

JEFERSON RODRIGO PESTANA

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODEIRO À *Sclerotinia sclerotiorum*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

JEFERSON RODRIGO PESTANA

REAÇÃO DE GENÓTIPOS DE ALGODOEIRO À *Sclerotinia sclerotiorum*

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Uberlândia, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação em Agronomia – Mestrado, área de concentração em Fitopatologia, para obtenção do título de “Mestre”.

APROVADA em 08 de dezembro de 2017.

Prof.^a Dr.^a Ana Paula Oliveira Nogueira

UFU

Prof. Dr. Osvaldo Toshiyuki Hamawaki

UFU

Prof.^a Dr.^a Juliana Araújo Santos Martins

JETM

Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti
ICIAG-UFU
(Orientador)

UBERLÂNDIA
MINAS GERAIS – BRASIL
2017

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

P476r
2017

Pestana, Jeferson Rodrigo, 1987
Reação de genótipos de algodoeiro à *Sclerotinia sclerotiorum* /
Jeferson Rodrigo Pestana. - 2017.
59 f. : il.

Orientador: Fernando Cezar Juliatti.
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Uberlândia,
Programa de Pós-Graduação em Agronomia.
Disponível em: <http://dx.doi.org/10.14393/ufu.di.2018.100>
Inclui bibliografia.

1. Agronomia - Teses. 2. Algodão - Doenças e pragas - Teses. 3.
Fungos fitopatogênicos - Teses. 4. - Teses. I. Juliatti, Fernando Cezar.
II. Universidade Federal de Uberlândia. Programa de Pós-Graduação em
Agronomia. III. Título.

CDU: 631

Angela Aparecida Vicentini Tzi Tziboy – CRB-6/947

AGRADECIMENTOS

A Deus pela dádiva da vida e o entusiasmo pela pesquisa.

Aos meus pais, Luzia e Valdir, irmã Jessica e todos os familiares pelo carinho e incentivo, em especial pela minha esposa Juliana pela paciência, companheirismo, incentivo e pelo apoio oferecido na condução dos trabalhos.

Ao sistema de ensino público, que, nesta etapa, através da Universidade de Uberlândia, me deu a oportunidade de realizar este mestrado.

Ao Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti pela orientação neste trabalho e pelos valiosos ensinamentos transmitidos durante o curso de pós-graduação.

À Embrapa e especialmente ao Pesquisador Dr. Nelson Dias Suassuna, à Fundação Goiás e ao PROMALG/UFU, Prof.^a Dr.^a Larissa Barbosa de Sousa, pela disponibilização dos genótipos de algodão.

À Fundação Chapadão e ao LAMIP/UFU pela viabilização dos inóculos de *Sclerotinia sclerotiorum*.

À toda equipe do Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas (LAMIP), em especial aos colegas Tâmara e Roberto pelas sugestões e ensinamentos e a Heitor no auxílio para condução dos experimentos.

À Prof.^a Dr.^a Ana Paula Nogueira pela fundamental orientação e auxílio, não só na interpretação das análises estatísticas, mas também na estruturação da dissertação.

Às empresas Helix Sementes e Mudas e Ourofino Agrociência pelo apoio, incentivo e disponibilização de tempo para a conclusão do mestrado.

Aos professores pelos conhecimentos transmitidos, os quais muito ajudarão em minha vida profissional.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho, meu muito obrigado.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	i
LISTA DE FIGURAS	iii
LISTA DE SIGLAS	iv
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1 INTRODUÇÃO	1
2 REFERENCIAL TEÓRICO	3
2.1 A Cultura do Algodeiro.....	3
2.2 O Mofo Branco em Algodeiro: Etiologia, Epidemiologia, Ciclo de Vida e Sintomatologia da Doença	4
2.3 Manejo Integrado de <i>S. sclerotiorum</i> no Algodeiro	7
2.4 Resistência de Plantas a Fitopatógenos	9
2.5 Avaliação da Resistência do Algodeiro a <i>S. sclerotiorum</i>	11
2.5.1 Método do “Straw Test”	11
2.5.2 Método do ácido oxálico	12
2.6 Diversidade Genética	13
3 MATERIAL E MÉTODOS	15
3.1 Obtenção dos Isolados de <i>S. sclerotiorum</i>	15
3.2 Cultivo do Algodeiro para Inoculação	15
3.3 Método do “Straw Test”	17
3.3.1 Desenho experimental	17
3.3.2 Inoculação	17
3.3.3 Incubação.....	17
3.3.4 Avaliação do comprimento da lesão	17
3.3.5 Avaliação da severidade da lesão	18

