água a procura de raízes para parasitar. Uma vez na superfície da zona de alongamento da raiz, o J<sub>2</sub> libera enzimas que começam a degradar a parede do tecido vegetal (FREITAS et al., 2001). Após sua penetração, o J<sub>2</sub> movimentava ao longo do córtex em direção ao cilindro central. Logo depois, nas camadas mais profundas do córtex, os nematoides iniciam o movimento migratório, locomovendo paralelamente ao eixo da raiz. Segundo Ferraz e Brown (2016), a migração poder ser inter ou intracelular e a ação pode ser mecânica, enzimática ou espoliativa.

**Figura 5** – Representação esquemática do ciclo de vida do nematoide das lesões radiculares.



**Fonte:** adaptado de JONES e FOSU-NYARKO, 2014.

A reprodução pode ocorrer por anfimixia ou por partenogênese, sendo que as duas modalidades ocorrem com frequência. A anfimixia acontece quando os machos são comuns em número igual ou menor que o das fêmeas, ocorrendo reprodução sexual. Nesse caso, têm-se duas formas sexuais distintas: a fêmea e o macho (LORDELLO, 1984). Enquanto que, na partenogênese a reprodução é a partir de ovos não fertilizados. Nessa condição, as espécies partenogenéticas consistem em apenas fêmeas diplóides ou poliplóides, isto é, ocorre a telitoquia e arrenotoquia. Na telitoquia ovos partenogenéticos formam novas populações fêmeas e na arrenotoquia a produção é exclusivamente por machos via partenogenética (TIHOHOD, 1993). Para as espécies *P. coffeae*, *P. penetrans*, *P. vulnus*, a reprodução é por anfimixia, ao passo que *P. scribneri*, reproduz por partenogênese meiótica e *P. brachyurus*, *P. zaeae*, *P. neglectus* por partenogênese mitótica (FERRAZ e BROWN, 2016).

### 3.3 SINTOMALOGIA

Como endoparasitas migradores, os nematoides das lesões radiculares causam severos danos no sistema radicular das plantas hospedeiras em virtude da sua alimentação, movimentação ativa e liberação de enzimas tóxicas na região do parênquima. Ao migrarem célula a célula, esses microrganismos causam o rompimento das células pela ação mecânica, destruição internas das células pela injeção de enzimas tóxicas secretadas pelas glândulas esofagianas no citoplasma e, alimentação desse conteúdo citoplasmático (GOULART, 2008).

Após abandonar as células parasitadas pode-se observar a presença de largas cavidades no parênquima. As raízes afetadas apresentam lesões necróticas de extensão variável e coloração pardo-clara a marrom-avermelhada (FERRAZ e BROWN, 2016) (Figura 6). Essas lesões nas raízes predisõem a infecções secundárias por fitopatógenos oportunistas como os fungos *Fusarium solani* (Mart)Sacc. f. sp. *glycines* Roy e *Rhizoctonia solani* J.G. Kühn, 1858 (GOULART, 2008).

**Figura 6** – Sintomas nas raízes ocasionadas pelo nematoide das lesões radiculares.



**Legenda:** Raízes com lesões necróticas de extensão variável e coloração pardo-clara a marrom-avermelhada. **Fonte:** DINARDO-MIRANDA, 2014.

Os efeitos do nematoide sobre o sistema radicular são áreas escurecidas devido as lesões necróticas em alternância com áreas aparentemente saudias, redução do volume de radículas e em muitos casos perda da raiz pivotante (SOUSA, 2018; FERRAZ e BROWN, 2016). Na parte aérea pode ser observado clorose e murcha nos períodos secos e quando o ataque é severo pode ocorrer desfolha total (SANTOS, 2012).

### 3.4 NEMATOIDE DAS LESÕES RADICULARES: *Pratylenchus brachyurus*

Os primeiros relatos sobre a ocorrência do gênero, no Brasil, foram no estado de São Paulo em um levantamento realizado em diversas culturas na década de 1950 (SOUSA, 2018). A espécie *P. brachyurus* destaca-se por causar sérios prejuízos as culturas em todo mundo (GOULART, 2008). Tal relevância está relacionada a sua ampla distribuição geográfica, ao alto grau de polifagia e a sua ação patogênica (SOUSA, 2018). Nesse contexto, o nematoide das lesões radiculares vem se disseminando e ocasionando danos em diferentes culturas em várias regiões brasileiras (SEVERINO et al., 2010).

No Brasil, a ocorrência de *P. brachyurus* nas áreas de cultivo de soja é comum. Em 2011, Dias e colaboradores apresentaram um estudo em que vários agricultores apontaram até 30% de redução na produtividade da soja em áreas com alta densidade populacional desse nematoide. De acordo com Franchini et al. (2014) em lavouras comerciais da região Centro-Oeste infestadas *P. brachyurus* pode ocasionar perdas de até 50% na cultura da soja.

Nessa região a ocorrência deste patógeno é mais intensa devido à predominância de solos com textura arenosa e também pelo cultivo de milho ou algodão em sucessão à

soja, culturas que são suscetíveis ao nematoide (BELLÉ et al., 2017; INOMOTO et al. 2011; RIBEIRO et al. 2010). Em um levantamento realizado pela Sociedade Brasileira de Nematologia em parceria com o Agroconsult® e Syngenta® demonstrou que o gênero está presente em 75% das amostras analisadas (SBN, 2022).

#### **4 MANEJO INTEGRADO DOS FITONEMATOIDES**

O manejo integrado dos nematoides é definido como a adoção de medidas que promovam a redução dos níveis populacionais dos nematoides, mantendo-os em patamares nos quais não causem maiores danos as culturas e perdas econômicas significativas (FERRAZ e BROWN, 2016). Em outras palavras, o manejo integrado significa conviver com esses microrganismos, porém sem que os mesmos causem prejuízos aos agricultores (abaixo do limiar de dano econômico).

A prevenção da entrada de nematoides em áreas não infestadas e da não disseminação são as principais medidas de controle (FREITAS et al., 2001), uma vez que é impossível a erradicação dos mesmos. Desse modo, o controle dos nematoides é uma atividade complexa, porém executável. E, cada situação requer uma análise cuidadosa e criteriosa antes da definição dos métodos de controle a ser aplicados (TEIXEIRA, 2013).

Diante disso, o primeiro passo para a realização de um programa de manejo eficaz é identificar qual a espécie está presente na área. A partir do conhecimento prévio de qual (ou quais) nematoide (s) está (ão) presente (s) e qual é a sua população, o agricultor pode empregar diferentes métodos no controle dos nematoides, como por exemplo, uso de cultivares resistentes, rotação de culturas, medidas fitossanitárias, controle químico e biológico e uso de plantas antagonistas (FERRAZ et al., 2012). Contudo, é importante ressaltar que apenas o posicionamento de um método não é suficiente para assegurar resultados satisfatórios da lavoura, sendo necessário a adoção de medidas complementares.

##### **4.1 RESISTÊNCIA GENÉTICA DE SOJA A NEMATOIDES**

Os primeiros estudos sobre resistência de plantas a nematoides datam o início do século passado, 1930, quando o pesquisador K. C. Barrons investigou sobre resistência de plantas a nematoides de galhas. Esse estudo foi o ponto de partida para as pesquisas

subsequentes. E, existe ao redor do mundo materiais disponíveis resistentes aos fitonematoides (FERRAZ e BROWN, 2016).

No Brasil, as primeiras referências do uso de materiais resistentes foram na década de 1940 com o desenvolvimento de cultivares de batata resistentes aos nematoides de galhas. Em 1970, as pesquisas com controle varietal de nematoides se intensificaram na cultura da cana-de-açúcar. E, a partir de 1980 surgiram os primeiros progressos na obtenção de cultivares nacionais com alta resistência para as espécies de *Meloidogyne* e, somente em 1997 foram lançados os primeiros materiais de soja resistentes a uma ou mais raças do nematoide do cisto (FERRAZ e BROWN, 2016).

O desenvolvimento de cultivares resistentes constitui como uma das ferramentas mais eficientes e utilizadas nos programas de manejo integrado para controle de nematoides (ROBERTS, 2002). Segundo Silva (2001), o uso desses materiais pode ter efeitos em cultivos subsequentes em função da redução da densidade populacional do nematoide na área, além de ser um método barato, capaz de suprimir a reprodução do nematoide e reduzir o risco de contaminação ambiental (BOERMA e HUSSEY, 1992).

De acordo com Silva (2014), a planta é considerada resistente a um nematoide quando inviabiliza a sua penetração, o seu desenvolvimento no interior dos tecidos ou sua reprodução, ao passo que um hospedeiro suscetível permite que o nematoide se reproduza livremente. Na prática, o conceito de resistência é relativo, originado através de comparações entre os genótipos e, frequentemente inclui uma indicação dos níveis de resistência dentro de uma interação contínua entre planta-nematoide (BOERMA e HUSSEY, 1992; SILVA, 2014). Outra definição importante é a de tolerância. Plantas tolerantes sofrem pouca ou nenhuma injúria, mesmo sob alta infecção. Já as plantas intolerantes sofrem danos severos. E as plantas imunes são aquelas que leva a incapacidade do nematoide em desenvolver-se e reproduzir no interior dos seus tecidos por meio de mecanismo de bloqueio que se manifesta no início da penetração, inibindo-a (SILVA, 2001).

Os mecanismos de resistência de plantas a nematoides podem ser divididos em pré-infeccionais e pós infeccionais. Nos mecanismos pré-infeccionais, a resistência ocorre antes da penetração do nematoide no sistema radicular, inibindo-a. Nesse caso, algumas substâncias como alfatertienil, nimbidina e pirocatecol são produzidas por determinadas plantas e liberadas no solo, por meio de exsudatos radiculares, com efeito repelente ou nematicida, impedindo que o nematoide penetre as raízes (FERRAZ et al., 2012). Os mecanismos pós-infeccionais ocorrem depois da penetração do nematoide.

Kaplan e Davis (1987) dividiram a resposta da resistência em duas fases: determinativa e expressiva. Na primeira fase envolve o reconhecimento do nematoide por células da planta, numa reação tipo elicitor-receptor. O elicitor possivelmente é produzido na glândula esofageana do nematoide e injetado no tecido do hospedeiro através do estilete. A partir da detecção do elicitor, sinais de hipersensibilidade são gerados pela planta envolvendo a ativação de genes, síntese de m-RNA e transcrição de DNA (FERRAZ et al., 2012; SILVA, 2001).

De acordo com Silva (2001), na fase expressiva envolve uma série de eventos de regulação gênica e alterações bioquímicas nos tecidos das plantas que impedem que o desenvolvimento do nematoide. Nessa fase não ocorre o desenvolvimento normal dos sítios de alimentação e eles se degeneram. Ainda de acordo com o autor, em plantas resistentes poucos nematoides conseguem atingir a fase adulta, ocorre maior formação de machos e quando eventuais fêmeas reproduzem, a taxa de fecundidade é considerada baixa.

O desenvolvimento de plantas resistentes a nematoides é uma busca constante da pesquisa e, entre as características avaliadas nesses novos materiais, o fator de reprodução (FR) é um dos mais importantes. O fator de reprodução é baseado na reprodução do nematoide, ou seja, na contagem dos nematoides (ovos, juvenis e/ou adultos, conforme o gênero envolvido) extraídos do sistema radicular e/ou da rizosfera (SILVA, 2001). Pelo fator de reprodução os genótipos suscetíveis apresentam fator maior ou igual um ( $FR \geq 1$ ) e os genótipos resistentes apresentam fator inferior a um ( $FR < 1$ ). O valor do FR, segundo Oostenbrink (1966) é obtido dividindo a população final pela população inicial ( $P_i$ ) inoculada no solo.

Com os dados obtidos pelos cálculos do FR é possível classificar os níveis de resistência de cada genótipo através do critério de Moura e Régis (1987). De acordo com os autores, plantas que proporcionam redução do fator de reprodução (RFR) são classificadas segundo a escala: 0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR). Nesta classificação a cultivar suscetível é utilizada como padrão considerado como 0 % de redução. Então, esta é comparada com cada um dos demais FR, calculando-se o percentual de redução do fator de reprodução pela fórmula:  $RFR = [(FR \text{ do padrão suscetível} - FR \text{ do tratamento}) / FR \text{ do padrão suscetível}] \cdot 100$ .

Vários trabalhos de reação de cultivares de soja a fitonematoides, em condições de casa de vegetação e de campo, já foram realizados. Em 1993, Sharma avaliou a reação de 60 genótipos de soja a *Meloidogyne javanica* e, concluiu que apenas doze materiais apresentaram resistência ao nematoide em estudo. Mendes e colaboradores (2001) analisaram 73 genótipos de soja e constataram que todos se mostraram suscetíveis a *M. javanica*.

Estudos conduzidos por Teixeira (2013), avaliando a reação de cultivares de soja a *M. incongita* raça 3 e a *M. javanica*, em condições controladas, constatou que para a espécie *M. incongita* a maioria das cultivares testadas apresentaram o fator de reprodução abaixo de um ( $FR < 1$ ) e para *M. javanica* todos os materiais tiveram o  $FR \geq 1$ . O autor utilizou o critério de Moura e Régis (1987) para classificar os materiais quanto a sua resistência e, apenas quinze cultivares foram classificadas como resistentes ou altamente resistentes a *M. incongita* enquanto que, para *M. javanica* todas foram consideradas suscetíveis.

Carneiro et al. (2019) avaliaram o comportamento de 26 genótipos de soja em área naturalmente infestada por *M. incongita* na região do Médio Paranapanema no Estado de São Paulo. Os autores observaram que o nematoide ocasionou danos no sistema radicular e promoveu uma redução de 52% no rendimento de grãos.

Em um estudo avaliando o efeito da infecção simultânea de *Aphelenchoides besseyi* e *M. incongita* no desenvolvimento, os autores constataram que o nematoide das galhas, independente da concentração populacional e da interação com o nematoide da haste verde reduziu a massa fresca da parte aérea e influenciou na quantidade de vagens produzidas das plantas de soja (LORETO et al., 2019).

Santos e colaboradores (2020), avaliando a reação de vinte variedades de soja a *Meloidogyne javanica* em casa de vegetação, observaram que houve diferentes taxas de multiplicação do patógeno entre os materiais analisados e todos apresentaram fatores de reprodução maiores que um ( $FR > 1,0$ ).

Para o gênero *Pratylenchus* sp. o uso de cultivares resistentes é muito restrito se comparado ao nematoide de galhas, visto que as espécies são polífagas, primitivas (pouco especializadas), de hábito endoparasita e migrador (não forma sítios de alimentação específico) (GOULART, 2008).

Na cultura da soja, Ribeiro et al. (2007) avaliando a reação de 87 genótipos de soja a *P. brachyurus*, em casa de vegetação, concluíram que várias cultivares indicadas para algumas regiões do país exibiram fator de reprodução baixo. Em 2009, Ribeiro et



al. estudando o comportamento de 16 genótipos de soja nas mesmas condições constataram que os materiais apresentaram variabilidade no FR, sendo que nos dois estudos a cultivar MSOY 8360 RR obtiveram fator de reprodução baixo em relação aos demais materiais.

Machado (2009), analisando o comportamento de 42 cultivares de soja a *P. brachyurus* verificou uma variabilidade entre os materiais. De acordo com a autora, o fator de reprodução variou de 1,37 a 43,04 e que apenas cinco materiais poderiam ser cultivados em áreas infestadas pelo nematoide por mostrarem baixo fator de reprodução.

Faleiro et al. (2012) avaliando a reação de quatro cultivares de soja ao nematoide *P. brachyurus* em condições de campo naturalmente infestado no Mato Grosso observaram que em todas as cultivares testadas houve a penetração e desenvolvimento do nematoide, sendo que BRSMG 810C e BRS 8480 apresentaram menor população nas raízes, aos 90 dias após emergência.

Em um estudo avaliando a população de *P. brachyurus* no cultivo de soja em sucessão com outras culturas e sua influência na produtividade de grãos, os autores evidenciaram que em um ciclo de soja sobre soja promoveu uma redução na produtividade de aproximadamente de 200 kg ha<sup>-1</sup> em relação cultivo de milho na segunda safra. E, com base na análise gráfica o prejuízo é de uma saca de soja por hectare a cada 65 nematoides/g de raiz (FERRARI et al., 2015).

Bellé e colaboradores (2017) analisando a reação de quatorze cultivares de soja a *P. brachyurus* observaram que todos os materiais foram parasitados pelo nematoide, sendo que a maioria comportou como suscetível e que apenas as cultivares TEC 6029 IPRO e NS 6211 RR foram resistentes ao nematoide das lesões radiculares.

Diante desse contexto, o melhoramento genético de plantas é considerado uma ferramenta consagrada no desenvolvimento de cultivares/variedades com bom desempenho agrônomico e com resistência a fitopatógenos (FERREIRA, 2007). E, apesar dos trabalhos apresentarem poucos materiais com resistência aos nematoides, ressalta a importância da continuidade de tais estudos na busca por genótipos que apresentem comportamento resistente a esses microrganismos.

## 5 REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

ALVES, P. V. V. **Nematoides associados à cultura da soja na região integrada de desenvolvimento do Distrito Federal e entorno-RIDE**. 2015. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2015.

ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO (APROSOJA). **Soja brasileira: História e perspectivas**. [2020]. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/comunicacao/blog/2020/08/27/brazilian-soybean-exports/>. Acesso em: 08 jul. 2021.

BELLÉ, C.; KUHN, P. R.; KASPARY, T. E.; SCHMITT, J. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Revista Agrarian**, Dourados, v. 10, n. 36, p. 136-140, 2017. DOI: <https://doi.org/10.30612/agrarian.v10i36.4322>.

BOERMA, H. R.; HUSSEY, R. S. Breeding plants for resistance to nematodes. **Journal of Nematology**, Hertforshire, v. 24, n. 2, p. 242-252, 1992. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2619268/>. Acesso em: 05 ago. 2022.

BUCKI, P.; QING, X.; CASTILHO, P.; GAMLIEL, A.; DOBRININ, S.; ALON, T.; MIYARA, S. B. The genus *Pratylenchus* (Nematoda: Pratylenchidae) in Israel: From Taxonomy to control practies. **Plants**, Basel, v. 9, n. 11, p. 1475-1492, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/plants9111475>.

CARNEIRO, G. E. de S.; DIAS, W. P.; FOLONI, J. S. S.; MOREIRA, A.; SANTOS, J. C. F.; SOUZA, C. F. DE B.; SILVA NETO, S. P.; PEREIRA, A. F. Comportamento de genótipos de soja em área naturalmente infestada com *Meloidogyne incognita*. In: 37ª REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA. Londrina, Paraná, 2019. (Documentos / Embrapa Soja, ISSN 2176-2937; n.413). **Resumos** [...]. Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/201065/1/112.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

CARVALHO, J. C. A soja e seus inimigos de solo. **Revista do Instituto Adolfo Lutz**. São Paulo, v. 14, p.45-52, 1954.

CHITWOOD, D. J.; PERRY, R. N. Reproduction, physiology and biochemistry. *In*: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (ed.). **Root-knot Nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p. 182-200.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. 8º levantamento: safra 2018/2019. Brasília, DF: Brasília, 2019b.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos: 10º levantamento: safra 2022/2023. Brasília, DF: Brasília, v.10, n.10, p. 75-81, 2023. (Boletim da safra de grãos). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safra/gaos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 jul. 2023.

CORREIA, E. C. S da S. **Reação de cultivares de alface do grupo Americano a *Meloidogyne incognita*, *M. javanica* e *M. enterolobii***. 2013. Dissertação (Mestrado em Proteção de Plantas) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho, Botucatu, 2013.

CUNHA E CASTRO, J. M. da; LIMA, R. D. de; CARNEIRO, R. M. D. G. Variabilidade isoenzimática de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de regiões brasileiras produtoras de soja. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 27, n. 1, p. 1-12, 2003.

DIAS-ARIEIRA, C. R.; CHIAMOLERA, F. M. Cresce a incidência de nematoides em milho e soja. **Revista Campo e Negócios**, Uberlândia, v. 97, p. 18-21, 2011.

DIAS, W. P.; GARCIA, A.; SILVA, J. F. V.; CARNEIRO, G. E. de S. Nematoides em soja: Identificação e controle. **Circular Técnica 76**, Londrina, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2010/30766/1/CT76-eletronica.pdf>. Acesso em: 04 out. 2021.

DINARDO-MIRANDA. Raízes com sintomas lesões necróticas. 2014. 2 fotografias. Disponível em: [https://www.researchgate.net/publication/267771098\\_NEMATOIDES\\_E\\_PRAGAS\\_DE\\_SOLO\\_EM\\_CANA-DE-ACUCAR\\_EM\\_CANA-DE-ACUCAR\\_EM\\_CANA-DE-ACUCAR\\_EM\\_CANA-DE-ACUCAR](https://www.researchgate.net/publication/267771098_NEMATOIDES_E_PRAGAS_DE_SOLO_EM_CANA-DE-ACUCAR_EM_CANA-DE-ACUCAR_EM_CANA-DE-ACUCAR_EM_CANA-DE-ACUCAR). Acesso em: 20 jun. 2022.

ELLING, A. A. Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. **Phytopathology**, St. Paul, Minnesota, v. 103, n. 11, p. 1092-1102, 2013. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-01-13-0019-RVW>.

EISENBACK, J. D.; TRIANTAPHYLLOU, H. H. Root-knot nematode: *Meloidogyne* spp. and races. In: NICKLE, W. R. (ed.). **Manual of agricultural nematology**. New York, 1991. p. 191-274.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA SOJA. **Tecnologias de produção de soja região central do Brasil**. Londrina, PR, 2010. 255 p. (Sistemas de Produção / Embrapa Soja, n.14).