3.4 Método do Ácido Oxálico	18
3.5 Análises Estatísticas	19
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	24
4.1 Resistência de Genótipos de Algodoero a <i>S. sclerotiorum</i> pelo Método “Straw Test”	24
4.2 Diversidade Genética Entre Genótipos de Algodoero Quanto à Resistência a <i>S. sclerotiorum</i> Por Análises Multivariadas.....	32
4.3 Resistência de Genótipos de Algodoero à <i>S. sclerotiorum</i> Pelo Método de Ácido Oxálico	42
5 CONCLUSÕES	46
6 REFERÊNCIAS	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1. Genótipos de algodão utilizados para avaliar resistência à <i>S. sclerotiorum</i> , Uberlândia-MG, 2016.....	16
TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta para tamanho médio de lesão (cm) e severidade (%), em função da inoculação de genótipos de algodoeiro com diferentes isolados de <i>S. sclerotiorum</i> , em casa de vegetação e câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.....	24
TABELA 3. Tamanho (cm) e severidade (%) das lesões de mofo branco em 33 genótipos de algodoeiro, inoculados com <i>S. sclerotiorum</i> provenientes de soja e algodão, mantido em ambiente de casa de vegetação e câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.....	25
TABELA 4. Tamanho médio de lesão (cm) e severidade (%), em função da inoculação de genótipos de algodoeiro com isolados de <i>S. sclerotiorum</i> oriundos de soja e algodão, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2016.	27
TABELA 5. Tamanho médio de lesão (cm) e severidade (%), em função da inoculação de genótipos de algodoeiro com isolados de <i>S. sclerotiorum</i> oriundos de soja e algodão, em câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.	29
TABELA 6. Dissimilaridade, com base na distância Euclidiana, entre 33 genótipos de algodoeiro em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de <i>S. sclerotiorum</i> proveniente de algodão, em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.....	33
TABELA 7. Agrupamento de 33 genótipos de algodão pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana, como medida de distância genética, obtida do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado proveniente de algodão, <i>S. sclerotiorum</i> em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.	40
TABELA 8. Agrupamento de 33 genótipos de algodão pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana, como medida de distância genética, obtida do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado proveniente de soja, <i>S. sclerotiorum</i> em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.	41
TABELA 9. Agrupamento de 33 genótipos de algodão pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana, como medida de distância genética, obtida do tamanho e severidade da lesão com isolados de <i>S. sclerotiorum</i> provenientes de algodão e soja, em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.....	42

TABELA 10. Notas de murcha em plantas de algodoeiro, de um a cinco, em função de concentração de ácido oxálico (mM) e tempo (h), por teste de ácido oxálico. Uberlândia-MG, 2016.....	43
TABELA 11. Coeficiente de correlação de Spearman para as metodologias de ácido oxálico e <i>straw test</i> utilizadas para avaliação de genótipos de algodoeiro quanto à resistência à <i>S. sclerotiorum</i> . Uberlândia-MG, 2016.....	45

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1. Ciclo da doença com destaque no papel das sementes como fonte de inóculo inicial e meio de disseminação de <i>S. sclerotiorum</i>	6
FIGURA 2. Avaliação do tamanho de lesão no caule do algodoeiro, em função da inoculação com <i>S. sclerotiorum</i>	18
FIGURA 3. Exemplos de notas de murcha em resposta ao método por ácido oxálico .	19
FIGURA 4. Dados meteorológicos no período de incubação de <i>S. sclerotiorum</i> nos genótipos de algodoeiro em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2016.....	25
FIGURA 5. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 33 genótipos de algodão pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de <i>S. sclerotiorum</i> proveniente de algodão em ambiente de câmara de crescimento. Coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,8012**, Uberlândia-MG, 2016. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.....	35
FIGURA 6. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 33 genótipos de algodão pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana, em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de <i>S. sclerotiorum</i> proveniente de soja em ambiente de câmara de crescimento. Coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,7667**, Uberlândia-MG, 2016. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.....	37
FIGURA 7. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 33 genótipos de algodão pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana, em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolados de <i>S. sclerotiorum</i> provenientes de soja e algodão, em ambiente de câmara de crescimento. Coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,6577**, Uberlândia-MG, 2016. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.....	39

LISTA DE SIGLAS

WS®	WideStrike;
B2RF®	BollGard II RR Flex;
RF®	RR Flex;
GL®	GlyTol e LibertyLink; e
GLT®	GlyTol, LibertyLink e TwinLink.

RESUMO

PESTANA, JEFERSON RODRIGO. **Reação de genótipos de algodoeiro à *Sclerotinia sclerotiorum*.** UFU, 2017. 70 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.¹