ESTATÍSTICAS DE COMÉRCIO EXTERIOR DO AGRONEGÓCIO BRASILEIRO – AGROSTAT. **Indicadores Gerais Agrostat**. Brasília, DF, 2023. Disponível em: MAPA Indicadores (agricultura.gov.br). Acesso em: 24 jul. 2023.

FALEIRO, V. O.; FARIAS NETO, A. L.; BORGES, D. C.; SILVA, J. F. V.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SILVA NETO, S. P. Reação de cultivares de soja a *Pratylenchus brachyurus*. In: VI Congresso Brasileiro de soja. 2012, Cuiabá. **Anais** [...]. Mato Grosso, Cuiabá, 2012.

FAVORETO, L.; MEYER, M. C. **O nematoide da haste verde**. Londrina: Embrapa Soja, 2019. 11 p. (Circular Técnica, 147).

FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; MACHADO, A.C.Z.; SANTIAGO, D.C.; RIBEIRO, N.R. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

FERRARI, E.; JUNIOR, E. U. R.; FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; FALEIRO, V. O.; SHIRATSUCHI, L. S.; DIAS, W. P.; FREITAS, C. M.; SILVA, E. E.; GIESE, E. População de *Pratylenchus brachyurus* no cultivo de soja sobre soja e sua influência na produtividade de grãos. In: IV Jornada Científica da Embrapa Agrossilvipastoril, 2015, Brasília. **Resumos** [...]. Brasília: Embrapa, 2015.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 251p.

FERRAZ, S.; FREITAS, L. G.; LOPES, E. A.; DIAS-ARIEIRA, C. R. **Manejo sustentável de nematoides**. Viçosa: Editora UFV, 2012. 306p.

FERREIRA, N. P. **Reação de genótipos de soja do programa de melhoramento da Universidade Federal de Uberlândia ao fitonematoide *Heterodera glycines* raça 3**. 2007. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia. Uberlândia, 2007.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SILVA, J. F.V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. In: BERNARDI, A. C. de C.; NAIME, J. de M.; RESENDE, A. V. de; BASSOI, L. H.; INAMASU, R. Y. (ed.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. São Carlos: Embrapa Instrumentação, 2014. p. 274-278.

FREITAS, L. G.; OLIVEIRA, R. D'ARC. L.; FERRAZ, S. **Introdução à nematologia**. Viçosa: Editora UFV, 2001. p.84. (Cadernos Didáticos).

- GODFREY, G. H. A destructive root disease of pineapples and other plants due to *Tylenchus brachyurus* n.sp. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 19, p. 611-629, 1929.
- GOULART, A. M. C. **Aspectos gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2008. 30 p (Documentos – ISSN 1517-5111; 219). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CPAC-2010/30288/1/doc-219.pdf>. Acesso em: 16 ago. 2022.
- GONTIJO, L. N. **Fêmea de *Meloidogyne* sp.** 2022. 1 fotografia. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, L. N. **Raízes com galhas.** 2022. 1 fotografia. Disponível em: Acervo pessoal.
- GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. *In*: LOURENÇÃO, A. L. F. (1º ed.). **Tecnologia & Produção: Soja 2013/2014**. Maracaju: Midiograf., 2014. p. 194- 203. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-soja-2013-2014/>. Acesso em: 04 out. 2021.
- GUIMARÃES, T. M. **Multiplicação do nematoide *Meloidogyne javanica* em plantas invasoras e seu efeito sobre o desenvolvimento do manjeriço.** 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília. 2012.
- HANDOO, Z. A.; GOLDEN, A. M. A key and diagnostic Compendium to the species of the genus *Pratylenchus* Filipjev, 1936 (Lesion Nematodes). **Journal of Nematology**, Hertfordshire, v. 21, n. 2, p. 202-218, 1989.
- HUSSEY, R. S.; WILLIAMSON, V. M. Physiological and molecular aspects nematode parasitism. *In*: BARKER, K.R.; PEDERSON G.A.; WINDHAM, G.L. (ed.) **Plant and nematode interactions**. Madison, Wisconsin: American Society of Agronomy, 1998, cap. 5, p. 87-108.
- IBGE. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.
- INOMOTO, M. M.; SILVA, R. A. Importância dos nematoides da soja e influência da sucessão de cultura. **Boletim de Pesquisa da soja 2011**, Rondonópolis, n. 15, p. 392-399, 2011.
- INOMOTO, M. M.; SIQUEIRA, K. M. S.; MACHADO, A. C. Z. Sucessão de cultura sob pivô central para controle de fitonematoides: variação populacional, patogenicidade e estimativa de perdas. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 36, p. 178-185, 2011.
- JONES, M. G. K.; FOSU-NYARKO. Molecular biology of root lesion nematodes (*Pratylenchus* spp.) and their interaction with host plants. **Annals of Applied Biology**, Warwick, v. 164, n. 2, p. 163-182, 2014.

JONES, M. G. K.; GOTO, D. B. Root-Knot nematodes and giant cells. *In*: JONES, J.; GHEYSEN, G.; FENOLL, C. (ed.). **Genomics and Molecular Genetics of Plant-Nematode Interactions**, Springer, Dordrecht, 2011, p. 83-100. DOI: [https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-94-007-0434-3_5)

KARSSSEN, G.; WESEMAEL, W.; MOENS, M. Root-knot nematodes. *In*: PERRY, R. N.; MOENS, M. (ed.). **Plant Nematology**. London: CAB International, 2005, p. 3-105.

KAPLAN, D. T.; DAVIS, E. L. Mechanisms of plant incompatibility with nematodes. *In*: VEECH, J. A.; DICKSON, D. W. (ed.). **Vistas on Nematology**. Hyattsville: Society of Nematologists, 1987. p. 267-276.

LOOF, P. A. A. Taxonomic studies on the genus *Pratylenchus* (Nematoda). **Tijdschrift over Plantenziekten**, v.66, n. 39, p. 29-90, 1960. Disponível em: <https://edepot.wur.nl/393976>. Acesso em: 17 ago, 2022.

LORDELLO, L. G. E. **Nematoides das plantas cultivadas**. São Paulo: Nobel. 314 p. 1984.

LORETO, R. B.; FRANÇA, P. P.; FAVORETO, L.; MEYER, M. C.; ANDRADE, D. F. M.; SILVA, S. A. Efeito da infecção simultânea de *Aphelenchoides besseyi* e *Meloidogyne incognita* no desenvolvimento da soja. *In*: 37ª REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA. 2019. **Anais eletrônicos [...]**. Londrina, Paraná, 2019. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1110102/1/novoResumosRPS2019online.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

LUC, M. A. Reappraisal of Tylenchina (Nemata): 7. The family Pratylenchidae Thorne, 1949. **Revue de Nématologie**, Paris, v.v10, n.v2, p. 203-218, 1987.

MACHADO, A. C. Z. Host status of some selected brazilian soybean cultivars to *Pratylenchus brachyurus*. *In*: 2º INTERNATIONAL CONGRESS OF TROPICAL NEMATOLOGY; 28º CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 2009. **Anais eletrônicos [...]**. Maceió, Alagoas, 2009. Disponível em: <http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20334/286-436%20co.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

MACHADO, A. **Nematoide: a praga que custa R\$ 35 bilhões ao agronegócio brasileiro**. Piracicaba: ADEALQ – USP-ESALQ. 2015. Disponível em: [www.adealq.org.br/acontece/Nematoide-a-praga-que-custa-R\\$-35-bilh%C3%B5es-ao-agroneg%C3%B3cio-brasileiro-1410](http://www.adealq.org.br/acontece/Nematoide-a-praga-que-custa-R$-35-bilh%C3%B5es-ao-agroneg%C3%B3cio-brasileiro-1410). Acesso em: 04. out. 2022.

MENDES, M. L.; CAMILO, O. C.; VICENTE, F. R.; RODRIGUEZ, P. B. N. Reação de genótipos de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] a *Meloidogyne javanica* (Treub, 1885) Chitwood 1949. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, p. 89-93, 2001.

MIRANDA, D. M.; FAVORETO, L.; RIBEIRO, N. R. Nematoides – um desafio constante. **Boletim de Pesquisa da Soja 2011**, Rondonópolis, n. 15, p. 400-414, 2011.

MOENS, M.; PERRY, R. N.; STAR, J. L. *Meloidogyne* species – a diverse group of novel and important plant parasites. In: PERRY, R. N.; MOENS, M.; STARR, J. L. (ed.) **Root-knot nematodes**. Cambridge: CAB International, 2009. p. 1-17.

MOTA, L. C. B. M. **Micro-organismos, quitina e quitosana no manejo de nematoides das galhas no tomateiro**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

MOURA, R. M.; REGIS, E. M. O. Reações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 10, p. 215-225, 1987.

OLIVEIRA, A. K. DOS S. **Influência da planta hospedeira e temperatura na migração vertical de *Meloidogyne enterolobii* e *M. incognita* em colunas de solo**. 2019. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola/Engenharia de água e solo) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2019.

OOSTENBRINK, M. Major characteristics of the relation between nematodes and plants. **Mendelingen Landbouwhogeschool**, Wageningen, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.

PEZZONI FILHO, J. C. **Dinâmica espaço-temporal da ocorrência de nematoides em seringueira**. 2014. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Faculdade de Ciências Agrônomicas de Botucatu, Universidade Estadual de São Paulo, Botucatu, 2014.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; HOMECHIN, M.; SILVA, J. F. V.; FRANCISCO, A. Avaliação da reação de genótipos de soja ao nematoide das lesões radiculares. In: 29º REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 2007, Campo Grande. **Anais [...]**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p. 62-63.

RIBEIRO, N. R.; BEZERRA, F. F.; SILVEIRA, T. F.; LIMA, C. P.; SILVA, C. S.; SILVA, A. P. L. Avaliação da resistência de genótipos de soja (*Glycine max*) ao nematoide *Pratylenchus brachyurus*. In: 2º INTERNATIONAL CONGRESS OF TROPICAL NEMATOLOGY; 28º CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA, 2009. **Anais eletrônicos [...]**. Maceió, Alagoas, 2009. Disponível em: <http://docentes.esalq.usp.br/sbn/nbonline/ol%20334/286-436%20co.pdf>. Acesso em: 05 ago. 2022.

RIBEIRO, N. R.; DIAS, W. P.; SANTOS, J. M. **Distribuição de fitonematoides em regiões produtoras de soja do estado de Mato Grosso**. Rondonópolis: Fundação MT, 2010. p. 289-296. (Boletim de Pesquisa de Soja 2010).

ROBERTS, P. A. Concepts and consequences of resistance. In: STARR, J. L.; COOK, R.; BRIDGE, J. (ed.) **Plant resistance to parasitic nematodes**. Wallingford: CAB International, 2002, p. 23-41.

SANTOS, M. F. A. **Diversidade de *Meloidogyne incognita* e espécies correlatas como sugerem abordagens biológicas, citológicas, morfológicas e moleculares**.

2011. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) - Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2011.

SANTOS, P.; LOPEZ A.; REBELATO, G.; FRIGO, M. Reação de cultivares de soja a nematoides de galhas. **Revista Cultivar: Grandes Culturas**, Pelotas, edição 203, 2020.

SANTOS, T. de F. S. dos. **Metodologia de avaliação a *Pratylenchus brachyurus* e reação de genótipos de soja aos nematoides das galhas e das lesões**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Instituto de Ciências Agrárias e Tecnológicas, Universidade Federal do Mato Grosso, Rondonópolis, 2012.

SEVERINO, C. R. **Reboleira**. 2020. 1 fotografia. Disponível em: Foto cedida.

SEVERINO, J. J.; DIAS-ARIEIRA, C. R.; TESSMANN, D. J. Nematodes associated with sugarcane (*Saccharum* spp.) in sandy soils in Parana, Brazil. **Nematropica**, Florida, v. 40, n. 1, p. 111-119, 2010.

SHARMA, R. D. Reaction of soybean genotypes to *Meloidogyne javanica*. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v.17, p.9-10, 1993.

SILVA, A. C. F. **Reação de genótipos de soja ao *Pratylenchus brachyurus***. 2014. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) - Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SILVA, J. F. V. Resistência genética da soja a nematoides do gênero *Meloidogyne*. In: SILVA, J. F. V.; MAZAFFERA, P.; CARNEIRO, R. G.; ASMUS, G. L.; FERRAZ, L. C. C. B. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2001. 127p.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA (SBN). Distribuição de nematoides no Brasil. In: 37º CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA. Ribeirão Preto, 2022. **Anais eletrônicos** [...]. Ribeirão Preto, São Paulo, 2022. Disponível em: [https://www.37cbn.com.br/files/anais\\_2022\\_v2.pdf](https://www.37cbn.com.br/files/anais_2022_v2.pdf). Acesso em: 14 set. 2022.

SOUSA, R. L. **Nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus* spp.) no Cerrado Brasileiro com ênfase nos danos causados à cultura do arroz**. 2018. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Brasília, Brasília, 2018.

SOUZA R. **Soluções de controle para nematoides**. 2016. Disponível em: <http://www.pioneersementes.com.br/blog/105/solucoes-de-controle-para-nematoides>. Acesso: 12 jun. 2020.

SYNGENTA BRASIL. **Levantamento inédito prevê prejuízo potencial de até R\$ 870 bilhões em menos de 10 anos com danos causados por nematoides**. São Paulo, 2022. Disponível em: <https://www.syngenta.com.br/press-release/institucional/levantamento-inedito-preve-prejuizo-potencial-de-ate-r-870-bilhoes-em#:~:text=Hoje%2C%20as%20regi%C3%B5es%20mais%20impactadas,de%2075%25%20das%20%C3%A1reas%20analizadas>. Acesso em: 07 set. 2022.



TEIXEIRA, R. A. **Reação de cultivares de soja a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica***. 2013. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2013.

TIHOHOD, D. **Nematologia Agrícola Aplicada**. Jaboticabal: Funep, 1993. 372 p.

WILCKEN, S. R. S.; FIRMINO, A. C.; FURTADO, E. L. Detecção de *Meloidogyne exigua* em plantas de seringueira em Prata-MG. **Summa Phytopathologica**. Botucatu, v. 39, n. suplemento, 2013. CD-ROM.

## CAPÍTULO 1

### REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE SOJA AOS NEMATÓIDES *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*

Luciana Nunes Gontijo\*<sup>1</sup>, Fernando Cezar Juliatti<sup>2</sup>, Maria Amelia dos Santos<sup>2</sup>

\* autor para correspondência: lucianangontijo@gmail.com

<sup>1</sup> Mestre em Fitopatologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

<sup>2</sup> Professor Titular, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

#### RESUMO

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja e estudos demonstram que a produção continuará a crescer nos próximos anos. Entretanto, esse aumento é considerado um grande desafio em função dos sérios danos e prejuízos causados pelos nematoides. O uso de materiais resistentes representa uma alternativa sustentável na supressão dos mesmos. Diante disso, objetivou-se avaliar a reação de genótipos de soja sobre as populações de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica*. Foram conduzidos para cada espécie dois experimentos, em data diferentes, em condições de casa de vegetação, instalados em delineamento de blocos casualizados com dez e vinte e dois tratamentos, respectivamente e quatro repetições. As plantas foram inoculadas, dez dias após o plantio, com uma suspensão de 2500 ovos e juvenis de segundo estágio de *M. incognita* e *M. javanica*. As avaliações ocorreram sessenta dias após a inoculação (DAI), determinando-se altura de plantas, diâmetro de caule, índice Spad, índice de área foliar, fator de reprodução e redução do fator de reprodução. Para a espécie *M. incognita* todos os genótipos se comportaram como suscetíveis. Os genótipos UFUL 592 e UFUL 298 obtiveram maior desenvolvimento vegetativo e o genótipo UFUL 526 comportou-se como bom hospedeiro do nematoide. Para *M. javanica*, os genótipos UFUL 172 e UFUL 592 apresentaram bom desempenho nos parâmetros de crescimento, bem como nos nematológicos. Em geral, o genótipo UFUL 592 apresentou boa performance nos quatros ensaios.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; nematoide de galhas; melhoramento genético.

## ABSTRACT

Brazil is the world's largest producer and exporter of soybean and studies show that production will continue to grow in the coming years. However, this increase is considered a major challenge due to the serious damage and losses caused by nematodes. The use of resistant materials represents a sustainable alternative for suppressing them. Therefore, the objective was to evaluate the reaction of soybean genotypes to populations of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica*. Two experiments were carried out for each species, on different dates, under greenhouse conditions, installed in a randomized block design with ten and twenty-two treatments, respectively, and four replications. Plants were inoculated ten days after planting with a suspension of 2500 eggs and second-stage juveniles of *M. incognita* and *M. javanica*. Evaluations took place sixty days after inoculation (DAI), determining plant height, stem diameter, Spad index, leaf area index, reproduction factor and reproduction factor reduction. For the species *M. incognita* all genotypes behaved as susceptible. The UFUL 592 and UFUL 298 genotypes had greater vegetative development and the UFUL 526 genotype behaved as a good host for the nematode. For *M. javanica*, the UFUL 172 and UFUL 592 genotypes showed good performance in terms of growth parameters, as well as nematological ones. In general, the UFUL 592 genotype performed well in the four trials.

**Key-words:** *Glycine max*; root-knot nematodes; genetic improvement.

## INTRODUÇÃO

O primeiro cultivo de soja comercial no Brasil ocorreu em 1960 no Rio Grande do Sul e um dos gargalos iniciais foi a capacidade de produzir sementes de alta qualidade, adaptadas as condições adversas como altas temperaturas e regime de chuvas inadequado (GAZZONI, 2018). Para solucionar essas questões, o país passou a investir em tecnologia para adaptação da cultura às condições brasileiras.

Desde então, a expansão da cultura ganhou grandes proporções e atingiu todas as regiões do país. Isso só foi possível com o desenvolvimento de cultivares adaptadas, o que levou a introdução do grão nas regiões Centro-Oeste, Nordeste e Norte (ASSOCIAÇÃO DOS PRODUTORES DE SOJA E MILHO DO ESTADO DE MATO GROSSO – APROSOJA, 2020), bem como aumento da demanda mundial pelo grão, com destaque para a China; disponibilidade de áreas agricultáveis e de políticas agrícolas (CONTINI et al., 2018).

O Brasil é o maior produtor e exportador mundial de soja, atingindo uma participação de 56% nas exportações globais do grão (ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO – OMC, 2019). Na safra 2022/2023, a cultura ocupou uma área de 44,06 milhões de hectares, o que totalizou uma produção de 154,56 milhões de toneladas atingindo uma produtividade média de 3.508 kg por hectare (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB, 2023). Nesse contexto, a sojicultura desempenha papel fundamental no equilíbrio da balança comercial brasileira.

Estudos demonstram que a produção continuará a crescer nos próximos anos. De acordo com a APROSOJA (2020), a prospecção é que até 2029 a produção aumente em 32%, o consumo em 22% e as exportações em 41%. A OCDE-FAO (2017) projetou um acréscimo na área colhida mundialmente de 15 milhões de hectares. Isso significa que o Brasil deve ser responsável por 81,0% dessa expansão.

Entretanto, esse aumento na produtividade é considerado um grande desafio para os próximos anos. Em função de uma relativa estagnação da produtividade, visto que a média nacional fica em torno de 3,3 toneladas por hectare, além das intercorrências ambientais como seca durante o ciclo ou chuvas durante a colheita (CONTINI et al., 2018) e da diversidade de pragas que acometem a cultura.

Dentre as pragas destacam-se os nematoides por causarem sérios danos e prejuízos a cultura, principalmente em regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, as espécies que tem mais causado danos a soja são os nematoides das galhas (*Meloidogyne*

spp.) o de cisto (*Heterodera glycines*), o das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*), o reniforme (*Rotylenchulus reniformis*) (DIAS et al., 2010), e o da haste verde (*Aphelenchoides besseyi*) (FAVORETO e MEYER, 2019). A importância dessas espécies se deve a presença endêmica em diversas regiões produtoras, elevada variabilidade genética e o risco potencial de dano com o incremento da área cultivada com espécies suscetíveis (CONTINI et al., 2018).

De acordo com Grigolli e Asmus (2014), os nematoides vêm crescendo em importância no sistema produtivo e ganhando espaço no cenário brasileiro por causar sérios danos e perdas nas lavouras, além de poder inviabilizar algumas áreas de cultivo da soja. Segundo os autores, os nematoides do gênero *Meloidogyne* são considerados os mais importantes fitonematoides por apresentarem ampla distribuição geográfica e uma enorme gama de hospedeiros.

Um dos desafios no controle dos fitonematoides é o manejo sustentável desse patógeno nos sistemas agrícolas (DIAS-ARIEIRA e PUERARI, 2019). Nesse contexto, o uso de materiais resistentes representa uma alternativa sustentável na supressão dos mesmos. Entretanto, a baixa disponibilidade de materiais resistentes a esses microrganismos, associada ao baixo potencial produtivo e/ou a adaptabilidade restrita a algumas regiões produtoras, torna o uso desses genótipos pouco difundido (CORTE, 2013; MAZZETTI, 2017), além disso, as cultivares de soja resistentes e moderadamente resistentes disponíveis a *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* tem base genética limitada por descenderem de uma única fonte de resistência: a cultivar americana Bragg (BATISTA, 2012). Essa cultivar é originária do cruzamento Jackson com D49-2491, onde Jackson contribui com os genes de resistência (SILVA, 2001).

Assim, o trabalho teve como objetivo avaliar, em condições controladas, a reação de genótipos de soja do programa de germoplasma desenvolvido pelo Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia (LAMIP/UFU), sobre as populações de *Meloidogyne incognita* e *M. javanica* e, o efeito desses nematoides no desenvolvimento das plantas.