O algodoeiro herbáceo é uma das principais espécies domesticadas pelo homem, sendo a única com o intuito econômico de produzir fibra. O Brasil é o quinto maior produtor mundial de algodão. A expansão para áreas irrigadas e de alta altitude trouxe também problemas, como o aumento da incidência de doenças, até então classificadas como secundárias, como o mofo branco do algodoeiro, causada pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. De Bary. Apesar de a resistência genética ser de extrema importância para o manejo integrado da doença, existem poucos trabalhos relacionados ao tema. Os objetivos do estudo foram avaliar a resistência de genótipos de algodão à *S. sclerotiorum*, determinar o melhor ambiente para avaliação da resistência à doença, a agressividade de isolado proveniente de soja e algodoeiro e a correlação entre método ácido oxálico e método *straw test* para algodoeiro. Foram conduzidos três experimentos no Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia entre setembro e dezembro de 2016, sendo dois pelo método *straw test*, um em casa de vegetação, outro em câmara de crescimento com temperatura de $22 \pm 3^\circ\text{C}$ e um experimento pelo método indireto de ácido oxálico. A inoculação dos 33 genótipos de algodão, com dois isolados do fungo, ocorreu quando as plantas atingiram estádio fenológico V2 com micélio fúngico, inseridos em ponteira (*straw test*) e fixados sobre o ápice da planta após a retirada do meristema apical pela decepação. Determinaram-se o comprimento (cm) e severidade (%) da lesão no caule da planta 7 dias após a inoculação, e nota de murcha (1-5) pelo método de ácido oxálico. Para o *straw test* o delineamento experimental foi de blocos ao acaso, em esquema fatorial com um inóculo proveniente de soja, um de algodão, um controle sem inóculo e 33 genótipos com três repetições, o experimento pelo método ácido oxálico foi fatorial de blocos ao acaso, com quatro condições e três repetições. Os dados foram submetidos às análises de variância individual, variância conjunta e teste de agrupamento de médias de Scott Knott ($p<0,05$). A divergência genética foi estimada a partir da distância Euclidiana e os genótipos agrupados pelo método hierárquico UPGMA (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean*) e não-hierárquico de otimização de Tocher. Por meio da análise conjunta dos dados verificou-se que o ambiente de câmara de crescimento forneceu condições mais adequadas à infecção da *S. sclerotiorum*. Foi identificada a diferença de agressividade entre os isolados de soja e de algodão, o qual refletiu maiores lesões nas plantas de algodão. Verificou-se que os genótipos mais suscetíveis, tanto pelo tamanho da lesão quanto pela severidade, foram os cultivares FM975 WS, TMG44 B2RF e BRS293, enquanto os mais resistentes foram FM944 GL, MAC-2 e IMA2106 GL. Baseado nos métodos UPGMA e agrupamento de Tocher foi verificado que os genótipos avaliados são divergentes entre si. Não foi verificada correlação entre os métodos de ácido oxálico e *straw test*.

Palavras-chave: Resistência, *Gossypium hirsutum*, Mofo branco.

¹Orientador: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti – UFU

ABSTRACT

PESTANA, JEFERSON RODRIGO. **Reaction of cotton genotypes to *Sclerotinia sclerotiorum*.** UFU, 2017. 70 f. Dissertation (Master Program Agronomy/ Phytopathology) – Federal University of Uberlândia, Uberlândia.¹

The upland cotton is one of the main species domesticated by man, being the only one with the economic purpose of producing fiber. Brazil is the fifth largest cotton producer in the world. The expansion into irrigated and elevated areas also brought problems, such as an increase in the incidence of diseases previously classified as secondary like the white mold of cotton, a fungal disease caused by *Sclerotinia sclerotiorum* Lib. De Bary. Although genetic resistance is of extreme importance for the integrated management of the disease, there are few studies related to the topic. The objectives of this work were to evaluate the resistance of cotton genotypes to *S. sclerotiorum*, determine the best environment for the evaluation of resistance to disease, the aggressiveness of isolates from soybean and cotton, and the correlation between oxalic acid method and straw test for cotton. Three experiments were carried out at the Laboratory of Mycology and Plant Protection of the Universidade Federal de Uberlândia between September and December 2016, two using the straw test method, one in greenhouse and the other in a growth chamber with a temperature of $22 \pm 3^\circ\text{C}$, and an experiment by the indirect method of oxalic acid. The inoculation of the 33 genotypes of cotton with two isolates of the fungus occurred when the plants reached phenological stage V2 with fungal mycelium, inserted in Eppendorf type tip and fixed on the apex of the plant after the removal of the apical meristem through cutting off. The length (cm) and severity (%) of the lesion in the stem of the plant were evaluated 7 days after inoculation, and wilt note (1-5) by the oxalic acid method. For the straw test, the experimental design was a randomized block design, in a factorial scheme with one inoculum from soybean, one from cotton and one control without inoculum and 33 genotypes, with three replicates and the experiment by oxalic acid method was block factorial with four conditions and three replicates. The data were submitted to analysis of variance, joint variance, Scott Knott's means separation test ($p < 0.05$) and Genetic divergence was estimated from the Euclidian distance and the genotypes grouped by the hierarchical method UPGMA (Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean) and non-hierarchical Tocher optimization. Through the analysis of the data, it was verified that the growth chamber environment provided more adequate conditions for *S. sclerotiorum* infection. The difference in aggressiveness between soybean and cotton isolates was observed, which cotton isolate reflected higher lesions in cotton plants. The most susceptible genotype, both by lesion size and severity, were the cultivars FM975 WS, TMG44 B2RF e BRS293, while the most resistant were FM944 GL, MAC-2 and IMA2106 GL. Based on the UPGMA and Tocher grouping methods, it was verified that the evaluated genotypes differ from each other. No correlation was verified between oxalic acid and straw test methods.

Keywords: Resistance, *Gossypium hirsutum*, White mold.

¹Major Professor: Prof. Dr. Fernando Cezar Juliatti – UFU

1 INTRODUÇÃO

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) é uma das principais espécies domesticadas pelo ser humano (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008). A fibra é o principal produto do algodoeiro e sua pluma, sendo a fibra vegetal mais cultivada, representando cerca de 74% das fibras naturais utilizadas pela indústria têxtil (ARAÚJO, 2015). É uma planta de origem tropical e subtropical necessitando de dias ensolarados e temperaturas médias acima de 20°C para externar bom rendimento e qualidade de fibra (BELTRÃO et al., 1999).

O Brasil é o quinto maior produtor mundial, com área cultivada de aproximadamente 0,93 milhões de hectares e produção em torno de 3,6 milhões de toneladas de algodão em caroço. A produtividade brasileira de algodão em caroço na safra 2016/2017 ficou em 3,900 kg ha⁻¹, sendo que mais de 88% do algodão produzido no Brasil vem dos estados do Mato Grosso e Bahia (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2017).

A ampliação da área cultivada com algodão no Centro-Oeste trouxe problemas, como o aumento da incidência de pragas, doenças e plantas daninhas já existentes na região (ARAÚJO, 2006). Dentre as várias doenças que afetam o algodoeiro no Brasil, o mofo branco, causado pelo fungo *Sclerotinia sclerotiorum*, vem aumentando de importância (SUASSUNA, 2012; SUASSUNA; COUTINHO, 2007). O mofo branco ataca pelo menos 408 espécies e 278 gêneros de plantas, sendo que o patógeno é capaz de causar danos em várias espécies de grande valor econômico e de plantio em grande escala, como é o caso do algodoeiro, soja, feijão e girassol (BOLAND; HALL, 1994; LEITE, 2005; SUASSUNA et al., 2009).

No algodoeiro, o mofo branco foi observado pela primeira vez no Brasil, em 1996, no cultivar Deltapine, irrigado sob pivô central, em Paracatu, MG (CHARCHAR; ANJOS; OSSIPPI, 1999). O mofo branco é considerado como uma das principais doenças do algodoeiro em áreas irrigadas e de altitude, devido à suscetibilidade da cultura, ocorrência generalizada de *S. sclerotiorum* em cultivos sob pivô central, sobrevivência no solo por muitos anos e ampla gama de hospedeiras do patógeno (ABAWI; GROGAN, 1979; BOLAND; HALL, 1994; CHITARRA, 2008).

Na planta de algodão os sintomas da doença são a murcha, necrose e apodrecimento da haste, da maçã, do pecíolo e da folha. No interior do capulho, pode-se encontrar o micélio do fungo de coloração branca e os escleródios, estruturas de

resistência de coloração escura e irregular (CHARCHAR; ANJOS; OSSIPÍ, 1999; CHITARRA, 2007). O controle deste patógeno em diversas culturas tem sido difícil devido à formação de escleródios que garantem a sua sobrevivência por muitos anos, mesmo em condições climáticas adversas (CHITARRA, 2007).

A utilização de cultivares com resistência genética é a melhor forma de se evitar perdas causadas por doenças, sendo considerada medida de baixo custo, que contribui para a preservação do meio ambiente e reduz o uso de produtos químicos fitossanitários (SABATO; TEIXEIRA, 2015). O mecanismo de resistência ao mofo branco está associado tanto aos caracteres morfológicos, como a arquitetura das plantas e a aeração do dossel, que afetam as condições microclimáticas e restringem o estabelecimento e o desenvolvimento do patógeno (KOLKMAN; KELLY, 2003), como também, às características fisiológicas. Apesar de a resistência genética ser de extrema importância para o manejo integrado da doença, existem poucos trabalhos relacionados ao tema (CHITARRA, 2007). Não foram encontradas informações na literatura científica sobre a resistência bioquímica do algodoeiro ao mofo branco.

Desta maneira, o objetivo geral deste trabalho foi avaliar a resistência de genótipos de algodoeiro à isolados de *Sclerotinia sclerotiorum*. Os objetivos específicos foram: verificar se há diferença de agressividade entre os isolados do fungo provenientes de algodão e soja, determinar o melhor ambiente para avaliação de resistência de algodoeiro ao mofo branco e verificar se o método ácido oxálico é eficiente para avaliar resistência do algodoeiro à doença.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A Cultura do Algodoeiro

O algodão é uma angiosperma da classe das dicotiledôneas, pertencente à ordem Malvales, família Malvaceae, tribo hibisceae, gênero *Gossypium* (BELTRÃO, 2006). É uma planta ereta, anual ou perene, dotada de raiz principal cônica, pivotante, profunda e com pequeno número de raízes secundárias grossas e superficiais. O caule herbáceo ou lenhoso tem altura variável, é dotado de ramos vegetativos e ramos frutíferos. As folhas são pecioladas, geralmente cordiforme, de consistência coriácea ou não e inteiras ou recortadas com três a nove lóbulos (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008; FUZZATO, 1999).

As flores do algodoeiro são hermafroditas, axilares, de coloração creme nas recém-abertas e com ou sem mancha purpúrea na base interna. Os frutos, chamados “maçãs” quando verdes e “capulhos” pós-abertura, são cápsulas de deiscência longitudinal. As sementes são revestidas de pelos mais ou menos longos, de cor variável, que são fibras e línter (FUZZATO, 1999).