## **1.1 MATERIAL E MÉTODOS**

### **1.1.1 Localização dos experimentos, clima e época**

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação localizada na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da

Universidade Federal de Uberlândia (UFU), *Campus* Umuarama, no Município de Uberlândia/MG, nas coordenadas geográficas 18°53'01" S e 48°15'42" O a 833 m de altitude. O clima da região é classificado como tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco (KÖPPEN, 1948).

Para cada espécie de *Meloidogyne* sp. foram conduzidos dois experimentos. Os ensaios com os isolados *M. incognita* e *M. javanica* foram conduzidos, em data diferentes, em delineamento de blocos casualizados com dez e vinte e dois tratamentos, respectivamente, e quatro repetições. A execução dos experimentos ocorreu entre 23 de setembro de 2021 e 03 de janeiro de 2022, no período entre primavera e o verão (Quadro 1.1).

**Quadro 1.1** – Cronograma de execução dos experimentos em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021.

Isolados de <i>Meloidogyne</i>	Ensaio	Semeadura da soja	Inoculação	Finalização do experimento
<i>Meloidogyne javanica</i>	1	23/09/2021	02/10/2021	02/12/2021
	2	30/09/2021	09/10/2021	09/12/2021
<i>Meloidogyne incognita</i>	1	18/10/2021	27/10/2021	27/12/2021
	2	25/10/2021	03/11/2021	03/01/2022

O solo utilizado para os experimentos foi previamente amostrado para análise química e física e posteriormente esterilizado como Bunema. A interpretação da análise de solo e a recomendação de adubação foi de acordo com Alvarez et al. (1999). A calagem e os adubos (MAP e KCl) foram aplicados e incorporados antes da semeadura da soja (Quadro 1.2).

**Quadro 1.2** – Caracterização química e física da amostra de solo. Uberlândia-MG, 2021.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	P-Mehlich	K <sup>+</sup>	H+Al	CTC	SB
01:02,5		---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----			---- mg dm <sup>-3</sup> ----		----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----		
6,47	-	0,64	0,05	0,0	2,63	11,4	1,05	1,77	0,72
t	M.O.	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----			----- % -----				
0,72	0,52	28,6	0,38	0,27	46,6	4,60	0,58	40,68	0,0
Características físicas									
Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe textural				
	----- g kg <sup>-1</sup> -----								
	594	225	62	119	Média				

pH em H<sub>2</sub>O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,1 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7.3) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> x 10 = mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup> = ppm / dag kg<sup>-1</sup> = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

### 1.1.2 Obtenção das subpopulações dos nematoides e multiplicação

Os isolados de *M. incognita* e *M. javanica* foram cedidos pela Inova Genética LTDA. As subpopulações de cada isolado foram recuperadas e mantidas em casa de vegetação, tendo como planta multiplicadora o tomate Santa Cruz Kada e quiabo. As espécies de *M. incognita* e *M. javanica* foram previamente identificadas por meio da análise eletroforética (CARNEIRO, ALMEIDA, 2001), sendo realizadas no Laboratório de Diagnóstico Fitossanitário – NEMAFITO.

A extração dos nematoides foi realizada de acordo com a metodologia de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964) tanto para solo como para raízes. As raízes, foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de solo, pesadas e processadas primeiramente pela técnica de Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981), e então submetidas à metodologia de flotação citada (Figura 1.1).

**Figura 1.1** – Processamento de solo e raízes. Uberlândia-MG, 2021.



**Legenda:** A- Processamento de raízes, B- Processamento de solo e C- flotação centrífuga em solução de sacarose tanto para solo como para raízes **Foto:** GONTIJO, 2021; MOTA, 2015.

A amostra de solo foi homogeneizada e uma alíquota de 150 cm<sup>3</sup> de solo foi colocada em um recipiente contendo 2 L de água. Os torrões foram desmanchados e a

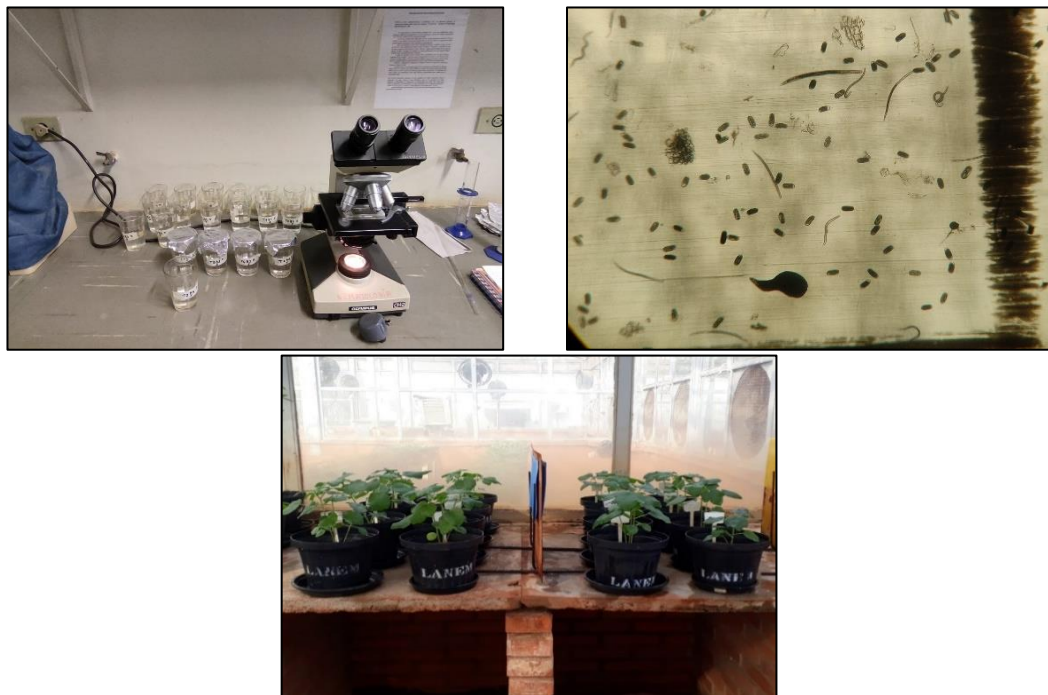


suspensão, após a homogeneização, permaneceu em repouso por 15 segundos. Após esse período, a suspensão foi vertida em peneiras sobrepostas de 20 (malha de 0,85 mm) e 400 mesh (malha de 0,037 mm). O resíduo da peneira de 400 meshes foi recolhido e distribuído em tubos de centrífuga balanceados que então foram centrifugados por 5 minutos, à velocidade de 650 gravidades a 5.000 rpm.

Depois da centrifugação, o sobrenadante foi descartado e ao resíduo adicionado uma solução de sacarose (454 g de açúcar cristal por 1 L de água). Os tubos foram centrifugados novamente na mesma velocidade, durante 1 min. O sobrenadante foi vertido na peneira de 500 mesh (malha de 0,025 mm). O resíduo foi recolhido com auxílio de jatos de água de uma pisseta para um copo (Figura 1.1).

A alíquota obtida foi colocada na câmara de Peters (SOUTHEY, 1970) e com auxílio do microscópio fotônico foi realizado a contagem dos nematoides para quantificar a população do mesmo. Essas subpopulações foram inoculadas na concentração de 5000 ovos em plantas de tomateiro (Santa Cruz Kada) e em quiabo, semeadas em vasos de plástico com capacidade para três litros, contendo uma mistura de solo e areia na proporção 1:2 (v:v), previamente esterilizada, que foram mantidas, em casa de vegetação (Figura 1.2).

**Figura 1.2** – Contagem de ovos, juvenis e adultos de *Meloidogyne* spp. e inoculação em plantas hospedeiras. Uberlândia-MG, 2021.



**Foto:** GONTIJO, 2021.

A partir das raízes de tomate e quiabo exibindo galhas, em torno de 70 dias após a inoculação foram extraídos os ovos de acordo com a metodologia supracitada para preparar as suspensões dos nematoides de galha.

### 1.1.3 Reação de genótipos de soja a *M. incognita* e *M. javanica*

Para os isolados de *M. incognita* e *M. javanica* foram analisados oito e vinte genótipos de soja, respectivamente, para os quais não há reação de resistência ou suscetibilidade descrita e, como controle foram utilizadas duas variedades de soja: BRS7980 e BMX Desafio, classificadas como resistente e suscetível, respectivamente (Quadro 1.3 e 1.4).

Os genótipos em estudo foram derivados de cruzamentos entre genótipos BRS Caiapônia, IAC-100, BRS Santa Cruz, BRS Luziânia, Msoy 9350, UFUS Impacta e Potenza em cinco diferentes combinações (Quadro 1.3). Esses cruzamentos foram realizados em casa de vegetação no ano de 2007, onde obteve-se as gerações F<sub>1</sub>. O avanço da geração F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> ocorrem também em casa de vegetação no período de 2008 a 2009 e as progênies F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> foram utilizados nos anos 2009/10 em uma pesquisa para estudar a resistência dessas progênies a ferrugem asiática (MARTINS, 2011).

Posteriormente esses materiais foram semeados no ano de 2011 para gerar as progênies F<sub>4</sub> que foram utilizadas para mapear os QTLs ligados a resistência parcial a ferrugem asiática (SANTOS, 2015). Em 2013/14 as sementes da geração F<sub>5</sub> e F<sub>6</sub> foram utilizadas em um experimento para identificar a reação desses materiais a *Heterodera glycines* raça 3 (JULIATTI 2015). O avanço das gerações continuou ao longo dos anos até chegar na geração F8:9 utilizada no presente estudo.

**Quadro 1.3** – Caracterização dos genótipos (LAMIP/UFU) em estudo. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamento	Genótipo	Cruzamento que deu origem ao genótipo ou linhagem comercial	Geração
<b>Ensaio de <i>M. incognita</i></b>			
T1	UFUL 157	BRS Caiapônia x IAC100 planta 14	F8:9
T2	UFUL246	BRS Santa Cruz x Msoy 9350 planta 3	F8:9
T3	UFUL298	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 110.1.1-9	F8:9
T4	UFUL457	BRS Santa Cruz x IAC 100 planta 8.3.2	F8:9
T5	UFUL511	BRS Luziânia x Potenza planta 173.2	F8:9
T6	UFUL525	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.1	F8:9
T7	UFUL526	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.2	F8:9
T8	UFUL592	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 23.1.17.1	F8:9
<b>Ensaio de <i>M. javanica</i></b>			
T1	UFUL154	BRS Caiapônia x IAC planta 1-3	F8:9
T2	UFUL157	BRS Caiapônia x IAC100 planta 14	F8:9
T3	UFUL172	BRS Luziânia x Potenza planta 134.1	F8:9
T4	UFUL173	BRS Luziânia x Potenza PL 134.5	F8:9
T5	UFUL195	BRS Luziânia x Potenza planta 32.2.5	F8:9
T6	UFUL218	BRS Luziânia x UFUS Impacta planta 25.1.4	F8:9
T7	UFUL246	BRS Santa Cruz x Msoy 9350 planta 3	F8:9
T8	UFUL259	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 110.1.7.1	F8:9
T9	UFUL261	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 110.1.7.2	F8:9
T10	UFUL280	BRS Caiapônia x Potenza planta 3.1	F8:9
T11	UFUL294	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 23.2	F8:9
T12	UFUL298	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 110.1.1-9	F8:9
T13	UFUL456	BRS Santa Cruz x IAC 100 planta 8.3.1	F8:9
T14	UFUL457	BRS Santa Cruz x IAC 100 planta 8.3.2	F8:9
T15	UFUL511	BRS Luziânia x Potenza planta 173.2	F8:9
T16	UFUL525	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.1	F8:9
T17	UFUL526	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.2	F8:9
T18	UFUL528	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.3	F8:9
T19	UFUL592	BRS Caiapônia x IAC 100 planta 23.1.17.1	F8:9
T20	UFUL611	BRS Luziânia x Potenza planta 5	F8:9

**Quadro 1.4** – Características agronômicas das cultivares utilizadas nos cruzamentos e dos padrões de resistência e de suscetibilidade. Uberlândia-MG, 2021.

Características	Cultivar				
	BMX Desafio	BRS7980	BRSGO Luziânia	BRSGO Caiapônia	IAC-100
Grupo de maturação	7.4	7.9	8.5	7.7	-
Hábito de crescimento	Indeterminado	Determinado	Determinado	Indeterminado	Determinado
Porte	Médio	Médio	Médio	Médio	Médio
Índice de ramificação	Baixa	Alto	-	-	Pouco ramificada
Resistente ao acamamento	Sim	Moderado resistente	Resistente	Resistente	Resistente
Resistência a nematoides	Não	Sim	Sim	Sim	-
Observações	Alto potencial de produtividade	Resistente ao NCS raças 1, 3 e 5; a <i>M. javanica</i> ; <i>M. incognita</i> e a <i>Pratylenchus</i> spp.	Resistente a <i>M. javanica</i> ; moderadamente resistente a <i>M. incognita</i>	Resistente a <i>M. incognita</i> ).	Resistência moderada a insetos sugadores de folhas

Características	Cultivar			
	Potenza	BRSGO Santa Cruz	Monsoy 9350	UFUS impacta
Grupo de maturação	-	-	9.3	-
Hábito de crescimento	-	Determinado	Determinado	Determinado
Porte	-	Média	Alto	Médio
Índice de ramificação	-	-	-	-
Resistente ao acamamento	-	Resistente	Moderadamente resistente	Regular
Resistência a nematoides	-	Não	Não	Não
Observações	-	Suscetível a <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>	Suscetível a <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i> )	Alta tolerância a ferrugem asiática e oídio. Suscetível a <i>M. incognita</i> e moderadamente suscetível a <i>M. javanica</i>

**Fonte:** AGRANDA SEMENTES, 2022; BRASMAX GENÉTICA BRASIL, 2022; EMBRAPA, 2022; HAMAWAKI, 2022; NUNES JÚNIOR et al., 2022; VEIGA et al., 1999; SELECTA, 2022.

Os experimentos foram conduzidos em copos de plástico com capacidade de 770 mL, contendo uma mistura de solo e areia na proporção 1:2 (v:v), previamente esterilizada com Bunema, mantidos em casa de vegetação (Figura 1.3).

**Figura 1.3** – Preparo do solo e areia. Uberlândia-MG, 2021.



**(A)**



**(B)**

**Legenda:** **A-** Peneiramento do solo; **B-** Mistura do solo com a areia. **Foto:** GONTIJO, 2021.

Para cada experimento foram semeadas seis sementes de cada genótipo em copos de plástico. Após dez dias de emergência foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta/parcela (copo plástico). Em seguida foi realizada a inoculação depositando-se uma suspensão aquosa contendo 2500 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) com o auxílio de uma pipeta, em orifícios próximos a base do caule a uma profundidade de 2 cm de cada planta em cada parcela (Figura 1.4).

**Figura 1.4** – Inoculação dos isolados de *Meloidogyne* spp. em plântulas de soja. Uberlândia-MG, 2021.



(A)



(B)



(C)

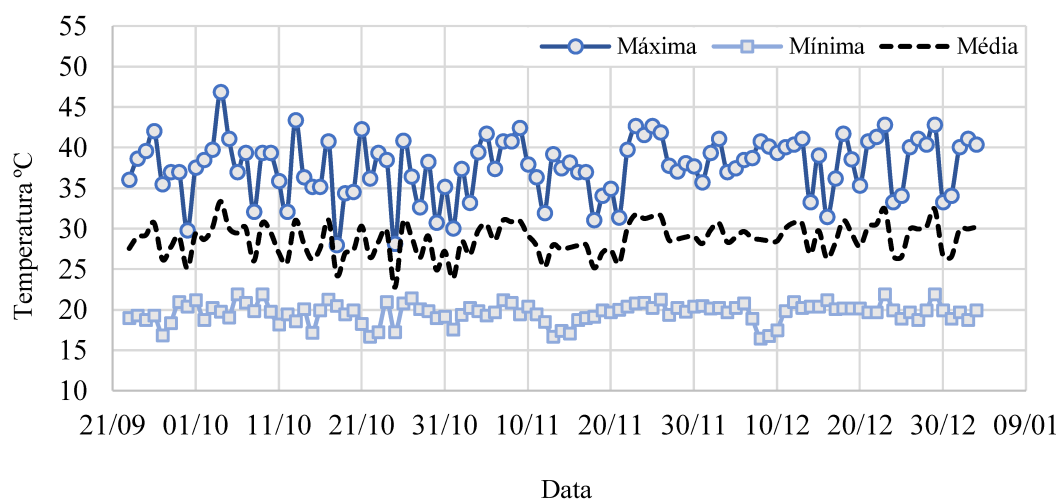


(D)

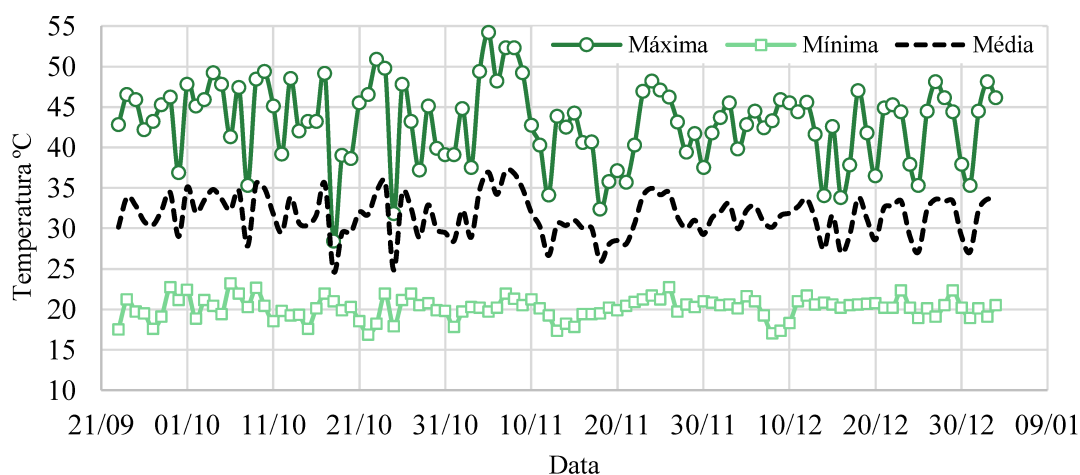
**Legenda:** A- Isolado de *Meloidogyne javanica*; B- Isolado de *Meloidogyne incognita*; C- Experimento de *Meloidogyne javanica*; D- Experimento de *Meloidogyne incognita*. Foto: GONTIJO, 2021.

Durante o período de condução do experimento, as plantas foram regadas diariamente visando manter o nível adequado de umidade no solo para o crescimento das plantas e com o cuidado de não encharcar o substrato. Além disso, foram tomadas as temperaturas máximas e mínimas do ambiente e do solo utilizando o aparelho thermo-hygrometer AK28 da ASKO (Figura 1.5).

**Figura 1.5** – Temperatura máxima, mínima e média do solo e do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos. Uberlândia-MG, 2021.



(A)



(B)

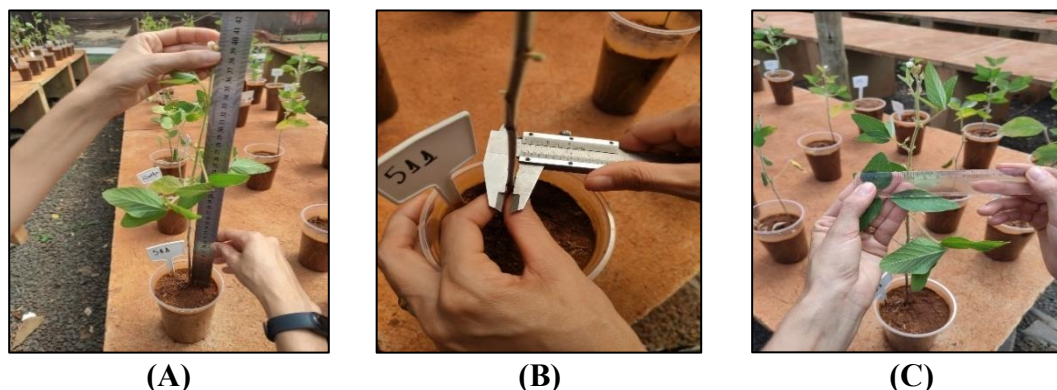
**Legenda:** A- Temperatura do solo; B- Temperatura do ambiente da casa de vegetação.  
**Fonte:** GONTIJO, 2021.

#### 1.1.4 Parâmetros agrônômicos avaliados

Sessenta dias após a inoculação foram avaliados os seguintes parâmetros: altura de plantas (cm), diâmetro de caule (cm), índice Spad e área foliar (Figura 1.6). A medição da altura de plantas foi realizada com uma régua métrica graduada em cm, e compreendeu a distância entre colo e o ápice da planta; o diâmetro do caule foi determinado na altura do nó cotiledonar, em sentido contrário à inserção destes, com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros.



**Figura 1.6** – Avaliação dos parâmetros de crescimento em plantas de soja. Uberlândia-MG, 2021.



**Legenda:** **A-** Medição da altura de plantas; **B-** Medição do diâmetro de caule; **C-** Medição do comprimento e largura das folhas. **Foto:** GONTIJO, 2021.

O índice Spad (Soil Plant Analysis Development) foi determinado por meio do medidor portátil SPAD-502 Plus da Konica Minolta. O aparelho permite a obtenção de um índice relativo da clorofila (IRC), ou índice Spad, ao avaliar quantitativamente a intensidade da coloração verde da folha; medindo a transmissão de luz a 650 nm onde ocorre a absorção de luz pelas moléculas de clorofila, e a 940 nm onde não ocorre a absorção. As avaliações foram realizadas no período da manhã (8h00min às 9h00min) e em cada folíolo dos terceiros trifólios totalmente desenvolvidos.