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) está entre as dez principais espécies domesticadas pelo ser humano, sendo a única com o propósito econômico de produzir fibra (BELTRÃO; AZEVEDO, 2008). É uma planta de origem tropical e subtropical necessitando, para proporcionar elevado rendimento e fibra de alta qualidade, de dias claros, com menos de 30% de nebulosidade, temperatura média do ar acima de 20º C, umidade relativa do ar média por volta de 60%, inexistência de inversão térmica e de precipitação pluvial entre 500 a 1800 mm, sendo que as precipitações devem ser bem distribuídas, preferencialmente maiores nos períodos de floração, crescimento e desenvolvimento dos frutos e insolação total e escassez hídrica na colheita, pois a energia solar é um dos componentes principais para a abertura das maçãs (BELTRÃO et al., 1999).

O algodão em caroço é composto pela pluma (fibra) e pelo caroço (sementes com línter) e sua destinação é predominante para indústria de fiação e tecelagem, de alimentação animal (farelo ou torta) e de óleos, além de grande número de produtos secundários (PENNA, 2005).

Dessa forma, o algodão é uma cultura agrícola de grande importância, sendo a espécie fibrosa, que ocupa a maior área cultivada no mundo com 29,3 milhões de hectares, responsável por produção de aproximadamente 61,9 milhões de toneladas de

algodão em caroço na safra 2016/2017 (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE, 2017). O Brasil é o quinto maior produtor mundial, com área cultivada de aproximadamente 0,93 milhões de hectares e produção em torno de 3,6 milhões de toneladas de algodão em caroço, com rendimento de pluma de 40,0%. A produtividade brasileira de algodão em caroço na safra 2016/2017 ficou em 3,900 kg ha⁻¹, visto que mais de 88% do algodão produzido no Brasil vem dos estados do Mato Grosso e Bahia (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO, 2017).

O avanço da tecnologia e o aumento da produtividade viabilizaram o Brasil passar de maior importador mundial de algodão para o quarto maior exportador do produto em 12 anos, sendo a produção destinada, prioritariamente, à indústria têxtil (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODÃO, 2012). A expansão da área cultivada com algodão no Centro-Oeste trouxe também problemas, como o aumento da incidência de pragas, doenças e plantas daninhas já existentes na região (ARAÚJO, 2003). No caso específico das doenças, o algodoeiro está sujeito à ação de uma série de agentes causais, cuja importância depende das condições ambientais, dos cultivares utilizados e da presença do patógeno na área de cultivo (MEHTA; MENTEN, 2006).

2.2 O Mofo Branco em Algodoeiro: Etiologia, Epidemiologia, Ciclo de Vida e Sintomatologia da Doença

A *Sclerotinia sclerotiorum* tem uma gama de hospedeiros que abrange pelo menos 408 espécies e 278 gêneros de plantas, visto que o fungo é capaz de causar danos a várias espécies de plantas, muitas delas de expressivo valor econômico e de plantio em grandes áreas, como o algodoeiro, soja, feijão e girassol (BOLAND; HALL, 1994; LEITE, 2005; SUASSUNA et al., 2009). O fungo pertence à subdivisão Ascomycota, classe Leotimycetes, ordem Helotiales e família Sclerotiniaceae (CABI, 2017). Atualmente, o mofo branco do algodoeiro vem aumentando de importância nos cultivos do cerrado brasileiro (SUASSUNA, 2012; SUASSUNA; COUTINHO, 2007).

O fungo *S. sclerotiorum* é largamente distribuído nas regiões temperadas, tropicais ou subtropicais onde se cultiva algodão, feijão, soja, girassol, canola, ervilha, pepino, tomate, batata, quiabo, fumo e alfalfa (BOLAND; HALL, 1994). No algodoeiro, o mofo branco foi constatado pela primeira vez no Brasil, em 1996, no cultivar Deltapine, irrigada sob pivô central, em Paracatu, MG (CHARCHAR; ANJOS; OSSIPPI,

1999). O patógeno é relatado causando a doença nessa cultura na Escócia, Israel e Brasil (BIRMINGHAM, 1924; PALTI, 1960; CHARCHAR; ANJOS; OSSIPPI, 1999). O mofo branco é considerado como uma das principais doenças do algodoeiro em áreas irrigadas devido à suscetibilidade da cultura, à disseminação de *S. sclerotiorum* em cultivos sob pivô central, à sobrevivência no solo por mais de uma década e grande número de hospedeiros do patógeno (BOLAND; HALL, 1994; LEITE, 2005).

Nos últimos anos, a doença foi observada em algodoeiro nos estados da Bahia e de Goiás em áreas de pivô central, após cultivos contínuos de feijão (SUASSUNA et al., 2009). A doença também tem sido observada em regiões de altitude, inclusive em áreas de algodão não irrigado, causando baixas no estande inicial de plantas e com alta severidade em plantas adultas, em especial sob condições de temperatura amena associada a chuvas frequentes ou à irrigação, que favorecem o desenvolvimento da doença (ABAWI; GROGAN, 1979; CHITARRA, 2008). Há relatos que o mofo branco está disseminado pelas principais regiões produtoras de algodão, tanto em áreas irrigadas como em áreas de sequeiro, nas regiões de Unaí (MG), Patos de Minas (MG), Montividiú (GO), Jussara (GO), Campo Novo do Parecis (MT) e São Desidério (BA), que é a maior região produtora de algodão no Oeste Baiano (CHITARRA, 2007).

Considerando o grande número de plantas de algodão infectadas pelo fungo *S. sclerotiorum* no campo e a severidade dos sintomas constatados em diferentes partes da planta em determinadas circunstâncias, essa doença tem se tornado bastante prejudicial à cultura do algodoeiro no Brasil, devendo haver atenção constante do produtor, tanto na escolha da espécie a ser plantada como no manejo adequado ao se verificar a presença do patógeno em determinada área (CHARCHAR; ANJOS; OSSIPPI, 1999).

No algodoeiro, os sintomas da doença são a murcha, necrose e apodrecimento da haste, do pecíolo, da maçã e, também, da folha. Internamente no capulho, pode-se encontrar o micélio do fungo de coloração branca e os escleródios, estruturas de resistência, de coloração escura e irregular, do patógeno (CHARCHAR; ANJOS; OSSIPPI, 1999; CHITARRA, 2007). Os escleródios apresentam formato irregular, com variações de diâmetro e comprimento. A princípio, possuem coloração clara, que, com o tempo, se tornam negros e duros (AGRIOS, 2005; SCHWARTZ et al., 2005). Os escleródios podem permanecer viáveis no campo por até 11 anos, preservando seu poder patogênico (LEITE, 2005).

A dormência dos escleródios é superada quando as condições ambientais forem favoráveis (BARDIN; HUANG, 2001). Esse processo ocorre sob temperaturas amenas,

entre 10°C e 20°C, alta umidade relativa do ar (acima de 70%) e umidade do solo, com tensão acima de 5 Bar, 4,9 atm ou 5,1 Kgf cm⁻² (WILLETS; WONG, 1980; BOLAND; HALL, 1987; LEITE, 2005).

O processo de germinação dos escleródios e infecção da planta pode ocorrer de duas formas, miceliogênica e carpogênica (Figura 1). A germinação miceliogênica está ligada à germinação das hifas dos escleródios presentes no solo, à colonização no colo e raízes da planta, causando tombamento de pré e pós-emergência (ABAWI; GROGAN, 1979; CHARCHAR; ANJOS; OSSIPPI, 1999; CHITARRA, 2007; JULIATTI et al., 2015; STEADMAN, 1983).

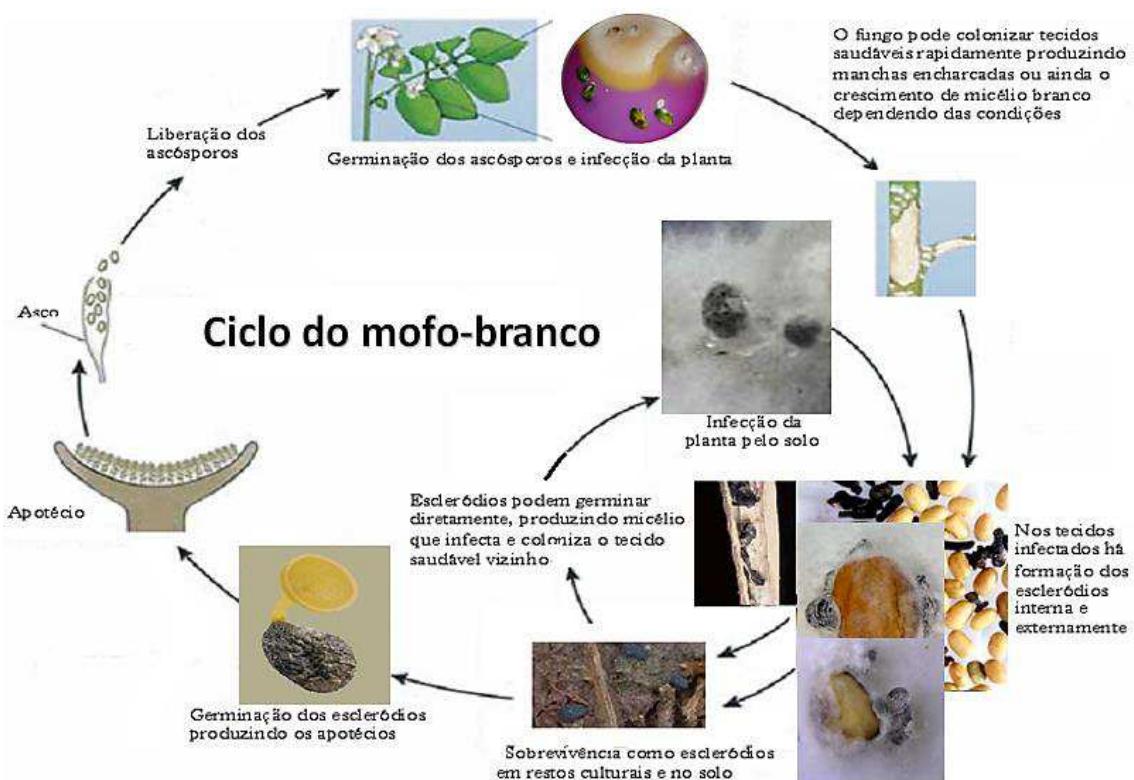


FIGURA 1. Ciclo da doença com destaque no papel das sementes como fonte de inóculo inicial e meio de disseminação de *S. sclerotiorum*. Fonte: (JULIATTI et al., 2015)

A germinação carpogênica ocorre quando os escleródios germinam no solo produzindo estruturas chamadas de apotécios. Nos apotécios são produzidos os ascósporos do patógeno, os quais são facilmente transportados pelo vento. Estes esporos, na época do florescimento e em condições favoráveis, germinam em flores senescentes, que são utilizadas como substrato e, posteriormente, invadem outros órgãos da planta, causando o apodrecimento das partes afetadas das plantas e o

desenvolvimento do mofo branco na parte aérea (CHARCHAR; ANJOS; OSSIPI, 1999; CHITARRA, 2007).