Para a avaliação da área foliar foi medido o comprimento e largura da folha. Para isso, foi amostrado folíolo central, evitando a nervura principal do terceiro trifólio aberto do ápice para a base da planta. A partir dos valores de largura e comprimento dos folíolos, estimou-se a área foliar por meio do modelo proposto por Toebe et al. (2012):

$$Dfc = 0,7104 \times C \times L$$

Em que,

C – Comprimento máximo;

L – Largura máxima e

0,7104 – Fator de correção para o formato ovoide das folhas.

Sessenta dias após a inoculação (DAI) foram realizadas extrações e quantificações dos nematoides. A extração dos nematoides foi conforme a técnica proposta por Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Após a extração, os nematoides foram quantificados por meio de contagem com o auxílio de uma câmara de Peters sob microscópio fotônico para determinar o fator de reprodução (FR) e o número de nematoides por grama de raízes.



O fator de reprodução (FR) é obtido pela divisão da população final (Pf) pela população inicial (Pi), segundo Oostenbrink (1966). Nesta classificação o tratamento que apresentar  $FR > 1$  é classificado como suscetível e  $FR < 1$  é classificado como resistente.

Os níveis de resistência de cada genótipo foram identificados utilizando o critério de Moura e Régis (1987). Nesta classificação a cultivar suscetível é utilizada como padrão. Então, esta é comparada com cada um dos demais FR, calculando-se o percentual de redução do fator de reprodução pela fórmula:  $RFR = [(FR \text{ do padrão suscetível} - FR \text{ do tratamento}) / FR \text{ do padrão suscetível}] \cdot 100$  e, classificada conforme o quadro 1.5.

**Quadro 1.5** – Classificação dos genótipos, segundo o percentual de redução do índice de inibição do nematoide.

<b>% de redução do índice de inibição</b>	<b>Classificação da cultivar</b>
0 – 25	Altamente suscetível (AS)
25,1 – 50	Suscetível (S)
50,1 – 75	Moderadamente suscetível (MS)
75,1 – 90	Moderadamente resistente (MR)
90,1 – 95	Resistente (R)
95,1 – 100	Altamente resistente (AR)

**Fonte:** MOURA e RÉGIS (1987).

### 1.1.5 Análise dos dados

Os dados coletados nos experimentos foram submetidos ao teste de pressuposições do modelo de análise de variância utilizando-se o programa estatístico R Core Team (2020), versão 4.0.2. Foi aplicado o teste de Levene para verificar a homogeneidade de variâncias, o teste de Kolmogorov-Smirnov – corrigido por Lilliefors para verificar a normalidade dos resíduos, e o teste de Tukey para a aditividade de blocos.

Nos casos em que as pressuposições não foram atendidas a 0,05 de significância, os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$  para as variáveis de crescimento e  $\log(x + 1)$  para as variáveis nematológicas e submetidos à nova análise. Nos casos em que nenhuma pressuposição foi atendida, os dados originais foram utilizados para os cálculos da ANOVA.

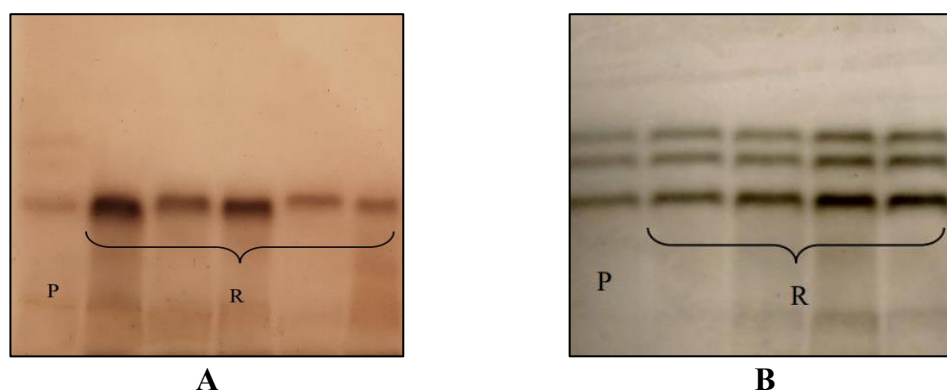
Após verificar as pressuposições os dados foram submetidos ao teste de F da análise de variância ( $F = 0,05$ ) com auxílio do programa R Core Team (2020), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). Além disso, foi também

realizada a análise de correlação linear de Pearson para os parâmetros vegetativos e nematológicos ( $p < 0,05$ ). As análises foram realizadas com auxílio do programa R Core Team (2020). Para a classificação da correlação linear de Pearson, adotou-se os seguintes critérios: correlação perfeita ( $r=1$ ), forte ( $r>0,75$ ), moderada ( $r>0,5$ ), fraca ( $r<0,5$ ) e inexistente ( $r=0$ ) (NOGUEIRA et al., 2010).

## 1.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelos perfis isoenzimáticos de esterase das análises eletroforéticas confirmou que as populações em estudo são das espécies de *M. incognita* e *M. javanica* (CARNEIRO, ALMEIDA, 2001). Os fenótipos de esterase para as duas espécies de *Meloidogyne* spp. caracterizadas neste trabalho, encontram-se ilustrados nos géis (Figura 1.7).

**Figura 1.7** – Fenótipos de esterase de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de raízes de tomateiro. Uberlândia-MG, 2021.



**Legenda:** P- Fenótipo padrão de *M. javanica*. R- Repetições. A- *M. incognita*. B- *M. javanica*. **Fonte:** NEMAFITO, 2021.

### 1.2.2 Reação de genótipos de soja ao nematoide *M. incognita*:

#### 1.2.2.1 Experimento 1

Os genótipos em estudo apresentaram diferenças quanto aos parâmetros vegetativos (Tabela 1.1). Aos 60 dias após a inoculação do isolado de *M. incognita* os genótipos UFUL 298 e UFUL 511 apresentaram os maiores diâmetro de caule. Enquanto que, para altura de plantas, os genótipos UFUL 298, UFUL 457 e UFUL 592 obtiveram maior desenvolvimento de parte aérea.

O índice de área foliar (IAF) variou de 17,12 a 7,92 demonstrando que o UFUL 592 apresentou melhor índice em relação ao padrão de suscetibilidade (Tabela 1.1). O IAF é um parâmetro importante no crescimento e desenvolvimento das plantas, uma vez que, interfere na interceptação da radiação solar e no sombreamento das folhas próximas

ao solo (BOARD e HARVILLE, 1992). E, na cultura da soja quanto maior o IAF, maior é a absorção da luz, conseqüentemente, a planta produz mais fotoassimilados resultando em maior produtividade.

**Tabela 1.1** – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Índice Spad	Diâmetro	Altura	IAF
Desafio	30,80	3,30 b	24,02 b	7,92 b
BRS7980	29,19	3,20 b	28,17 b	10,03 b
UFUL 157	30,99	3,37 b	26,90 b	10,51 b
UFUL 246	25,71	3,48 b	21,70 b	11,03 b
UFUL 298	29,08	4,31 a	33,83 a	12,38 b
UFUL 457	29,09	3,73 b	35,77 a	8,63 b
UFUL 511	29,78	4,17 a	27,87 b	12,31 b
UFUL 525	25,65	2,98 b	24,70 b	10,24 b
UFUL 526	27,96	3,16 b	23,67 b	10,63 b
UFUL 592	27,85	3,56 b	36,17 a	17,12 a
CV (%)	12,83	12,97	22,73	19,12
pvalor	0,44865 <sup>ns</sup>	0,00466*	0,02401*	0,00018*
<sup>1</sup> L	<b>0,09753</b>	<b>0,7305</b>	<b>0,868</b>	<b>0,7537</b>
F lev	<b>0,642</b>	0,0033	<b>0,3417</b>	<b>0,4195</b>
F adit	<b>0,3217</b>	<b>0,6453</b>	<b>0,6215</b>	<b>0,2223</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey, respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

### 1.2.2.2 Experimento 2

No segundo ensaio, os genótipos apresentaram comportamentos diferente em relação ao primeiro ensaio (Tabela 1.2). Sendo que para o diâmetro de caule, os genótipos UFUL 157, UFUL 525 e UFUL 592 obtiveram os menores diâmetros de caule. Plantas que estão sujeitas ao ataque dos nematoides de galhas apresentam sistema radicular comprometido prejudicando assim, o desenvolvimento da mesma, o que explicaria o menor diâmetro de caule desses genótipos.

Os genótipos UFUL 298, UFUL 457 e UFUL 592 obtiveram um crescimento de 66,01%, 75,80 e 53,03% em relação ao controle suscetível (cultivar Desafio) (Tabela 1.2). Na cultura da soja, a altura das plantas é extremamente importante na produção de grãos, pois está intimamente ligada ao número de nós, os quais vão originar os ramos e as estruturas reprodutivas (BUZZELLO, 2010).

Na variável índice de área foliar, os genótipos UFUL 246, UFUL 298 e UFUL 592 apresentaram maior desenvolvimento de folhas (Tabela 1.2). Segundo Porras et al. (1997), esse índice reflete no crescimento e no rendimento das plantas através da interceptação da radiação solar e acúmulo de fotoassimilados.

Na variável índice Spad é possível observar que houve a formação de dois grupos com comportamentos distintos. Os genótipos UFUL 157, UFUL 246, UFUL 298 e UFUL 457 apresentaram alto índice Spad demonstrando assim uma evolução dos teores de clorofila à medida que a planta aumenta a capacidade de absorção de nutrientes do solo em contrapartida os genótipos UFUL 511, UFUL 525, UFUL 527 e UFUL 592 obtiveram um valor baixo (Tabela 1.2).

De acordo com Zotarelli et al. (2002) por meio do índice Spad é possível estimar os teores de clorofila das folhas. Diante disso, é importante ressaltar que o parasitismo de *M. incognita* no sistema radicular das plantas de soja pode afetar indiretamente os níveis de clorofila nas folhas e, conseqüentemente afetar o desenvolvimento das plantas e isso pode ser observado nos genótipos UFUL 511, UFUL 525, UFUL 527 e UFUL 592 (Tabela 1.2).

Em 1982, Ferraz estudando o efeito de *M. incognita* na absorção e translocação de nutrientes em plantas de pimenta do reino e a sua influência no conteúdo de clorofila total das plantas observou que o nematoide reduziu o crescimento das plantas e o teor de clorofila nas folhas em função da menor taxa de absorção e translocação dos nutrientes.

**Tabela 1.2** – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Índice Spad	Diâmetro	Altura	IAF
Desafio	31,4 a	3,27 b	20,42 b	6,19 b
BRS7980	27,96 b	3,21 b	27,67 b	8,27 a
UFUL 157	31,11 a	3,33 b	25,30 b	7,55 b
UFUL 246	31,83 a	3,71 a	23,80 b	7,91 a
UFUL 298	29,61 a	3,93 a	33,90 a	9,65 a
UFUL 457	28,27 a	3,80 a	35,30 a	7,07 b
UFUL 511	30,28 b	3,96 a	25,60 b	7,23 b
UFUL 525	25,64 b	3,33 b	25,82 b	4,73 b
UFUL 526	26,64 b	3,78 a	27,10 b	6,16 b
UFUL 592	28,95 b	3,37 b	31,25 a	9,87 a
CV (%)	7,96	10,52	14,35	23,21
Pvalor	0,00965*	0,03660*	0,0003*	0,00757*
<sup>1</sup> L	0,0070	<b>0,7258</b>	<b>0,3339</b>	<b>0,7156</b>
F lev	<b>0,2641</b>	<b>0,7158</b>	<b>0,8972</b>	<b>0,629</b>
F adit	<b>0,3182</b>	0,00251	<b>0,1515</b>	<b>0,9557</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

Os resultados da tabela 1.3 evidenciam que nos ensaios, todos os genótipos de soja testados apresentaram  $FR \geq 1,0$ , ou seja, pelo critério de Oostenbrink (1966) foram classificados como suscetíveis. A cultivar BRS 7980 que foi utilizada como padrão de resistência, apresentou FR igual 1,8 e 1,05 no primeiro e segundo ensaio, respectivamente, sendo estes o menor FR em magnitude.

Analisando o parasitismo de *M. incognita* na cultura da soja, no primeiro ensaio (tabela 1.3) observa-se que todos os genótipos tiveram suas raízes parasitadas, sendo que os valores médios da população de juvenis no sistema radicular variaram entre 1200 a 6000 espécimes por grama de raiz, demonstrando que houve diferença significativa entre os materiais avaliados. Para o parâmetro nematoides por grama de raiz, o genótipo UFUL 526 apresentou maior número de nematoides no sistema radicular e, consequentemente, obteve maior o fator de reprodução (Tabela 1.3).

O aumento da população desse microrganismo no sistema radicular das plantas de soja ocasiona alterações no fluxo de absorção de água e nutrientes, obstrução do tecido vascular em virtude da formação de galhas o que prejudica os processos

fisiológicos como fotossíntese e respiração e, conseqüentemente, o desenvolvimento das plantas (FERRAZ, 1982).

No segundo ensaio, também houve uma variação nos valores médios da população por grama de raiz, porém, a variação na quantidade de espécimes foi menor em relação ao primeiro ensaio e, isso pode ser justificado pela influência da temperatura no desenvolvimento dos nematoides (Tabela 1.3 e figura 1.5). Na variável fator de reprodução, a cultivar BRS 7980 e o genótipo UFUL 298 apresentaram os menores fatores enquanto que o genótipo UFUL 526 apresentou o maior fator.

A redução dos valores do FR nos materiais no segundo ensaio em relação ao primeiro ensaio não afetou o desenvolvimento do nematoide, ou seja, o nematoide infectou os genótipos, concluiu o seu desenvolvimento sem que houvesse uma produção abundante de ovos e juvenis em decorrência da influência da temperatura.

Segundo Dickson e De Waele (2005), a temperatura constitui um dos fatores abióticos que mais influenciam na sobrevivência e no parasitismo de *Meloidogyne* sp. E, durante a condução do experimento, as temperaturas médias no solo e da casa de vegetação foram superiores a 28°C (Figura 1.5) podendo assim ter afetado o desenvolvimento do nematoide.

Além disso, estudos tem demonstrado que na fase de reprodução, em países de clima tropical e subtropical para as espécies de *Meloidogyne* a faixa mínima para a sobrevivência é entre 5 a 10°C para o exercício normal das atividades biológicas é entre 15 e 22°C e acima de 30°C o nematoide começa a ter limitação nas suas atividades (FERRAZ e BROWN, 2016).

**Tabela 1.3** – Nematóide por grama de raiz (Nematóide g<sup>-1</sup>) e fator de reprodução (FR), aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Primeiro ensaio		Segundo ensaio	
	Nematóide g <sup>-1</sup>	FR	Nematóide g <sup>-1</sup>	FR
Desafio	5156,44 b	8,18 a	1657,00 b	3,40 a
BRS7980	1245,94 a	1,87 a	649,89 a	1,05 a
UFUL 157	1698,06 a	4,70 a	894,93 a	2,18 a
UFUL 246	4840,33 b	10,9 b	1421,28 b	4,24 a
UFUL 298	1871,01 a	6,07 a	603,52 a	2,03 a
UFUL 457	2013,42 a	7,53 a	1048,17 a	3,54 a
UFUL 511	1896,41 a	5,66 a	689,16 a	2,90 a
UFUL 525	5103,46 b	9,94 b	1134,55 a	3,31 a
UFUL 526	6007,33 b	13,6 b	1815,13 b	5,10 a
UFUL 592	1846,13 a	4,27 a	1276,02 b	3,11 a
CV (%)	60,65	38,51	46,84	45,53
pvalor	0,00390*	0,00009*	0,02574*	0,02121*
<sup>1</sup> L	<b>0,1915</b>	<b>0,9064</b>	<b>0,6166</b>	<b>0,9193</b>
F lev	0,0153	<b>0,2233</b>	0,0016	<b>0,0901</b>
F adit	<b>0,3247</b>	<b>0,0626</b>	<b>0,5669</b>	<b>0,4785</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

Os resultados da tabela 1.4 evidenciam que nos dois experimentos, ao utilizar o critério de Moura e Régis (1987) nenhum genótipo foi classificado como resistente ou altamente resistente a *Meloidogyne incognita* em condições de casa de vegetação. Nos dois experimentos a cultivar BRS 7980 classificada como resistente pela Embrapa (2022) comportou-se moderadamente resistente e moderadamente suscetível, respectivamente. Nota-se também, a alta suscetibilidade do genótipo UFUL 526 a *M. incognita* foi confirmada pela excelente multiplicação do inóculo nas raízes de soja e pela restrição do crescimento das plantas (Tabelas 1.1, 1.2 e 1.3).

**Tabela 1.4** – Redução do fator de reprodução (RFR) e níveis de resistência (NR) ao nematoide *Meloidogyne incognita*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Primeiro ensaio		Segundo ensaio	
	RFR	NR*	RFR	NR
Desafio	-	-	-	-
BRS7980	76,91	MR	69,12	MS
UFUL 157	41,98	S	35,88	S
UFUL 246	-34,57	AS	-24,71	AS
UFUL 298	25,06	S	40,29	S
UFUL 457	7,04	AS	-4,12	AS
UFUL 511	30,12	S	14,71	AS
UFUL 525	-22,72	AS	2,65	AS
UFUL 526	-67,90	AS	-50,00	AS
UFUL 592	47,28	S	8,53	AS

\*0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

De acordo com a correlação de Pearson (Tabela 1.5) é possível verificar que as correlações entre os parâmetros FR e NGR ( $r = 0,843$ ); NGR e SPAD ( $r = -0,399$ ); NGR e DIAM ( $r = -0,534$ ); NGR e ALT ( $r = -0,455$ ) e NGR e IAF ( $r = -0,376$ ) foram significativas pelo teste de F. Além disso, observa-se uma correlação positiva entre os parâmetros de crescimento.

O alto valor de  $r$  ( $r = 0,843$ ), entre fator de reprodução (FR) e nematoide por grama de raiz (NGR) demonstra que quanto maior o valor de FR, maior será a população do nematoide no sistema radicular e, conseqüentemente, menor será a absorção de água e nutrientes do solo. Em função disso, a densidade populacional de *M. incognita* nas raízes afeta o índice Spad e o índice de área foliar (Tabela 1.5).

Na literatura tem pouca informação sobre a o impacto dos nematoides no IAF e no índice Spad, porém sabe-se que o índice de área foliar está relacionado com a quantidade de fotoassimilados produzidos pelas folhas e o índice Spad apresenta uma alta correlação com o teor de clorofila. Diante disso, o aumento da densidade populacional de *M. incognita* pode afetar, indiretamente, esses dois índices em função do estresse provocado pelo nematoide durante a sua alimentação, no sistema radicular, afetando assim a taxa de absorção de água e minerais da solução do solo (DAVIDE e TRIANTAPHYLLOU, 1967).



**Tabela 1.5** – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematoide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita* para os diferentes genótipos de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021.

	SPAD	DIAM	ALT	IAF	NGR
<b>DIAM</b>	0,356*				
<b>ALT</b>	0,231 <sup>ns</sup>	0,425*			
<b>IAF</b>	-0,019 <sup>ns</sup>	0,327*	0,396*		
<b>NGR</b>	-0,399*	-0,534*	-0,455*	-0,376*	
<b>FR</b>	-0,237 <sup>ns</sup>	-0,240 <sup>ns</sup>	-0,236 <sup>ns</sup>	-0,226 <sup>ns</sup>	0,843* <sup>1</sup>

\* significativo a 5% pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo teste de F. <sup>1</sup> correlação perfeita:  $r = 1$ ; forte:  $r > 0,75$ ; moderada:  $r > 0,5$ ; fraca  $r < 0,5$ ; inexistente:  $r = 0$ .

No segundo ensaio pode-se observar na tabela 1.6, que os parâmetros NGR e ALT ( $r = -0,354$ ) e FR e NGR ( $r = 0,838$ ) apresentaram relações de interdependência. Na relação entre NGR e ALT tem-se uma correlação negativa, o que evidencia que o crescimento da planta é afetado pelos juvenis presentes no sistema radicular. Segundo Ferraz (1982), a redução no crescimento e desenvolvimento de plantas que são atacadas pelos nematoides pode estar relacionado a menor de absorção e translocação de água e nutrientes.

Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematoide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne incognita* para os diferentes genótipos de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021.

	SPAD	IAF	DIAM	ALT	NGR
<b>IAF</b>	0,354*				
<b>DIAM</b>	0,344*	0,342*			
<b>ALT</b>	0,044 <sup>ns</sup>	0,602*	0,468*		
<b>NGR</b>	0,019 <sup>ns</sup>	-0,303 <sup>ns</sup>	-0,109 <sup>ns</sup>	-0,354*	
<b>FR</b>	0,156 <sup>ns</sup>	-0,060 <sup>ns</sup>	0,350*	-0,036 <sup>ns</sup>	0,838* <sup>1</sup>

\* significativo a 5% pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo teste de F. <sup>1</sup> correlação perfeita:  $r = 1$ ; forte:  $r > 0,75$ ; moderada:  $r > 0,5$ ; fraca  $r < 0,5$ ; inexistente:  $r = 0$ .

Entre os parâmetros de crescimento houve também uma correlação de significância e, dentre estas o índice de área foliar e o índice Spad apresentou um valor

de  $r = 0,354$ . Esse valor pode ser explicado pela relação entre maior área para realizar a fotossíntese e maior produção de clorofila pela planta.