O interior dos apotécios pode conter centenas de ascos cilíndricos, onde são encontrados oito ascósporos ovoides em cada asco, com largura entre 4 a 10 mm e comprimento de 9 a 16 mm (SCHWARTZ; STEADMAN, 1989). Os ascósporos são liberados dos apotécios por volta de 2 a 17 dias a partir de sua formação. Entre o quarto e o nono dia da vida ativa do apotécio ocorre a produção máxima de ascósporos, em um intervalo de 2 a 3 dias, e essa produção de ascósporos pode atingir em média dois milhões por apotécio (SCHWARTZ; STEADMAN, 1978).

Os ascósporos de *S. sclerotiorum* são a fonte primária de inóculo e podem sobreviver mais de 7 meses a baixa umidade e germinam a potenciais osmóticos bem baixos. A germinação dos ascósporos ocorre na presença de alta umidade relativa e temperatura ótima entre 5 a 10°C, enquanto a temperatura ótima para crescimento das hifas está na faixa de 15 a 25°C (ABAWI; GROGAN, 1975; DOMSCH; GAMS; ANDERSON, 1980).

O desenvolvimento de *S. sclerotiorum* ocorre em razão de estruturas de patogenicidade, que são o ácido oxálico e as enzimas pectolíticas produzidas pelo fungo. A penetração do ácido nos tecidos da planta se dá ao redor da lesão formada, o que acidifica o pH da região de 6,8 para 4,0, aproximadamente, e facilita a ação das enzimas pectolíticas (ECHANDI; WALKER, 1957; MAXWELL; LUMSDEN, 1970).

A produção de ácido oxálico também está relacionada com a virulência de *S. sclerotiorum*. Isolados fúngicos hipovirulentos produzem menos micélio e ácido oxálico em comparação aos isolados virulentos (ZHOU; BOLAND, 1999). Ainda que o ácido oxálico seja crucial na patogênese do fungo e interação com o hospedeiro, na avaliação da resistência da planta esta correlação não é direta (JULIATTI et al., 2013; JULIATTI; SAGATA; JACCOUD FILHO, 2014).

2.3 Manejo Integrado de *S. sclerotiorum* no Algodeiro

O mofo branco é uma doença de difícil controle, devido, sobretudo, à formação de estruturas de resistência (escleródios) que garantem a sobrevivência do patógeno por longos períodos no solo. Deste modo, a principal medida de controle da doença é a prevenção, evitando a entrada do patógeno na área, já que, após introduzido no local, é extremamente difícil erradicá-lo (ALMEIDA et al., 2005; PAULA JÚNIOR et al.,

2010).

O fungo pode sobreviver parasitando outros hospedeiros, saprofiticamente em restos culturais, ou utilizando a matéria orgânica do solo. As sementes são uma das principais fontes de inóculo e podem estar contaminadas com micélio do patógeno ou conter escleródios misturados (NAPOLEÃO; NASSER; FREITAS, 2001).

A disseminação do patógeno nas principais áreas produtoras do Cerrado Brasileiro ocorre através da utilização de sementes infectadas e/ou infestadas, seja de feijoeiro, soja ou girassol, com escleródios provenientes das áreas contaminadas; do próprio produtor, ao produzir sua própria semente em áreas contaminadas e cultivá-las em novas áreas ou da movimentação de implementos agrícolas, transportando os escleródios das áreas contaminadas para as áreas livres do patógeno, ou escleródios já presentes na área, produzidos por outra cultura suscetível, como soja, feijão ou girassol (CHITARRA, 2007; SUASSUNA, 2012; ZANCAN; PEREZ-HERNANDEZ, 2016).

A densidade de plantas é fator preponderante para o manejo de alguns patógenos de solo, como fungos do gênero *Sclerotinia* (MAAS; DASHIELL; MELOUK, 2006). Além disso, já foi demonstrado em culturas como soja e feijão que a severidade do mofo branco, causado por *S. sclerotiorum*, é proporcional à população de plantas por unidade de área (PEACHEY et al., 2006). A semeadura de espécies da família Poaceae é uma opção de rotação de culturas para manejo da doença (LEITE, 2005; JULIATTI; JULIATTI, 2010; BASTIEN et al., 2012). Em vista disso, para diminuir a incidência de mofo branco, aconselham-se densidades de semeadura menores, espaçamento entre linhas maiores e plantio sob palhada, permitindo deste modo uma maior aeração das plantas, diminuindo o possível contato de plantas atacadas com plantas adjacentes e rotação de culturas (CHITARRA, 2007; SUASSUNA, 2012).