### **1.2.3 Reação de genótipos de soja ao nematoide *M. javanica*:**

#### **1.2.3.1 Experimento 1**

No primeiro ensaio verificou-se que houve influência ( $p < 0,05$ ) do nematoide em todos os parâmetros avaliados. Em relação a variável altura de plantas, os valores médios variam entre 22 e 49,6 cm, sendo que os genótipos UFUL 259 e UFUL 592 apresentaram maior crescimento da parte aérea em relação aos padrões de suscetibilidade e de resistência (Tabela 1.7).

O baixo crescimento dos genótipos pode ser decorrente dos ataques de nematoides. Esses ataques provocaram desarranjos nos mecanismos de absorção e translocação de minerais através da ruptura de células, implicando em baixas concentrações de nutrientes disponíveis para o desenvolvimento da planta (CHITWOOD et al., 1952).

Analisando os dados da tabela 1.7 constatou-se que o maior IAF foi observado nos genótipos UFUL 172, UFUL 259, UFUL 261, UFUL 298 e UFUL 592. Com o aumento do IAF também se aumenta a interceptação de luz e conseqüentemente a fotossíntese líquida, refletindo assim em maior crescimento da planta (MÜLLER, 1981).

Para a variável índice Spad, os genótipos UFUL 218, UFUL 261 UFUL 457, UFUL 526 e UFUL 592 obtiveram menor índice, enquanto que os demais genótipos apresentaram comportamento semelhante. Em relação ao diâmetro de caule os valores médios variaram entre 2,77 a 3,87, sendo que numericamente o padrão de resistência BRS 7980 apresentou o menor diâmetro (Tabela 1.7).

Com base nos resultados, os genótipos UFUL 172, UFUL 259, UFUL 298 e UFUL 592 obtiveram bom desempenho nos parâmetros avaliados (Tabela 1.7). Isso evidencia que os genótipos em estudo provavelmente apresentem alguma resistência ao nematoide de galhas. O genótipo UFUL 172 é oriundo da linhagem F8:9 do cruzamento entre BRS Luziânia x Potenza (PL 134.1). O parental Luziânia possui resistência comprovada a *M. javanica* (EMBRAPA, 2022). Enquanto que, os outros genótipos tem como parental BRS Caiapônia x IAC-100.

O parental BRSGO Caiapônia não possui resistência a *M. javanica* (EMBRAPA, 2022). Já o parental IAC-100 apresenta em sua genealogia o cruzamento das cultivares americanas BRAGG x Pi 229358 (VEIGA et al., 1999), sendo que a cultivar BRAGG é

originária do cruzamento Jackson x D49-2491. Jackson, por sua vez, descende de Palmetto x Volstate ambos com resistência a *M. javanica* e a *M. incognita* (SILVA, 2001). O que poderia explicar o comportamento dos genótipos UFUL 259, UFUL 298 e UFUL 592.

**Tabela 1.6** – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar em 22 materiais de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Índice Spad	Diâmetro	Altura	IAF
Desafio	33,64 a	3,10 b	23,90 c	2,56 b
BRS7980	23,57 b	2,77 b	27,97 c	2,62 b
UFUL 154	30,02 a	3,45 a	32,80 b	2,63 b
UFUL 157	29,55 a	3,70 a	28,00 c	2,66 b
UFUL 172	30,74 a	3,87 a	32,32 b	3,17 a
UFUL 173	29,09 a	3,56 a	28,97 c	2,78 b
UFUL 195	31,16 a	3,33 b	35,65 b	2,77 b
UFUL 218	27,73 b	3,65 a	36,20 b	2,96 b
UFUL 246	33,21 a	3,26 b	24,60 c	2,52 b
UFUL 259	29,67 a	3,85 a	45,65 a	3,56 a
UFUL 261	26,50 b	3,45 a	31,00 b	3,16 a
UFUL 280	29,75 a	3,72 a	33,55 b	2,69 b
UFUL 294	31,59 a	3,51 a	32,50 b	2,91 b
UFUL 298	28,94 a	3,73 a	28,45 c	3,33 a
UFUL 456	30,10 a	3,15 b	26,35 c	2,58 b
UFUL 457	28,40 b	3,76 a	30,42 b	2,69 b
UFUL 511	31,81 a	3,68 a	33,40 b	2,68 b
UFUL 525	32,23 a	2,97 b	27,47 c	2,38 b
UFUL 526	27,95 b	2,95 b	26,40 c	2,35 b
UFUL 528	29,32 a	3,32 b	22,85 c	2,17 b
UFUL 592	25,99 b	3,52 a	49,60 a	3,75 a
UFUL 611	30,04 a	3,32 b	30,97 b	2,58 b
CV (%)	9,26	10,63	17,55	13,54
pvalor	0,00045*	0,00072*	0,00000*	0,00000*
<sup>1</sup> L	<b>0,4499</b>	<b>0,6939</b>	0,0282	<b>0,0790</b>
F lev	0,0061	0,0117	5,174e <sup>-07</sup>	5,687e <sup>-05</sup>
F adit	<b>0,7473</b>	<b>0,8203</b>	3,5e <sup>-06</sup>	<b>0,3994</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

### 1.2.3.2 Experimento 2

No segundo experimento também houve interferência da densidade populacional de *M. javanica* nos parâmetros avaliados. Os resultados evidenciam que os genótipos

UFUL 172 e UFUL 511 apresentaram maior índice Spad, diâmetro de caule e maior crescimento da parte aérea. O genótipo UFUL 592 obteve maior índice de área foliar e desenvolvimento vegetativo (Tabela 1.8).

Segundo Marschner (1995), plantas bem supridas com nutrientes são mais vigorosas e, conseqüentemente, apresentam maior desenvolvimento. Contudo, estudos tem demonstrado que as plantas infectadas por nematoides tem baixas concentrações de nutrientes (BOARD et al.,1994), o que explicaria o baixo desenvolvimento dos outros genótipos.

**Tabela 1.7** – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 22 materiais de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Índice Spad	Diâmetro	Altura	IAF
Desafio	34,6 a	3,03 c	21,77 b	5,36 c
BRS7980	22,53 b	2,83 c	29,72 b	7,56 c
UFUL 154	31,14 a	3,10 c	25,85 b	6,35 c
UFUL 157	30,34 a	3,43 c	28,25 b	6,51 c
UFUL 172	31,31 a	4,08 a	38,02 a	6,98 c
UFUL 173	28,12 b	3,53 b	27,45 b	6,64 c
UFUL 195	31,35 a	3,37 c	34,65 a	7,06 c
UFUL 218	31,10 a	3,07 c	24,52 b	6,63 c
UFUL 246	33,23 a	3,28 c	24,25 b	6,29 c
UFUL 259	24,61 b	3,73 b	35,57 a	10,99 b
UFUL 261	25,55 b	3,52 b	30,22 b	10,23 b
UFUL 280	30,80 a	3,80 b	34,32 a	5,92 c
UFUL 294	31,16 a	3,38 c	30,05 b	7,00 c
UFUL 298	30,19 a	3,80 b	27,35 b	8,79 b
UFUL 456	27,21 b	3,63 b	29,00 b	8,30 b
UFUL 457	25,69 b	3,42 c	28,67 b	7,94 c
UFUL 511	30,97 a	4,27 a	33,50 a	8,82 b
UFUL 525	30,05 a	3,21 c	27,30 b	5,65 c
UFUL 526	27,49 b	3,17 c	26,67 b	5,24 c
UFUL 528	29,91 a	2,93 c	20,70 b	4,41 c
UFUL 592	27,45 b	3,70 b	38,75 a	13,76 a
UFUL 611	25,58 b	3,31 c	29,32 b	9,03 b
CV (%)	12,76	9,39	17,08	27,43
Pvalor	0,00167*	0,0000*	0,00003*	0,0000*
<sup>1</sup> L	<b>0,0589</b>	<b>0,144</b>	<b>0,519</b>	<b>0,0732</b>
F lev	<b>0,1951</b>	<b>0,1518</b>	<b>0,1605</b>	0,0004
F adit	<b>0,7960</b>	<b>0,2579</b>	<b>0,6600</b>	<b>0,6617</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com

distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

Devido à similaridade entre os dados obtidos nos dois experimentos, observa-se que a grande maioria dos genótipos analisados, apresentaram valores médios próximos para nematoide por grama de raiz (Tabela 1.9). A quantidade de nematoide por grama de raiz foi maior nos genótipos UFUL 246, UFUL 456, UFUL 526 e UFUL 528 além disso, observou-se uma maior concentração de nematoides por grama de raiz no padrão suscetível.

Ademais, é possível observar que nas avaliações realizadas nos dois ensaios, os genótipos UFUL 172 e UFUL 592 apresentaram bom desempenho nos parâmetros de crescimento, bem como nos nematológicos. Essas observações indicam que o genótipo pode ter resistência ao nematoide de galhas.

O genótipo UFUL 592 é oriundo da linhagem F8:9 do cruzamento entre BRSGO Caiapônia e IAC-100 (PL 23.1.17.1). O parental BRSGO Caiapônia não possui resistência a *M. javanica* e, sim a *M. incognita* (EMBRAPA, 2022). Enquanto que, o parental IAC-100 apresenta em sua genealogia o cruzamento das cultivares americanas BRAGG x Pi 229358, sendo que a cultivar BRAGG possui resistência a *M. javanica* e a *M. incognita* (VEIGA et al., 1999).

Diante disso, pode ser que durante o processo de seleção no programa de melhoramento alelos que apresentem resistência ao nematoide de galhas tenham passado para o genótipo UFUL 592. O que poderia explicar o comportamento do genótipo, contudo essa pressuposição precisa ser verificada.

Outro cruzamento que favoreceu a diminuição de *M. javanica* foi BRSGO Luziânia com Potenza. Nota-se que o genótipo UFUL 172 originada deste cruzamento apresentou menor quantidade de nematoides por grama de raiz (Tabela 1.9). E, de acordo com dados da Embrapa (2022) o parental BRSGO Luziânia apresenta resistência ao nematoide em estudo.

A cultivar BRSGO Luziânia originou-se do cruzamento da Braxton x {FT x [Dourados-1 (5) x SS-1]} (GIANLUPPI et al., 2004), sendo que a cultivar Braxton é originária do cruzamento entre F59-1505 e {(Bragg (3) x D60-7965)}. A F59-1505, por sua vez, tem como parentais Jackson x D49-2691 (S-100 x CNS) e a D60-7965 é resultante do cruzamento D55-4090 (Ogden x CNS) x D55-4159 (Ogden x Biloxi) (BERNARD, 1988). Ambos os parentais de Jackson possuem com resistência a *M. javanica* e a *M. incognita* (SILVA, 2001).

**Tabela 1.8** – Nematóide por grama de raiz (Nematóide g<sup>-1</sup>) e fator de reprodução (FR), aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamento s	Primeiro ensaio		Segundo ensaio			
	Nematóide g <sup>-1</sup>	FR	Nematóide g <sup>-1</sup>	FR		
Desafio	1485,66	b	1,90	1166,62	a	1,15
BRS7980	838,76	b	0,87	650,08	a	0,59
UFUL 154	734,27	a	1,21	728,44	a	0,96
UFUL 157	381,15	a	1,15	463,05	a	1,18
UFUL 172	517,74	a	1,02	130,50	a	0,32
UFUL 173	726,69	a	1,43	398,12	a	0,70
UFUL 195	627,00	a	1,66	193,64	a	0,56
UFUL 218	610,20	a	1,57	693,85	a	1,16
UFUL 246	1059,68	b	1,90	574,27	a	1,00
UFUL 259	686,84	a	1,79	345,01	a	0,64
UFUL 261	690,76	a	1,44	376,72	a	0,83
UFUL 280	455,79	a	1,15	521,61	a	1,01
UFUL 294	456,32	a	1,48	239,23	a	0,60
UFUL 298	533,99	a	1,17	606,09	a	1,19
UFUL 456	869,30	b	1,67	721,53	a	1,83
UFUL 457	607,01	a	1,46	334,40	a	0,72
UFUL 511	446,81	a	1,57	216,41	a	0,72
UFUL 525	667,62	a	1,34	445,01	a	0,88
UFUL 526	1038,24	b	1,95	533,29	a	1,00
UFUL 528	1213,43	b	2,57	918,68	a	1,35
UFUL 592	233,40	a	0,62	134,92	a	0,34
UFUL 611	323,71	a	0,90	318,25	a	0,66
CV (%)	59,2		53,52	76,46		86,24
pvalor	0,00983*		0,22781 <sup>ns</sup>	0,02155*		0,66317 <sup>ns</sup>
<sup>1</sup> L	0,008		<b>0,1149</b>	<b>0,0771</b>		0,0118
F lev	<b>0,152</b>		<b>0,366</b>	9,80e <sup>-05</sup>		0,0007
F adit	<b>0,080</b>		<b>0,0574</b>	0,0100		0,0064

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

Com base nos resultados obtidos pelo critério de Moura e Régis (1987), apenas dois genótipos, no primeiro ensaio, foram classificados como moderadamente suscetível a *M. javanica*. Já no segundo experimento observa-se que os genótipos apresentaram comportamento diferente (Tabela 1.10). Segundo Tihohod e Ferraz (1986), a variação da agressividade do patógeno é um fator que pode promover diferenças nos resultados de classificação de resistência, como ocorrido nos ensaios realizados.

**Tabela 1.9** – Redução do fator de reprodução (RFR) e níveis de resistência (NR) ao nematoide *Meloidogyne javanica*. Uberlândia-MG, 2021.

Tratamentos	Primeiro ensaio		Segundo ensaio	
	RFR	NR*	RFR	NR
Desafio	-	-	-	-
BRS7980	144,21	AR	48,70	S
UFUL 154	126,32	AR	16,52	AS
UFUL 157	129,47	AR	-2,61	AS
UFUL 172	136,32	AR	72,17	MS
UFUL 173	114,74	AR	39,13	S
UFUL 195	102,63	AR	51,30	MS
UFUL 218	107,37	AR	-0,87	AS
UFUL 246	90,00	MS	13,04	AS
UFUL 259	95,79	R	44,35	S
UFUL 261	114,21	AR	27,83	S
UFUL 280	129,47	AR	12,17	AS
UFUL 294	112,11	AR	47,83	S
UFUL 298	128,42	AR	-3,48	AS
UFUL 456	102,11	AR	-59,13	AS
UFUL 457	113,16	AR	37,39	S
UFUL 511	107,37	AR	37,39	S
UFUL 525	119,47	AR	23,48	AS
UFUL 526	87,37	MR	13,04	AS
UFUL 528	54,74	MS	-17,39	AS
UFUL 592	157,37	AR	70,43	MS
UFUL 611	142,63	AR	42,61	S

\*0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

De acordo com a análise de correlação linear de Pearson foi observado, no primeiro experimento, uma forte relação ( $r = 0,855$ ) entre o número de juvenis presentes na raiz e o fator de reprodução. Além disso, observa-se uma correlação negativa entre o número de juvenis da raiz e diâmetro de caule e com altura de plantas. Isso demonstra que esses microrganismos estão afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas de soja. Entretanto, não foi observada a correlação entre o número de juvenis encontrados na raiz e o índice Spad e índice de área foliar (Tabela 1.11).

**Tabela 1.10** – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematoide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica* para os diferentes genótipos de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021.

	SPAD	IAF	DIAM	ALT	NGR
<b>IAF</b>	-0,151 <sup>ns</sup>				
<b>DIAM</b>	-0,016 <sup>ns</sup>	0,358*			
<b>ALT</b>	-0,149 <sup>ns</sup>	0,552*	0,418*		
<b>NGR</b>	0,047 <sup>ns</sup>	-0,199 <sup>ns</sup>	-0,457*	-0,410*	
<b>FR</b>	0,061 <sup>ns</sup>	-0,058 <sup>ns</sup>	-0,194 <sup>ns</sup>	-0,229*	0,855*

\* significativo a 5% pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo teste de F. <sup>1</sup>correlação perfeita:  $r = 1$ ; forte:  $r > 0,75$ ; moderada:  $r > 0,5$ ; fraca  $r < 0,5$ ; inexistente:  $r = 0$ .

No segundo experimento, a influência dos nematoides no sistema radicular das plantas pode ser observada analisando o número de juvenis presentes no sistema radicular e índice de área foliar ( $r = -0,256$ ), diâmetro de caule ( $r = -0,302$ ) e altura de plantas ( $r = -0,505$ ), onde existe uma interdependência significativa e negativa entre esses parâmetros avaliados. A correlação positiva entre juvenis de *M. javanica* por grama de raiz e fator de reprodução foi de alta magnitude (Tabela 1.12).

**Tabela 1.11** – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematoide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de *Meloidogyne javanica* para os diferentes genótipos de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2021.

	SPAD	IAF	DIAM	ALT	NGR
<b>IAF</b>	-0,276*				
<b>DIAM</b>	0,076	0,504*			
<b>ALT</b>	-0,170 <sup>ns</sup>	0,553*	0,635*		
<b>NGR</b>	0,075 <sup>ns</sup>	-0,256*	-0,302*	-0,505*	
<b>FR</b>	0,077 <sup>ns</sup>	-0,109 <sup>ns</sup>	-0,011 <sup>ns</sup>	-0,332*	0,869*

\* significativo a 5% pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo teste de F. <sup>1</sup>correlação perfeita:  $r = 1$ ; forte:  $r > 0,75$ ; moderada:  $r > 0,5$ ; fraca  $r < 0,5$ ; inexistente:  $r = 0$ .

A observação mais evidente no trabalho foi a variação no comportamento dos genótipos quando infestados por ambos os nematoides. Tanto nos ensaios com *M. incognita* quanto com *M. javanica*, os genótipos de soja testados obtiveram diferentes reações ao parasitismo, embora, quase todos os materiais avaliados tenham sido classificados como suscetíveis houve variação dos valores médios dos parâmetros



analisados. Diante disso, são necessários novos estudos visando a identificação de materiais de soja resistentes a esses patógenos.

### 1.3 CONCLUSÕES

Nos ensaios com *M. incognita* todos os genótipos apresentaram fator de reprodução maior que 1,0 sendo classificados em altamente suscetível e suscetível. Os genótipos UFUL 592 e UFUL 298 obtiveram maior desenvolvimento vegetativo. O genótipo de soja UFUL 526 obteve maior número de nematoides por grama de raiz e maior fator de reprodução a *M. incognita* nos dois ensaios.

Para os experimentos com *M. javanica*, os genótipos UFUL 172 e UFUL 592 apresentaram bom desempenho nos parâmetros de crescimento, bem como nos nematológicos.

Em geral, o genótipo UFUL 592 apresentou boa performance nos quatro ensaios.

## 1.4 REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

AGRANDA SEMENTES. **Soja M-Soy 9350**. Ribeirão Preto, SP, 2022. Disponível em: <https://www.agranda.com.br/produto/soja-m-soy-9350-ctpa/>. Acesso em: 22 set. 2022.

ALVAREZ V.; V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação**. Viçosa: SBCS, 1999, p.30-35.

APROSOJA BRASIL. **Soja brasileira: História e perspectivas**. Brasília, DF, 2020. Disponível em: <https://aprosojabrasil.com.br/comunicacao/blog/2020/08/27/brazilian-soybean-exports/>. Acesso em: 08/07/2021.

BATISTA, R. O. **Diversidade genética de linhagens elite de soja quanto à resistência a doenças**. 2012. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Departamento de Fitotecnia, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2012.

BERNARD, R. L. **Origins and pedigrees of public soybean varieties in the United States and Canada**. Washington, D.C.: United States. Department of Agriculture Research Service, 1988, 68 p. Technical bulletin n. 1746.

BOARD, J. E.; HARVILLE, B. G. Explanations for greater light interception in narrow vs. Wide-row. **Crop Science**, Madison, v. 32, p. 198-202, 1992. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci1992.0011183X003200010041x>.

BOARD, J. E.; WIER, A. T.; BOETHEL, D. J. Soybean yield reductions caused by defoliation during mid to late seed filling. **Agronomy Journal**, Madison, v. 86, n. 6, p. 1074-1079, 1994. DOI: <https://doi.org/10.2134/agronj1994.00021962008600060027x>.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 553, 1981.

BRASMAX GENÉTICA LTDA. **Características agronômicas da soja BMX Desafio**. Cambé, PR, 2022. Disponível em: <https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-cerrado/?produto=258>. Acesso em: 22 set. 2022.

BUZZELLO, G. L. **Uso de Reguladores no Controle do Crescimento e no desempenho Agronômico da Cultura da Soja Cultivar CD 214 RR**. 2010. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco – PR, 2010.

CARNEIRO, R. M. D. G.; ALMEIDA, M. R. A. Técnica de eletroforese usada no estudo de enzimas dos nematoides de galhas para identificação de espécies. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p. 35-44, 2001.

CHITWOOD, B. G.; SPECHT, A. W.; HAVIS, A. L. Root-knot nematodes. III. Effects of *Meloidogyne incognita* and *M. javanica* on some peach root stocks. **Plant and Soil**, The Hague, v. 4, p. 77-95, 1952.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira**. Grãos: 10º levantamento: safra 2022/2023. Brasília, DF: Brasília, v.10, n.10, p. 75-81, 2023. (Boletim da safra de grãos). Disponível em: <https://www.conab.gov.br/info-agro/safras/graos/boletim-da-safra-de-graos>. Acesso em: 23 jul. 2023.

CONTINI, E.; GAZZONI, D.; ARAGÃO, A.; MOTA, M.; MARRA, R. **Série desafios do agronegócio brasileiro (NT1): Parte 1: Complexo Soja - Caracterização e Desafios Tecnológicos**. EMBRAPA, p. 1-35, 2018. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/10180/0/COMPLEXO+SOJA+-+Caracteriza%C3%A7%C3%A3o+e+Desafios+Tecnol%C3%B3gicos/709e1453-e409-4ef7-374c-4743ab3bdcd6>. Acesso em: 13 set. 2022.

CORTE, G. D. **Application technology of pesticides in the control of soybean nematodes**. 2013. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Ciências Rurais, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2013.

DIAS-ARIEIRA, C.R.; PUERARI, H.H. Matéria orgânica no solo e o manejo de nematoides. *In*: XXXVI CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA, 2019. **Anais eletrônicos** [...]. Caldas Novas, 2019. Disponível em: <http://www.infobibos.com.br/anais/cbn/36/Palestras/Claudia%20Dias%20Arieira.pdf>. Acesso em: 05 out. 2021.

DAVIDE, R. G.; TRIANTAPHYLLOU, A. C. Influence of the environment on development and sex differentiation of root-knot nematodes. II. Effect of host nutrition. **Nematologica**, Leiden, v. 13, p. 111-117, 1967.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E. de S. Nematoides em soja: Identificação e controle. **Circular Técnica 76**, Londrina, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2010/30766/1/CT76-eletronica.pdf>. Acesso em: 04 out. 2021.

DICKSON, D. W. DE WAELE, D. Nematode parasites of penault. p. 393-436. *In*: LUC, M.; SIKORA, R. A.; BRIDGE, J. (ed.). **Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture**. Wallingford: CAA Internacional, 2005. p. 393-436.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Características agronômicas da soja BRS7980**. Londrina, PR, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355008/0/Folder+Soja+BRS+7980/11fef7cf-5357-4949-aa09-9df36dbb072c>. Acesso em: 29 set. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **BRSGO Luziânia**. Londrina, PR, 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/BRSGO\\_Luziania\\_convencional.pdf/50ec2bcd-f6d5-4999-8db8-561d955579f4](https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/BRSGO_Luziania_convencional.pdf/50ec2bcd-f6d5-4999-8db8-561d955579f4). Acesso em: 01 dez. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Soja – Cultivares Convencionais: Rondônia safra 2011/2012**. Londrina, PR, 2011. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76095/1/Livreto-Cultivares-PSL-RO-2011-2012-v1.pdf>. Acesso: 05 dez. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. **Brasília, Informação Tecnológica**, 2009. 628p. Disponível: <https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083136.pdf>. Acesso em: 21 set. 2022.

FAVORETO, L.; MEYER, M.C.; DIAS-ARIEIRA, C.R.; MACHADO, A.C.Z.; SANTIAGO, D.C.; RIBEIRO, N.R. Diagnose e manejo de fitonematoides na cultura da soja. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 40, n. 306, p. 18-29, 2019.

FERRAZ, E. C. de A. **Absorção de nutrientes e conteúdo de clorofila em pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.) infestadas por *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949**. 1982. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1982.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 251p.

GAZZONI, D. L. A soja no Brasil é movida por inovações tecnológicas. **Revista Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 70, n. 3, p. 1-3, 2018. DOI: [doi.org/10.21800/2317-66602018000300005](https://doi.org/10.21800/2317-66602018000300005).

GIANLUPPI, V.; SMIDERLE, O. J.; GIANLUPPI, D.; ALMEIDA, L. A. de. **BRSGO Luziânia: nova cultivar de soja para o cerrado de Roraima**. Boa Vista, Embrapa Roraima, 2004, 4 p. Comunicado Técnico 04. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/690935/1/cot00404Luzianiaviciente.pdf>. Acesso em: 23 jul. 2023.

- GONTIJO, L. N. **Avaliação dos parâmetros de crescimento em plantas de soja.** 2021. 3 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, L. N. **Contagem de ovos, juvenis e adultos de *Meloidogyne* spp. e inoculação em plantas hospedeiras.** 2021. 3 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, L. N. **Inoculação dos isolados de *Meloidogyne* spp. em plântulas de soja.** 2021. 4 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, L. N. **Preparação do substrato.** 2021. 2 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, L. N. **Processamento de amostras de solo e raízes.** 2021. 8 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, L. N. **Temperatura máxima, mínima e média do solo e do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos.** 2021. Disponível em: Acervo pessoal.
- GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. *In:* LOURENÇÃO, A. L. F. (1º ed.). **Tecnologia & Produção: Soja 2013/2014.** Maracaju: Midiograf., 2014. p. 194- 203. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-soja-2013-2014/>. Acesso em: 04 out. 2021.
- HAMAWAKI, O. T. **UFUS Impacta – Resistência parcial a ferrugem, asiática e a duas espécies de nematoides de galhas.** Disponível em: [http://www.propp.ufu.br/sites/propp.ufu.br/files/conteudo/page/o\\_ufu\\_impacta.pdf](http://www.propp.ufu.br/sites/propp.ufu.br/files/conteudo/page/o_ufu_impacta.pdf). Acesso 05 dez. 2022.
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inoculo of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Saint Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.
- IBGE. **Normas de apresentação tabular.** 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for extracting nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Saint paul, v. 48 p. 692, 1964.
- JULIATTI, B. C. M. **Análise de genótipos quanto à resistência ao nematoide do cisto.** 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
- KÖPPEN, W. **Climatología:** con un estudio de los climas de la tierra. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.
- LABORATÓRIO DE DIAGNÓSTICO FITOSSANITÁRIO – NEMAFITO. **Fenótipos de esterase de populações de *Meloidogyne* spp. provenientes de raízes de tomates.** 2021. 2 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plant**. 2.ed. New York: Academic, 1995. 889p.

MARTINS, J. A. S. **Controle genético da resistência parcial, adaptabilidade e estabilidade frente à ferrugem asiática da soja**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

MAZZETTI, V. C. G. **Levantamento populacional de nematoides em soja no Rio Grande do Sul e estratégia genética, química e biológica para controle de nematoides de galha**. 2017. Tese (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, Universidade de Passo Fundo, Passo Fundo, 2017.

MOTA, L. C. B. M. **Centrifugação de amostras de solo e raízes**. 2015. 5 fotografias. Disponível em: Fotos cedida.

MOURA, R. M.; REGIS, E. M. O. Reações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 10, p. 215-225, 1987.

MÜLLER, L. Fisiologia. *In*: MIYASAKA, S.; MEDINA, J.L. **A soja no Brasil**. Campinas, 1981. p. 109-129.

NOGUEIRA, I. D. B. Correlation between quality of life and functional capacity in cardiac failure. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 2, p. 238-243, 2010.

NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O.; ASSUNÇÃO, M. S. FARIA, L. C.; ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M.; GUERZONI, R. A. **Comportamento da cultivar de soja BRSGO Santa Cruz nos estados de Minas Gerais e Tocantins**.

Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161921/1/nunes.pdf>. Acesso: 05 dez. 2022.

ORGANIZATION FOR ECONOMIC CO-OPERATION AND DEVELOPMENT AND FOOD - AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (OECD-FAO). **OECD-FAO Agricultural Outlook 2017-2026**. Genebra, Suíça, 2017. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1787/agr\\_outlook-2017-en](http://dx.doi.org/10.1787/agr_outlook-2017-en). Acesso em: 14 set. 2022.

OOSTENBRINK, M. Major characteristic of relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhoghe school**, Wageningen, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DO COMÉRCIO (OMC). **Base de dados**. Genebra, Suíça. 2019. Disponível em: <http://spsims.wto.org/en/Notifications/Search>. Acesso em: 14 set. 2022.

PORRAS, C. A.; CAYÓN, D. G.; DELGADO, O. A. Comportamento fisiológico de genótipos de soya en diferentes arreglos de siembra. **Acta Agronómica**, Palmira, v. 47, n. 1, p. 9-15, 1997.

R CORE TEAM (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, 2020. Disponível: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 out. 2022.

SANTOS, K. R. C. **Mapeamento de QTLs ligados à resistência parcial à ferrugem asiática**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

SELECTA. **Sementes de soja convencional safra 2022/2023**. Uberlândia, MG, 2022. Disponível em: <https://cjselecta.com.br/documentos/Portfolio-Sementes-CJ-Selecta.pdf>. Acesso em: 29 set, 2022.

SILVA, J. F. V. Resistência genética de soja a nematoides do gênero *Meloidogyne*. p. 95-127. In: FERRAZ, L. C. B.; ASMUS, G. L. CARNEIRO, R. G.; MAZAFFERA, P.; SILVA, J. F. V. **Relações parasito-hospedeiro nas meloidoginoses da soja**. Londrina, PR, 2001. p. 130. Disponível em: <https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/463005/relacoes-parasito-hospedeiro-nas-meloidoginoses-da-soja>. Acesso: 23 jul. 2023.

SOUTHEY, J. F. Laboratory methods for work with plant and soil nematodes. London: **Ministry of Agriculture, Fisheries and food, Her Majesty's Stationary Office**, 148 p. (Technical Bulletin, 2), 1970.

TIHOHOD D.; FERRAZ, S. Variabilidade de três populações de *Meloidogyne javanica* em plantas de soja. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 10, p. 163-171, 1986.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI, A.; F., BURIN, C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B. M. Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n.1, p. 37-41, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012005000010>.

VEIGA, R. F. A.; ROSSETO, C. J.; RAZERA, L. F.; GALLO, P. B.; BORTOLETTO, N.; MEDINA, F. P.; TISSELLI FILHO, O.; CIONE, J. **Caracterização morfológica e Agrônômica do cultivar de soja IAC 100**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 23 p. (Boletim técnico, 175).

ZOTARELLI, L. CARDOSO, E. G.; PICCININ, J. L.; URQUIAPA, S.; BODDEY, R. M.; TORRES, E.; ALVES, B. J. R. **Calibração do medidor de clorofila Minolta SPAD-502 para uso na cultura do milho**. Rio de Janeiro: Embrapa Agrobiologia, 2002. 4 p. (Comunicado técnico 55).

## CAPÍTULO 2

### REAÇÃO DE CULTIVARES DE SOJA AO NEMATOIDE *Pratylenchus brachyurus*

Luciana Nunes Gontijo\*<sup>1</sup>, Fernando Cezar Juliatti<sup>2</sup>, Maria Amelia dos Santos<sup>2</sup>

\* autor para correspondência: lucianangontijo@gmail.com

<sup>1</sup> Mestre em Fitopatologia, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

<sup>2</sup> Professor Titular, Universidade Federal de Uberlândia (UFU), Campus Uberlândia, Uberlândia, MG, Brasil

#### RESUMO

Os nematoides têm causado sérios prejuízos nas lavouras de soja e, para manter a população e seus danos dentro de limites suportáveis para o agricultor, o uso de cultivares resistentes é uma ferramenta importante. Diante disso, objetivou-se avaliar a reação de genótipos de soja sobre as populações de *Pratylenchus brachyurus*. Foram conduzidos dois experimentos, em data diferentes, em condições de casa de vegetação, instalados em delineamento de blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições, sendo analisados oito genótipos de soja, para os quais não há reação de resistência ou suscetibilidade descrita e, como controle foram utilizadas duas cultivares de soja: BRS7980 e BMX Desafio, classificadas como resistente e suscetível, respectivamente. As plantas foram inoculadas dez dias após o plantio, com uma suspensão de 200 ovos e juvenis de segundo estágio de *P. brachyurus*. As avaliações ocorreram sessenta dias após a inoculação (DAI), determinando-se altura de plantas, diâmetro de caule, índice Spad, índice de área foliar, fator de reprodução e redução do fator de reprodução. Entre os genótipos de soja testados, nos dois experimentos, nenhum comportou-se como resistente. Porém, o genótipo UFUL 511 apresentou maior desenvolvimento vegetativo. Pela correlação de Pearson, observou-se que nos ensaios os parâmetros nematoides por grama de raiz e índice de área foliar obtiveram uma correlação negativa.

**Palavras-chave:** *Glycine max*; resistência; nematoide das lesões radiculares.



## ABSTRACT

Nematodes have caused serious damage to soybean crops and, in order to keep the population and its damage within bearable limits for the farmer, the use of resistant cultivars is an important tool. Therefore, the objective was to evaluate the reaction of soybean genotypes on populations of *Pratylenchus brachyurus*. Two experiments were treated, on different date, under greenhouse conditions, installed in a randomized block design with ten treatments and four replications, being analyzed eight soybean genotypes, for which there is no observed resistance or susceptibility reaction and, as control, two soybean cultivars were used: BRS7980 and BMX Desafio, classified as resistant and susceptible, respectively. Plants were inoculated ten days after planting with a suspension of 200 eggs and second-stage juveniles of *P. brachyurus*. Evaluations took place sixty days after inoculation (DAI), determining plant height, stem diameter, Spad index, leaf area index, reproduction factor and reproduction factor reduction. Among the tested soybean genotypes, in both experiments, none behaved as resistant. However, UFUL 511 genotype showed greater vegetative development. By Pearson's correlation showed that the parameters nematodes per gram of root and leaf area index were negatively correlated in the trials.

**Key-words:** *Glycine max*; resistance; root lesion nematode.

## INTRODUÇÃO

A soja é a mais importante oleaginosa cultivada na atualidade tanto pelos valores econômicos como nutricionais. O aumento da produção e de área plantada vem crescendo nos últimos anos, sendo que, no mundo, na safra 2021/22 plantou-se 130,9 milhões de hectares e a produção foi de 355,5 milhões de toneladas (EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA, 2022).

Apesar da elevada produção de grãos, a produtividade da cultura tem sido afetada por fatores edafoclimáticos e fitossanitários. Com relação aos problemas fitossanitários na cultura, são vários e, dependendo da região e do patógeno envolvido, limitam a sua produção. No mundo são conhecidas mais de 100 doenças que acometem a cultura, enquanto que, no Brasil, aproximadamente 40 doenças já foram identificadas (HENNING et al., 2005).

Além disso, o impacto das mudanças climáticas na agricultura tem afetado a ocorrência desses patógenos e, conseqüentemente o seu manejo. Essas alterações podem ter efeito direto e indireto tanto na produtividade agrícola quanto sobre o patógeno ou ainda sobre ambos (ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO, 2021). Diante desse cenário, esses organismos nocivos são um desafio para a segurança alimentar global por afetarem diretamente a quantidade e a qualidade da soja (HAMPF et al., 2021). Os prejuízos estimados por estes organismos, anualmente, é em torno de 20 a 40% na produção agrícola global. Os patógenos causam perdas na economia na ordem de 220 bilhões de dólares e os insetos de 70 bilhões de dólares por ano (FAO, 2019).

Dentre os patógenos, os fitonematoides vem crescendo em importância no sistema produtivo e ganhando espaço por causar sérios danos e perdas nas lavouras de soja, além de poder inviabilizar algumas áreas de cultivo (GRIGOLLI, 2015). Entre os nematoides mais prejudiciais à cultura está o nematoide das lesões radiculares (*Pratylenchus brachyurus*) (DIAS et al., 2010). Esses nematoides causam nas plantas anomalias na forma, na fisiologia, na integridade ou no comportamento das plantas de soja. E essas alterações podem ocasionar desequilíbrios nas funções vitais, como na absorção e transporte de água, de nutrientes e no balanço energético da planta. Tais mudanças podem resultar em danos parciais, bem como, na morte da planta ou de suas partes (AGRIOS, 2005).

Segundo Goulart (2008), as perdas ocasionadas pelo nematoide das lesões radiculares pode chegar até 30% no rendimento de grãos de soja. Franchini et al. (2014) contabilizaram perdas na região do Medio-Norte do Mato Grosso de 12 sacas por hectare, o que representa 21% da produtividade potencial da lavoura de soja. Em um levantamento realizado para ver a distribuição e crescimento dos nematoides pelo país constatou que em 75% das áreas analisadas, o gênero *Pratylenchus* ssp. era o mais recorrente (SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA – SBN, 2022).

A ampla e correta utilização do manejo integrado de nematoides é fundamental para manter a população desse fitopatógeno e seus danos dentro de limites suportáveis para o agricultor. E, dentre os métodos utilizados o melhoramento genético é uma ferramenta importante para o desenvolvimento de cultivares resistente a esses nematoides (ARANTES et al., 1999).

De acordo Silva (2014), o melhoramento da soja visando resistência ao nematoide das lesões radiculares é feito através da identificação de genótipos que multiplicam menos o nematoide e sua posterior introgressão em linhagens elite. Ainda segundo o autor, os estudos sobre a genética da resistência são ainda raros nesse patossistema e, de suma importância para os programas de melhoramento que buscam por materiais resistentes a esse patógeno.

Diante disso, o trabalho teve como objetivo avaliar, em condições controladas, a reação de genótipos de soja do programa de germoplasma desenvolvido pelo Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia (LAMIP/UFU), sobre as populações de *Pratylenchus brachyurus*.

## **2.1 MATERIAL E MÉTODOS**

### **2.1.1 Localização dos experimentos, clima e época**

Os experimentos foram conduzidos em condições de casa de vegetação localizada na área experimental do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), *Campus* Umuarama, no Município de Uberlândia/MG, nas coordenadas geográficas 18°53'01" S e 48°15'42" O a 833 m de altitude. O clima da região é classificado como tropical úmido, com verão chuvoso e inverno seco (KÖPPEN, 1948).

Dois experimentos foram montados em data diferentes sendo em delineamento de blocos casualizados com dez tratamentos e quatro repetições. A execução dos

experimentos ocorreu entre 23 de março de 2022 e 07 de junho de 2022, no período entre verão e outono (Quadro 2.1).

**Quadro 2.1** – Cronograma de execução dos experimentos em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2022.

Isolado de <i>Pratylenchus</i> spp.	Ensaio	Semeadura da soja	Inoculação	Finalização do experimento
<i>Pratylenchus brachyurus</i>	1	23/03/2022	01/04/2022	01/06/2022
	2	28/03/2022	07/04/2022	07/06/2022

O solo utilizado para os experimentos foi previamente amostrado para análise química e física e posteriormente esterilizado como Bunema. A interpretação da análise de solo e a recomendação de adubação foi de acordo com Alvarez et al. (1999). A calagem e os adubos (MAP e KCl) foram aplicados e incorporados antes da semeadura da soja (Quadro 2.2).

**Quadro 2.2** – Caracterização química e física da amostra de solo. Uberlândia-MG, 2022.

Características químicas									
pH (H <sub>2</sub> O)	pH (CaCl <sub>2</sub> )	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	Al <sup>3+</sup>	P-Mehlich	K <sup>+</sup>	H+Al	CTC	SB
01:02,5		---- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> ----			---- mg dm <sup>-3</sup> ----			----- cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----	
6,47	-	0,64	0,05	0,0	2,63	11,4	1,05	1,77	0,72
t	M.O.	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn	V	m
cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	dag kg <sup>-1</sup>	----- mg dm <sup>-3</sup> -----				----- % -----			
0,72	0,52	28,6	0,38	0,27	46,6	4,60	0,58	40,68	0,0
Características físicas									
Solo	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila	Classe textural				
	----- g kg <sup>-1</sup> -----								
	594	225	62	119	Média				

pH em H<sub>2</sub>O; Ca, Mg, Al, (KCl 1 mol L<sup>-1</sup>); P, K = (HCl 0,05 mol L<sup>-1</sup> + H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 0,0125 mol L<sup>-1</sup>) P disponível (extrator Mehlich<sup>-1</sup>); S em fosfato de cálcio 0,01 mol L<sup>-1</sup>; H + Al = (Solução Tampão – SMP a pH 7,5); Cu, Fe, Mn, Zn = (DTPA 0,005 mol L<sup>-1</sup> + TEA 0,1 mol<sup>-1</sup> + CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> a pH 7,3) cmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> x 10 = mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> / mg dm<sup>-3</sup> = ppm / dag kg<sup>-1</sup> = %; CTC a pH 7,0; V = Saturação por bases; m = Saturação por alumínio; M.O. = Método Colorimétrico; Metodologias baseadas em EMBRAPA (2009). Análise Textual pelo método da Pipeta (EMBRAPA, 2009).

### 2.1.2 Obtenção da subpopulação do nematoide e multiplicação

O isolado de *Pratylenchus brachyurus* foi obtido de plantas de soja, naturalmente infectadas. As subpopulações de *P. brachyurus* foram recuperadas e mantidas em casa de vegetação, tendo como planta multiplicadora a cultivar de soja BMX Desafio (Figura 2.1). A identificação da espécie de *P. brachyurus* foi realizada usando caracteres morfológicos.

**Figura 2.1** – Multiplicação do inóculo de *Pratylenchus brachyurus*. Uberlândia-MG, 2022.



**Legenda:** A- Inóculo de *P. brachyurus*; B- Multiplicação em plantas de soja BMX Desafio. **Fotos:** GONTIJO, 2022.

A extração dos nematoides foi realizada de acordo com a metodologia de flotação centrífuga em solução de sacarose (JENKINS, 1964) tanto para solo como para raízes. As raízes foram lavadas em água corrente para retirar o excesso de solo, pesadas e processadas primeiramente pela técnica de Hussey e Barker (1973), modificada por Bonetti e Ferraz (1981), e então submetidas à metodologia de flotação citada (Figura 2.2).

**Figura 2.2** – Processamento de solo e raízes. Uberlândia-MG, 2022.



**Legenda:** A- Processamento de raízes, B- Processamento de solo e C- flotação centrífuga em solução de sacarose tanto para solo como para raízes **Foto:** GONTIJO, 2021; MOTA, 2015.

A partir das raízes de soja, em torno de 70 dias após a inoculação, foram extraídos os ovos de acordo com a metodologia supracitada para preparar a suspensão do nematoide das lesões radiculares.

### 2.1.3 Reação de genótipos de soja a *Pratylenchus brachyurus*

Oito genótipos de soja foram analisados, para os quais não há reação de resistência ou suscetibilidade descrita e, como controle foram utilizadas duas cultivares de soja: BRS7980 e BMX Desafio, classificadas como resistente e suscetível, respectivamente (Quadro 2.3 e 2.4).

Os genótipos em estudo foram derivados de cruzamentos entre genótipos BRSGO Caiapônia, IAC-100, BRSGO Santa Cruz, BRSGO Luziânia, Monsoy 9350 e Potenza em quatro diferentes combinações (Quadro 2.3). Esses cruzamentos foram realizados em casa de vegetação no ano de 2007, onde obteve-se as gerações F<sub>1</sub>. O avanço da geração F<sub>1</sub> e F<sub>2</sub> ocorrem também em casa de vegetação no período de 2008 a 2009 e as progênies F<sub>2</sub> e F<sub>3</sub> foram utilizados nos anos 2009/10 em uma pesquisa para estudar a resistência dessas progênies a ferrugem asiática (MARTINS, 2011).

Posteriormente esses materiais foram semeados no ano de 2011 para gerar as progênies F<sub>4</sub> que foram utilizadas para mapear os QTLs ligados a resistência parcial a ferrugem asiática (SANTOS, 2015). Em 2013/14 as sementes da geração F<sub>5</sub> e F<sub>6</sub> foram utilizadas em um experimento para identificar a reação desses materiais a *Heterodera glycines* raça 3 (JULIATTI, 2015). O avanço das gerações continuou ao longo dos anos até chegar na geração F8:9 utilizada no presente estudo.

**Quadro 2.3** – Caracterização dos genótipos (LAMIP/UFU) em estudo. Uberlândia-MG, 2022.

Trat.	Genótipo	Cruzamento que deu origem ao genótipo ou linhagem comercial	Geração
T1	UFUL157	BRSGO Caiapônia x IAC100 planta 14	F8:9
T2	UFUL246	BRSGO Santa Cruz x Monsoy 9350 planta 3	F8:9
T3	UFUL298	BRSGO Caiapônia x IAC 100 planta 110.1.1-9	F8:9
T4	UFUL457	BRSGO Santa Cruz x IAC 100 planta 8.3.2	F8:9
T5	UFUL511	BRSGO Luziânia x Potenza planta 173.2	F8:9
T6	UFUL525	BRSGO Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.1	F8:9
T7	UFUL526	BRSGO Caiapônia x IAC 100 planta 87.1-9.2	F8:9
T8	UFUL592	BRSGO Caiapônia x IAC 100 planta 23.1.17.1	F8:9

**Quadro 2.4** – Características agronômicas cultivares utilizadas nos cruzamentos e dos padrões de resistência e de suscetibilidade. Uberlândia-MG, 2022.

Características	Cultivar			
	BMX Desafio	BRS7980	BRSGO Caiapônia	IAC-100
Grupo de maturação	7.4	7.9	7.7	-
Hábito de crescimento	Indeterminado	Determinado	Indeterminado	Determinado
Porte	Médio	Médio	Médio	Médio
Índice de ramificação	Baixa	Alto	-	Pouco ramificada
Resistente ao acamamento	Sim	Moderado resistente	Resistente	Resistente
Resistência a nematoides	Não	Sim	Sim	-
Observações	Alto potencial de Produtividade.	Resistente ao NCS raças 1, 3 e 5; a <i>M. javanica</i> ; <i>M. incognita</i> e a <i>Pratylenchus</i> spp.	Resistente a <i>M. incognita</i> . Altamente suscetível a ferrugem asiática.	Resistência parcial a ferrugem asiática, Resistência moderada a insetos mastigadores de folhas.

Características	Cultivar			
	Potenza	BRSGO Santa Cruz	Monsoy 9350	BRSGO Luziânia
Grupo de maturação	-	-	9.3	8.5
Hábito de crescimento	-	Determinado	Determinado	Determinado
Porte	-	Média	Alto	Médio
Índice de ramificação	-	-	-	-
Resistente ao acamamento	-	Resistente	Moderadamente resistente	Resistente
Resistência a nematoides	-	Não	Não	Sim
Observações	-	Suscetível a <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>	Suscetível a <i>M. incognita</i> e <i>M. javanica</i>	Resistente a <i>M. javanica</i> ; moderadamente resistente a <i>M. incognita</i> .

**Fonte:** AGRANDA SEMENTES, 2022; BRASMAX GENÉTICA BRASIL, 2022; EMBRAPA, 2022; HAMAWAKI, 2022; NUNES JÚNIOR et al., 2022; VEIGA et al., 1999; SELECTA, 2022.



Os experimentos foram conduzidos em copos de plástico com capacidade de 770 mL, contendo uma mistura de solo e areia na proporção 1:2 (v:v), previamente esterilizada com Bunema, mantidos em casa de vegetação (Figura 2.3).

**Figura 2.3** – Preparo do solo e areia. Uberlândia-MG, 2022.



**Legenda:** A- Peneiramento do solo; B- Mistura do solo com a areia. **Foto:** GONTIJO, 2021.

Para cada experimento foram semeadas seis sementes de cada genótipo em copos de plástico. Após dez dias de emergência foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta/parcela (copo plástico). E, em seguida foi realizada a inoculação depositando-se uma suspensão aquosa contendo 200 ovos e juvenis de segundo estágio (J2) com o auxílio de uma pipeta, em orifícios próximos a base do caule a uma profundidade de 2 cm de cada planta em cada parcela (Figura 2.4).

**Figura 2.4** – Inoculação de *Pratylenchus brachyurus* em plântulas de soja. Uberlândia-MG, 2022.

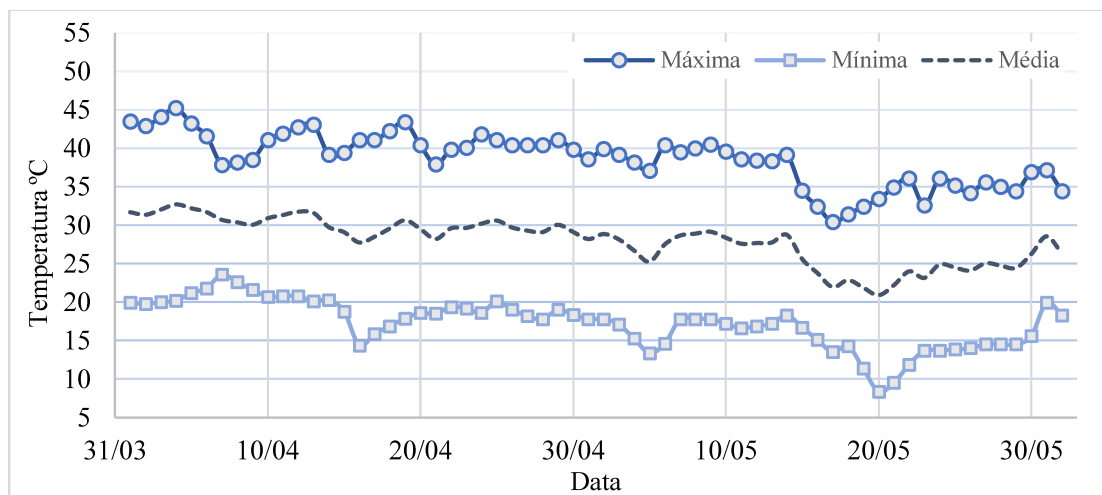


**Foto:** GONTIJO, 2022.

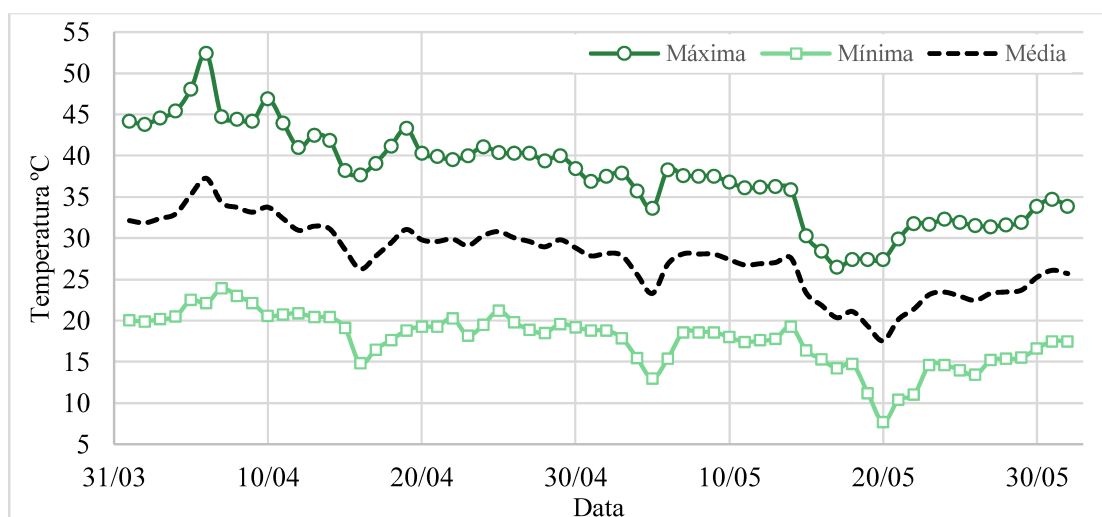
Durante o período de condução do experimento, as plantas foram regadas diariamente visando manter o nível adequado de umidade no solo para o crescimento das plantas e com o cuidado de não encharcar o substrato. Além disso, foram tomadas

as temperaturas máximas e mínimas do ambiente e do solo utilizando o aparelho thermohygrometer AK28 da ASKO (Figura 2.5).

**Figura 2.5** – Temperatura máxima, mínima e média do solo e do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos. Uberlândia-MG, 2022.



(A)



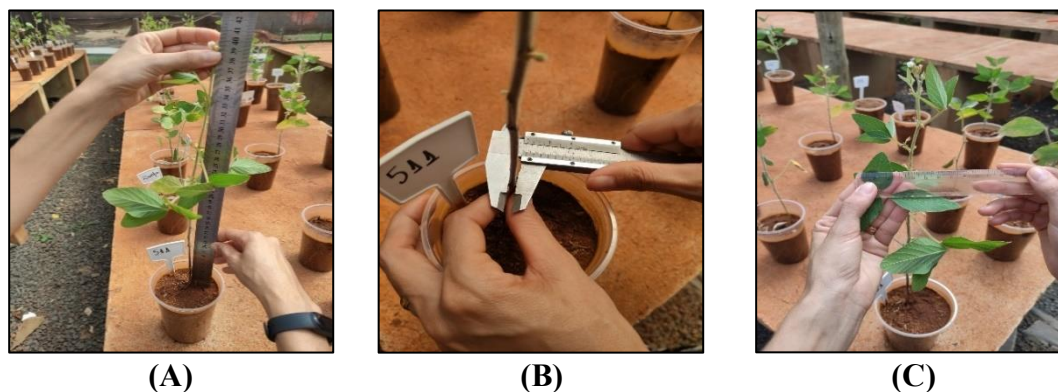
(B)

**Legenda:** A- Temperatura do solo; B- Temperatura do ambiente da casa de vegetação.  
**Fonte:** GONTIJO, 2022.

#### 2.1.4 Parâmetros agrônômicos avaliados

Sessenta dias após a inoculação foram avaliados os seguintes parâmetros: altura de plantas (cm), diâmetro de caule (cm), índice Spad, e índice de área foliar (Figura 2.6). A medição da altura de plantas foi realizada com uma régua métrica em cm, e compreendeu a distância entre colo e o ápice da planta; o diâmetro do caule foi determinado na altura do nó cotiledonar, em sentido contrário à inserção destes, com auxílio de um paquímetro graduado em milímetros.

**Figura 2.6** – Avaliação dos parâmetros de crescimento em plantas de soja. Uberlândia-MG, 2022.



**Legenda:** **A-** Medição da altura de plantas; **B-** Medição do diâmetro de caule; **C-** Medição do comprimento e largura das folhas. **Foto:** GONTIJO, 2021.

O índice Spad (Soil Plant Analysis Development) foi determinado por meio do medidor portátil SPAD-502 Plus da Konica Minolta. O aparelho permite a obtenção de um índice relativo da clorofila (IRC), ou índice Spad, ao avaliar quantitativamente a intensidade da coloração verde da folha; medindo a transmissão de luz a 650 nm onde ocorre a absorção de luz pelas moléculas de clorofila, e a 940 nm onde não ocorre a absorção. As avaliações foram realizadas no período da manhã (8h00min às 9h00min) e em cada folíolo dos terceiros trifólios totalmente desenvolvidos.

Para a avaliação da área foliar foi medido o comprimento e largura da folha. Para isso, foi amostrado folíolo central, evitando a nervura principal do terceiro trifólio aberto do ápice para a base da planta. A partir dos valores de largura e comprimento dos folíolos, estimou-se a área foliar por meio do modelo proposto por Toebe et al. (2012):

$$Dfc = 0,7104 \times C \times L$$

Em que,

C – Comprimento máximo;

L – Largura máxima e

0,7104 – Fator de correção para o formato ovoide das folhas.

Após sessenta dias após a inoculação (DAI), foram realizadas extrações e quantificações dos nematoides. A extração dos nematoides foi conforme a técnica proposta por Hussey e Barker (1973) modificada por Bonetti e Ferraz (1981). Após a extração, os nematoides foram quantificados por meio de contagem com o auxílio de uma câmara de Peters sob microscópio óptico para determinar o fator de reprodução (FR) e o número de nematoides por grama de raízes.

O fator de reprodução (FR) é obtido pela divisão da população final (Pf) pela população inicial (Pi), segundo Oostenbrink (1966). Nesta classificação o tratamento que apresentar  $FR > 1$  é classificado como suscetível e  $FR < 1$  é classificado como resistente.

Os níveis de resistência de cada genótipo foram identificados utilizando o critério de Moura e Régis (1987). Nesta classificação a cultivar suscetível é utilizada como padrão. Então, esta é comparada com cada um dos demais FR, calculando-se o percentual de redução do fator de reprodução pela fórmula:  $RFR = [(FR \text{ do padrão suscetível} - FR \text{ do tratamento}) / FR \text{ do padrão suscetível}] \cdot 100$  e, classificada conforme Quadro 2.5.

**Quadro 2.5** – Classificação dos genótipos, segundo o percentual de redução do índice de inibição do nematoide.

<b>% de redução do índice de inibição</b>	<b>Classificação da cultivar</b>
0 – 25	Altamente suscetível (AS)
25,1 – 50	Suscetível (S)
50,1 – 75	Moderadamente suscetível (MS)
75,1 – 90	Moderadamente resistente (MR)
90,1 – 95	Resistente (R)
95,1 – 100	Altamente resistente (AR)

**Fonte:** MOURA e RÉGIS (1987).

### 2.1.5 Análise dos dados

Os dados coletados nos experimentos foram submetidos ao teste de pressuposições do modelo de análise de variância utilizando-se o programa estatístico R Core Team (2020), versão 4.0.2. Foi aplicado o teste de Levene para verificar a homogeneidade de variâncias, o teste de Kolmogorov-Smirnov – corrigido por Lilliefors para verificar a normalidade dos resíduos, e o teste de Tukey para a aditividade de blocos.

Nos casos em que as pressuposições não foram atendidas a 0,05 de significância, os dados foram transformados em  $\sqrt{x}$  para as variáveis de crescimento e  $\log(x + 1)$  para as variáveis nematológicas e submetidos à nova análise. Caso nenhuma pressuposição seja atendida, os dados originais foram utilizados para os cálculos da ANOVA.

Após verificar as pressuposições os dados foram submetidos ao teste de F da análise de variância ( $F = 0,05$ ) com auxílio do programa R Core Team (2020), sendo as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott ( $p \leq 0,05$ ). A classificação da correlação

linear de Pearson, adotou-se os seguintes critérios: correlação perfeita ( $r=1$ ), forte ( $r>0,75$ ), moderada ( $r>0,5$ ), fraca ( $r<0,5$ ) e inexistente ( $r=0$ ) (NOGUEIRA et al., 2010).

## 2.2 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A identificação da espécie de *Pratylenchus brachyurus* foi realizada usando caracteres morfológicos. A espécie possui a região labial angulosa, sendo mais estreita que o diâmetro do corpo, o estilete é curto e robusto com nódulos basais esféricos e a posição da vulva mais próxima ao final do corpo (Fig. 2.7).

**Figura 2.7** – Identificação da espécie de *Pratylenchus brachyurus*. Uberlândia-MG, 2022.



**Fotos:** PERES, 2022.

O índice Spad, altura de plantas e o índice de área foliar foram significativamente ( $p < 0,05$ ) influenciados pela população de *P. brachyurus* (Tabela 2.1). O índice Spad aumentou nos genótipos UFUL 157, UFUL 246, UFUL 511, UFUL 525 e UFUL 526 em relação as duas testemunhas enquanto para os demais genótipos o índice Spad decresceu. Para a variável índice de área foliar os genótipos UFUL 525 e UFUL 526 juntamente com os controles apresentaram baixo índice (Tabela 2.1).

O índice Spad relaciona-se com teor de clorofila na planta ou com a intensidade do verde da folha (NASCIMENTO JUNIOR, 2012). Diante disso, a perda desse pigmento nos genótipos pode ocorrer em função estresse ou deficiência hídrica em plantas de soja. E, de acordo com Asmus e Ferraz (2001) a população de *P. brachyurus* pode promover esse estresse hídrico a ponto de interferir no teor de clorofila.

A população de juvenis de *P. brachyurus* influenciou diretamente o porte das plantas. O genótipo UFUL 592 apresentou uma redução 36,9% e 33,9% em relação aos controles suscetível e resistente, respectivamente. Além disso, o genótipo obteve menor desenvolvimento da parte aérea em relação aos genótipos UFUL 157, UFUL 525 e UFUL 526, sendo que estes materiais são provenientes dos mesmos parentais (BRSGO

Caiapônia e IAC-100). Esse comportamento do genótipo UFUL 592 em relação aos outros genótipos pode estar relacionado com a segregação de genes, uma vez que, houve uma variação no comportamento desse material em relação aos demais.

**Tabela 2.1** – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de *Pratylenchus brachyurus*. Uberlândia-MG, 2022.

Tratamentos	Índice Spad		Diâmetro	Altura		IAF	
Desafio	18,58	b	3,37	4,66	a	7,21	b
BRS7980	14,00	b	2,98	5,06	a	6,68	b
UFUL 157	26,40	a	3,43	4,66	a	9,69	a
UFUL 246	28,38	a	3,38	4,40	a	8,88	a
UFUL 298	17,55	b	3,30	5,43	a	9,41	a
UFUL 457	19,78	b	3,08	4,54	a	11,00	a
UFUL 511	23,82	a	3,40	5,04	a	11,14	a
UFUL 525	28,27	a	3,18	4,68	a	7,16	b
UFUL 526	26,01	a	3,27	4,88	a	8,12	b
UFUL 592	17,78	b	3,23	1,72	b	9,27	a
CV (%)	9,5		7,51	9,34		22,38	
pvalor	0,00010*		0,23410 <sup>ns</sup>	0,00000*		0,03327*	
<sup>1</sup> L	<b>0,2356</b>		<b>0,1286</b>	<b>0,2021</b>		<b>0,0799</b>	
F lev	<b>0,0503</b>		<b>0,3074</b>	0,0255		<b>0,1928</b>	
F adit	<b>0,9738</b>		<b>0,0629</b>	<b>0,0773</b>		<b>0,7223</b>	

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

No segundo ensaio, as variáveis analisadas apresentaram o mesmo comportamento do primeiro ensaio (Tabela 2.2). Os genótipos UFUL 298, UFUL 457 e UFUL 592 apresentaram uma redução drástica do índice Spad e segundo Sant'Ana et al. (2010) esse índice possui uma elevada correlação com o teor de clorofila. Isso demonstra que a população de juvenis presente no sistema radicular influenciou a biossíntese da clorofila. Por outro lado, os outros genótipos tiveram maior índice Spad (Tabela 2.2).

Ferraz (1982), menciona que as alterações no processo de biossíntese da clorofila e sua degradação em plantas resultantes atacadas pelos nematoides não é bem entendido. Contudo, o autor admite que é provável que a interação entre o patógeno e o hospedeiro durante a infecção possa indiretamente afetar a quantidade desse pigmento fotorreceptor.

Os genótipos UFUL 298, UFUL 511, UFUL 592 e a cultivar BRS 7980 obtiveram maior desenvolvimento de parte aérea. Para o índice de área foliar, os genótipos UFUL 157 UFUL 246, UFUL 298 e UFUL 511 apresentaram maior área foliar. (Tabela 2.2).

**Tabela 2.2** – Médias do índice Spad, diâmetro do caule (mm), altura de planta (cm) e índice de área foliar (IAF) em 10 materiais de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação aos 60 dias após a inoculação de *Pratylenchus brachyurus*. Uberlândia-MG, 2022.

Tratamentos	Índice Spad	Diâmetro	Altura	IAF
Desafio	24,00 a	3,36	4,58 b	6,49 b
BRS7980	13,68 b	3,05	5,68 a	7,29 b
UFUL 157	22,74 a	3,30	4,82 b	8,96 a
UFUL 246	31,99 a	3,25	4,34 b	8,51 a
UFUL 298	15,84 b	3,21	5,66 a	9,92 a
UFUL 457	16,95 b	2,87	4,59 b	5,89 b
UFUL 511	24,95 a	3,17	4,81 a	8,08 a
UFUL 525	27,51 a	3,28	4,71 b	6,62 b
UFUL 526	25,70 a	3,13	4,99 b	6,59 b
UFUL 592	18,46 b	3,02	5,20 a	6,84 b
CV (%)	26,01	7,86	12,01	21,69
pvalor	0,00231*	0,22468 <sup>ns</sup>	0,04504*	0,03077*
<sup>1</sup> L	<b>0,3688</b>	<b>0,4634</b>	<b>0,2999</b>	<b>0,4379</b>
F lev	<b>0,0402</b>	<b>0,5248</b>	0,0065	<b>0,4488</b>
F adit	<b>0,8324</b>	<b>0,4121</b>	0,0022	<b>0,8762</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

Os resultados da densidade populacional de *P. brachyurus* nas raízes dos genótipos de soja e o fator de reprodução estão apresentados na tabela 2.3. Observa-se que tanto no primeiro quanto no segundo experimento as variáveis analisadas não foram significativas a  $p < 0,05$ .



**Tabela 2.3** – Nematóide por grama de raiz e fator de reprodução, aos 60 dias após a inoculação de *Pratylenchus brachyurus*. Uberlândia-MG, 2022.

Tratamentos	Primeiro ensaio		Segundo ensaio	
	Nematóide g <sup>-1</sup>	FR	Nematóide g <sup>-1</sup>	FR
Desafio	32,22	1,61	47,63	5,04
BRS7980	16,40	1,45	49,19	2,83
UFUL 157	9,54	2,94	32,24	4,14
UFUL 246	11,90	1,36	40,48	3,53
UFUL 298	13,05	1,86	88,06	5,21
UFUL 457	20,33	1,57	72,40	3,05
UFUL 511	18,81	1,12	48,14	3,28
UFUL 525	16,82	2,07	29,31	3,70
UFUL 526	15,79	2,24	50,48	5,62
UFUL 592	43,90	2,20	65,29	3,55
CV (%)	104,97	61,85	50,82	46,09
pvalor	0,4591 <sup>ns</sup>	0,5546 <sup>ns</sup>	0,1008 <sup>ns</sup>	0,3897 <sup>ns</sup>
<sup>1</sup> L	0,0105	<b>0,7147</b>	<b>0,2014</b>	<b>0,0608</b>
F lev	0,0121	<b>0,2129</b>	2,22e <sup>-05</sup>	<b>0,2054</b>
F adit	0,0008	2e <sup>-06</sup>	<b>0,7740</b>	<b>0,8858</b>

Médias seguidas por letras distintas, na coluna, diferem entre si pelo teste de Scott-Knott a 0,05 de significância. \* Significativo e <sup>ns</sup> não significativo pelo teste F a 0,05 de significância. <sup>1</sup>L, F lev, F adit: estatísticas dos testes de Lilliefors (Kolmogorov-Smirnov), Levene e Tukey respectivamente; valores em negrito indicam, resíduos com distribuição normal, variâncias homogêneas e aditividade dos blocos a 0,05 de significância.

De acordo com os resultados obtidos pelo critério de Moura e Régis (1987), a redução do fator de reprodução do nematóide (RFR), no primeiro experimento, variou de -82,61 a 30,43 (Tabela 2.4). No segundo ensaio a amplitude do RFR foi menor em relação ao primeiro ensaio. Embora essa amplitude tenha sido menor, os genótipos apresentaram os níveis de resistência como altamente suscetível e suscetível.

Outro ponto a destacar é que os parentais utilizados nos cruzamentos não tem resistência ao nematóide das lesões radiculares (Quadro 2.3 e 2.4). Segundo Ferraz (1996), a seleção de materiais de soja que tenham efetivas fontes de resistência a *Pratylenchus brachyurus* é um objetivo difícil de realizar, uma vez que a interação desse patógeno com o hospedeiro é menos complexa que a dos fitonematóides de galhas.

Em patossistemas que envolve por exemplo, o gênero *Meloidogyne* a relação é mais especializada entre o hospedeiro e o parasito, pois há a formação de células especializadas de alimentação. Isso explica a dificuldade de obter cultivares resistentes ao nematóides das lesões radiculares, pois a interação dos nematóides migradores junto a uma determinada célula para fins de alimentação é limitada a poucos minutos o que



dificulta analisar quais os mecanismos e os compostos químicos estão envolvidos durante cada fase do processo (FERRAZ e BROWM, 2016).

**Tabela 2.4** – Redução do fator de reprodução (RFR) e níveis de resistência (NR) ao nematoide *Pratylenchus brachyurus*. Uberlândia-MG, 2022.

Tratamentos	Primeiro ensaio		Segundo ensaio	
	RFR	NR*	RFR	NR*
Desafio	-	-	-	-
BRS7980	9,94	AS	43,85	S
UFUL 157	-82,61	AS	17,86	AS
UFUL 246	15,53	AS	29,96	S
UFUL 298	-15,53	AS	-3,37	AS
UFUL 457	2,48	AS	39,48	S
UFUL 511	30,43	S	34,92	S
UFUL 525	-28,57	AS	26,59	S
UFUL 526	-39,13	AS	-11,51	AS
UFUL 592	-36,65	AS	29,56	S

\*0 a 25% = altamente suscetível (AS); 25,1 a 50% = suscetível (S); 50,1 a 75% = moderadamente suscetível (MS); 75,1 a 90% = moderadamente resistente (MR); 90,1 a 95% = resistente (R); 95,1 a 100% = altamente resistente (AR).

De acordo com a correlação linear de Pearson (Tabela 2.5) pode-se observar que a correlação entre os parâmetros IAF e SPAD ( $r = -0,213$ ); DIAM e SPAD ( $r = 0,225$ ); DIAM e IAF ( $r = 0,420$ ); ALT e IAF ( $r = 0,307$ ); ALT e DIAM ( $r = 0,397$ ); NGR e SPAD ( $r = 0,360$ ); NGR e IAF ( $r = -0,350$ ) e FR e ALT ( $r = -0,331$ ) foram significativos pelo teste de F ( $p = 0,05$ ). As demais correlações não apresentaram relações de interdependência significativas entre si.

A correlação entre NGR e IAF foi negativa, demonstrando que quanto maior o valor de NGR menor será o IAF. Isso significa que a alta população inicial desse microrganismo no sistema radicular pode causar um grande estresse hídrico decorrente dos danos causados nas raízes a ponto de interferir na área foliar e no desenvolvimento das plantas (Tabela 2.5).

**Tabela 2.5** – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematoide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de *Pratylenchus brachyurus* para os diferentes genótipos de soja avaliados, no primeiro ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2022.

	SPAD	IAF	DIAM	ALT	NGR
<b>IAF</b>	-0,213*				
<b>DIAM</b>	0,225*	0,420*			
<b>ALT</b>	0,202 <sup>ns</sup>	0,307*	0,397*		
<b>NGR</b>	0,360*	-0,350*	-0,123 <sup>ns</sup>	0,007 <sup>ns</sup>	
<b>FR</b>	-0,152 <sup>ns</sup>	-0,098 <sup>ns</sup>	-0,087 <sup>ns</sup>	-0,331*	0,124 <sup>ns</sup>

\* significativo a 5% pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo teste de F. <sup>1</sup> correlação perfeita:  $r = 1$ ; forte:  $r > 0,75$ ; moderada:  $r > 0,5$ ; fraca  $r < 0,5$ ; inexistente:  $r = 0$ .

No segundo ensaio, a correlação de Pearson demonstrou que as correlações entre nematoide por grama de raiz e índice de área foliar foram significativas, apresentando um  $r = -0,232$  (Tabela 2.6). Ou seja, o aumento da população de juvenis de *P. brachyurus* nas raízes das plantas de soja afeta o desenvolvimento da parte área das plantas. Além disso, observa que a taxa de reprodução do nematoide também pode interferir negativamente no índice Spad e na altura das plantas, prejudicando o desenvolvimento das plantas de soja.

**Tabela 2.6** – Coeficientes de correlação linear de Pearson entre as variáveis índice Spad (SPAD), diâmetro do caule (DIAM), altura de plantas (ALT), índice de área foliar (IAF) e nematoide por grama de raiz (NGR) e fator de reprodução (FR) aos 60 dias após a inoculação de *Pratylenchus brachyurus* para os diferentes genótipos de soja avaliados, no segundo ensaio, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2022.

	SPAD	IAF	DIAM	ALT	NGR
<b>IAF</b>	-0,094 <sup>ns</sup>				
<b>DIAM</b>	0,221*	0,519*			
<b>ALT</b>	-0,159 <sup>ns</sup>	0,479*	0,463*		
<b>NGR</b>	0,302*	-0,232*	-0,069 <sup>ns</sup>	-0,138 <sup>ns</sup>	
<b>FR</b>	-0,298*	-0,078 <sup>ns</sup>	-0,198 <sup>ns</sup>	-0,225*	-0,214*

\* significativo a 5% pelo teste de F; <sup>ns</sup> não significativo a 5% pelo teste de F. <sup>1</sup> correlação perfeita:  $r = 1$ ; forte:  $r > 0,75$ ; moderada:  $r > 0,5$ ; fraca  $r < 0,5$ ; inexistente:  $r = 0$ .

As interpretações aqui consideradas, para ambos os ensaios, demonstram que os genótipos em estudos não apresentam resistência ao nematoide das lesões radiculares e, em função dos resultados encontrados sugere-se que novos estudos sejam realizados visando identificação de cultivares de soja resistentes a *Pratylenchus brachyurus*.

### 2.3 CONCLUSÕES

Os genótipos de soja comportaram como suscetíveis, deixando evidente que a base genética utilizada não apresenta resistência a *Pratylenchus brachyurus*.

O genótipo UFUL 511 foi melhor nos parâmetros avaliados.

## 2.4 REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10520**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14724**: informação e documentação: citações em documentos: apresentação. Rio de Janeiro, 2011.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6023**: informação e documentação: referências: elaboração. Rio de Janeiro: ABNT, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6024**: informação e documentação: numeração progressiva das seções de um documento: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6027**: informação e documentação: sumário: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2012b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6028**: informação e documentação: resumo: apresentação. Rio de Janeiro: ABNT, 2003.

AGRANDA SEMENTES. **Soja M-Soy 9350**. Ribeirão Preto, SP, 2022. Disponível em: <https://www.agranda.com.br/produto/soja-m-soy-9350-ctpa/>. Acesso em: 22 set. 2022.

AGRIOS, G.N. **Plant Pathology**. (5th ed.). Califórnia: Elsevier-Academic Press, p. 922, 2005.

ALVAREZ V.; V. H.; NOVAIS, R. F. de; BARROS, N. F. de; CANTARUTTI, R. B.; LOPES, A. S. Interpretação dos resultados das análises de solos. *In*: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V. V. H. **Comissão de fertilidade do solo do Estado de Minas Gerais. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais – 5º Aproximação**. Viçosa: SBCS, 1999, p.30-35.

ARANTES, N. E.; KIIHL, R. A. S.; ALMEIDA, L. A. Melhoramento genético visando à resistência. *In*: SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA (ed.). **O nematoide de cisto da soja: a experiência brasileira**. Jaboticabal: Sociedade Brasileira de Nematologia, 1999. p. 105-117.

ASMUS, G. L. FERRAZ, L. C. C. B. Relações entre a densidade populacional de *Meloidogyne javanica* e a área foliar, a fotossíntese e os danos causados a variedades de soja. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 25, n. 1, p.01-13, 2001.

BONETTI, J. I. S.; FERRAZ, S. Modificação do método de Hussey & Barker para extração de ovos de *Meloidogyne exigua* de raízes de cafeeiro. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 6, p. 553, 1981.

BRASMAX GENÉTICA LTDA. **Características agronômicas da soja BMX Desafio**. Cambé, PR, 2022. Disponível em:

<https://www.brasmaxgenetica.com.br/cultivar-regiao-cerrado/?produto=258>. Acesso em: 22 set. 2022.

DIAS, W.P.; GARCIA, A.; SILVA, J.F.V.; CARNEIRO, G.E. de S. Nematoides em soja: Identificação e controle. **Circular Técnica 76**, Londrina, 2010. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPSO-2010/30766/1/CT76-eletronica.pdf>. Acesso em: 04 out. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Características agronômicas da soja BRS7980**. Londrina, PR, 2022. Disponível em: <https://www.embrapa.br/documents/1355008/0/Folder+Soja+BRS+7980/11fef7cf-5357-4949-aa09-9df36dbb072c>. Acesso em: 29 set. 2021.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **BRSGO Luziânia**. Londrina, PR, 2022. Disponível em: [https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/BRSGOLuziania\\_convencional.pdf/50ec2bcd-f6d5-4999-8db8-561d955579f4](https://www.embrapa.br/documents/1355202/1529289/BRSGOLuziania_convencional.pdf/50ec2bcd-f6d5-4999-8db8-561d955579f4). Acesso em: 01 dez. 2022.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes. 2.ed. **Brasília, Informação Tecnológica**, 2009. 628p. Disponível em: <<https://livimagens.sct.embrapa.br/amostras/00083136.pdf>>. Acesso em: 21 set. 2022.

FERRAZ, E. C. de A. **Absorção de nutrientes e conteúdo de clorofila em pimenteiras-do-reino (*Piper nigrum* L.) infestadas por *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949**. 1982. Dissertação (Mestrado em Entomologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 1982.

FERRAZ, L. C. C. B. Reações de genótipos de soja a *Pratylenchus brachyurus*. **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 1, p. 22-31, 1996.

FERRAZ, L. C. C. B.; BROWN, D. J. F. **Nematologia de plantas: fundamentos e importância**. Manaus: Norma Editora, 2016. 251p.

FRANCHINI, J. C.; DEBIASI, H.; H.; DIAS, W. P.; RAMOS JUNIOR, E. U.; SILVA, J. F. V. Perda de produtividade da soja em área infestada por nematoide das lesões radiculares na região médio norte do Mato Grosso. *In*: BERNARDI, A. C. C.; NAIME, J. M.; RESENDE, A. V.; BASSOI, L. H.; INAMASU, R.Y (Eds.). **Agricultura de precisão: resultados de um novo olhar**. Brasília: Embrapa, 2014. p. 274-278.

GONTIJO, LUCIANA. **Avaliação dos parâmetros de crescimento em plantas de soja**. 2021. 3 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.

GONTIJO, LUCIANA. **Inoculação de *Pratylenchus brachyurus* em plântulas de soja**. 2021. 4 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.

GONTIJO, LUCIANA. **Multiplicação do inóculo de *Pratylenchus brachyurus***. 2022. 2 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.

- GONTIJO, LUCIANA. **Preparação do substrato**. 2021. 2 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, LUCIANA. **Processamento de amostras de solo e raízes**. 2021. 8 fotografias. Disponível em: Acervo pessoal.
- GONTIJO, LUCIANA. **Temperatura máxima, mínima e média do solo e do ambiente na casa de vegetação durante a realização dos experimentos**. 2022. Disponível em: Acervo pessoal.
- GOULART, A. M. C. **Aspectos Gerais sobre nematoides das lesões radiculares (gênero *Pratylenchus*)**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2008. 30p. (Documentos – ISSN 1517-5111; 219).
- GRIGOLLI, J. F. J.; ASMUS, G. L. Manejo de nematoides na cultura da soja. *In*: LOURENÇÃO, A. L. F. (1º ed.). **Tecnologia & Produção: Soja 2013/2014**. Maracaju: Midiograf., 2014. p. 194- 203. Disponível em: <https://www.fundacaoms.org.br/tecnologia-producao-soja-2013-2014/>. Acesso em: 04 out. 2021.
- HAMPF, A. C.; NENDEL, C.; STREY, S.; STREY, R. Biotic yield losses in the Southern Amazon, Brazil: Making Uue of smartphone-assisted. *Plant Disease Diagnosis Data. Frontiers in Plant Science*, Lausanne, v. 12, 2021. DOI: 10.3389/fpls.2021.621168.
- HAMAWAKI, O. T. **UFUS Impacta – Resistência parcial a ferrugem, asiática e a duas espécies de nematoides de galhas**. Disponível em: [http://www.propp.ufu.br/sites/propp.ufu.br/files/conteudo/page/o\\_ufu\\_impacta.pdf](http://www.propp.ufu.br/sites/propp.ufu.br/files/conteudo/page/o_ufu_impacta.pdf). Acesso 05 dez. 2022.
- HENNING, A. A.; ALMEIDA, A. M. R.; GODOY, C. V.; SEIXAS, C. D. S.; YORINORI, J. T. COSTAMILAN, L. M.; FERREIRA, L. P.; MEYER, M. C. SOARES, R. M.; DIAS, W. P. **Manual de identificação de doenças de soja**. Londrina: CNPSo, 2005. 72 p. (Documentos, 256).
- HUSSEY, R. S.; BARKER, K. R. A comparison of methods of collecting inoculo of *Meloidogyne* spp., including a new technique. **Plant Disease Reporter**, Saint Paul, v. 57, p. 1025-1028, 1973.
- IBGE. **Normas de apresentação tabular**. 3. ed. Rio de Janeiro: IBGE, 1994.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal flotation technique for extracting nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Saint paul, v. 48 p. 692, 1964.
- JULIATTI, B. C. M. **Análise de genótipos quanto à resistência ao nematoide do cisto**. 2015. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.
- KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Cidade do México: Fondo de Cultura Económica, 1948. 479 p.

MARTINS, J. A. S. **Controle genético da resistência parcial, adaptabilidade e estabilidade frente à ferrugem asiática da soja**. 2011. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

MOTA, LARA. **Centrifugação de amostras de solo e raízes**. 2015. 5 fotografias. Disponível em: Fotos cedida.

NASCIMENTO JUNIOR, V. C. **Aplicação de 1-Metilciclopropeno em soja sob déficit hídrico e seus reflexos na fixação biológica do nitrogênio**. 2012. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Centro de Ciências Agrárias, Universidade Estadual de Londrina, Londrina, 2012.

NOGUEIRA, I. D. B. Correlation between quality of life and functional capacity in cardiac failure. **Arquivos brasileiros de cardiologia**, Rio de Janeiro, v. 95, n. 2, p. 238-243, 2010.

NUNES JÚNIOR, J.; MONTEIRO, P. M. F. O.; ASSUNÇÃO, M. S. FARIA, L. C.; ARANTES, N. E.; SOUZA, P. I. M.; GUERZONI, R. A. **Comportamento da cultivar de soja BRSGO Santa Cruz nos estados de Minas Gerais e Tocantins**.

Disponível em:

<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/161921/1/nunes.pdf>. Acesso: 05 dez. 2022.

OOSTENBRINK, M. Major characteristic of relation between nematodes and plants. **Mededelingen Landbouwhogeschule Wageningen**, Wageningen, v. 66, n. 4, p. 1-46, 1966.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO (2021). **Climate change fans spread of pests and threatens plants and crops, new FAO study**. Genebra, Suíça, 2021. Disponível em: <https://www.fao.org/news/story/en/item/1402920/icode/>. Acesso em: 03 fev. 2022.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS PARA ALIMENTAÇÃO E AGRICULTURA – FAO (2019). **New standards to curb the global spread of plant pests and diseases**. Genebra, Suíça, 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/news/story/en/item/1187738/icode/#:~:text=FAO%20estimates%20that%20annually%20between,insects%20around%20US%2470%20billion>. Acesso em: 03 fev. 2022.

MOURA, R. M.; REGIS, E. M. O. Reações de feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris*) em relação ao parasitismo de *Meloidogyne javanica* e *M. incognita* (Nematoda: Heteroderidae). **Nematologia Brasileira**, Brasília, v. 10, p. 215-225, 1987.

PERES, WARLEY. **Identificação da espécie de *Pratylenchus brachyurus***. 2022. 52 fotografias. Disponível em: Fotos cedida.

R Core Team (2020). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing. Vienna, Austria, 2020. Disponível: <https://www.R-project.org/>. Acesso em: 21 out. 2022.

SANT'ANA, E.V. P.; SANTOS, A. B.; SILVEIRA, P. M. Adubação nitrogenada na produtividade, leitura SPAD e teor de nitrogênio em folhas de feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Brasília, v. 40, n. 4, p. 491-496, 2010.

SANTOS, K. R. C. **Mapeamento de QTLs ligados à resistência parcial à ferrugem asiática**. 2015. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) – Instituto de Ciências Agrárias, Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

SELECTA. **Sementes de soja convencional safra 2022/2023**. Uberlândia, MG, 2022. Disponível em: <https://cjselecta.com.br/documentos/Portfolio-Sementes-CJ-Selecta.pdf>. Acesso em: 29 set, 2022.

SILVA, A. C. F. **Reação de genótipos de soja ao *Pratylenchus brachyurus***. 2014. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de plantas) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2014.

SOCIEDADE BRASILEIRA DE NEMATOLOGIA (SBN). Distribuição de nematoides no Brasil. *In*: 37º CONGRESSO BRASILEIRO DE NEMATOLOGIA. Ribeirão Preto, 2022. **Anais eletrônicos** [...]. Ribeirão Preto, São Paulo, 2022. Disponível em: [https://www.37cbrn.com.br/files/anais\\_2022\\_v2.pdf](https://www.37cbrn.com.br/files/anais_2022_v2.pdf). Acesso em: 14 set. 2022.

TOEBE, M.; CARGNELUTTI, A.; F., BURIN, C.; FICK, A. L.; NEU, I. M. M.; CASAROTTO, G.; ALVES, B. M. Modelos para a estimação da área foliar de feijão de porco por dimensões foliares. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n.1, p. 37-41, 2012. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/S0006-87052012005000010>.

VEIGA, R. F. A.; ROSSETO, C. J.; RAZERA, L. F.; GALLO, P. B.; BORTOLETTO, N.; MEDINA, F. P.; TISSELLI FILHO, O.; CIONE, J. **Caracterização morfológica e Agrônômica do cultivar de soja IAC 100**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1999. 23 p. (Boletim técnico, 175).