O controle químico tem apresentado resultados de eficiência divergentes, sendo o seu sucesso resultado da fungitoxicidade do produto, dose, época, volume e equipamento de aplicação, cultivar, espaçamento de plantas e incidência e severidade (DIAS et al., 2011; GASPAROTTO, 1980; VIEIRA, 1994).

Os fungicidas indicados para o controle de *S. sclerotiorum* têm limitações de movimento nas plantas, o que contribui para a baixa eficiência deste método quando utilizado de maneira isolada (PELTIER et al., 2012). Existem apenas 8 produtos com registro para o mofo branco no algodoeiro, com os seguintes ingredientes ativos: fluazinam, fluazinam+tiofanato metílico, ciprodinil, procimidona e boscalida+dimoxistrobin (AGROFIT, 2017). O controle biológico de *S. sclerotiorum*

ainda não é suficiente para ser adotado de maneira exclusiva. Os principais e mais eficientes organismos antagonistas empregados e pesquisados são os do gênero *Trichoderma* spp. (REZENDE, 2011).

Em suma, para o manejo de *S. sclerotiorum* é indicado, portanto, o emprego de diversas técnicas agronômicas de controle de forma integrada para que seja diminuída a pressão de seleção sobre o patógeno e sejam criadas condições desfavoráveis ao desenvolvimento do fungo, denominadas em conjunto por manejo integrado, em que une os controles cultural, químico, biológico e genético (CUNHA et al., 2010; JULIATTI; JULIATTI, 2010; BASTIEN; SONAH; BELZILE, 2014; MEYER et al., 2014).

2.4 Resistência de Plantas a Fitopatógenos

Resistência é a habilidade do hospedeiro em impedir ou dificultar o processo infecioso dos organismos fitopatogênicos (PARLEVLIET, 1997, PARLEVLIET, 2002). Conforme com suas características, a resistência pode ser do tipo vertical ou horizontal. A resistência vertical é qualitativa, pode ser monogênica ou oligogênica, expressa em genes maiores. É um tipo de resistência que especifica raças fisiológicas dos patógenos e, na maioria das vezes, tem pouca estabilidade. Os patógenos usualmente superam os genes ligados à resistência, o que está ligado aos mecanismos de geração de variabilidade genética, que são as mutações e recombinação (VAN DER PLANK, 1982; JOHNSON, 1984).

Já a resistência horizontal ou parcial é quantitativa, dentre as características estão a penetração e esporulação reduzida do fitopatógeno, o que proporciona a diminuição da sua taxa média de infecção obtida pela queda no número de esporos iniciais, menor produção de esporos, inespecificidade das raças dos patógenos e aumento do período de latência. Esse tipo de resistência não bloqueia a infecção do patógeno, mas retarda esse processo, o que é rapidamente observado em genótipos suscetíveis (PARLEVLIET; ZADOKS, 1977; HOFFMAN et al., 2006).

Por esses fatores, a resistência parcial é uma estratégia de proteção relativamente durável dos genótipos, de maneira a não eliminar o patógeno, mas promover meios eficazes para que não ocorram danos prejudiciais à cultura hospedeira (THOMÉ et al., 1999). Ainda assim, a durabilidade da resistência é temporária, devido ao seu constante processo de coevolução, uma vez que há uma permanente pressão de seleção entre

patógeno e hospedeiro (PARLEVLIET, 2002). Deste modo, a resistência parcial ou quantitativa é a forma mais estudada atualmente (POLAND et al., 2009).

A resistência quantitativa possui mecanismos de resistência fisiológicos e estruturais (MIKLAS et al. 2009, SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; PASCHOLATI, 2008). Segundo Miklas et al. (2009), os mecanismos bioquímicos ou fisiológicos inibem a infecção ou a colonização do patógeno nos tecidos da planta. Os mecanismos bioquímicos englobam substâncias capazes de suprimir o desenvolvimento do patógeno ou gerar condições adversas para a sobrevivência nos tecidos do hospedeiro, devendo estar presentes em concentração adequada nas partes atacadas e em forma acessível ao patógeno, de tal maneira que mudanças na concentração da(s) substância(s) implique em mudanças na expressão da doença (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; PASCHOLATI, 2008).

Os mecanismos estruturais compõem-se de barreiras físicas à penetração e/ou colonização do patógeno (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; PASCHOLATI, 2008). Os mecanismos estruturais de resistência atuam sobretudo como barreira à penetração ou barreira à colonização microbiana. Esses mecanismos podem ser constitutivos, também denominados pré-formados ou induzidos, também chamado pós-formados. As estruturas constitutivas são produzidas pela planta independente da ação de patógenos, tendo diversas funções na planta além da resistência. Neste grupo pode-se citar a presença de cutícula, forma e número de estômatos, pilosidade, vasos condutores de seiva e camada de sílica. Nos mecanismos induzidos de resistência, a expressão é desencadeada após o início das atividades do patógeno na superfície do hospedeiro. Estes mecanismos podem ser a formação de halos, papilas ou lignificação, que são barreiras celulares ou camadas de cortiça, camadas de abscisão, tilose, deposição de gel e hesperidinas, sendo estas barreiras histológicas (SCHWAN-ESTRADA; STANGARLIN; PASCHOLATI, 2008; STANGARLIN et al., 2011).

O mecanismo de resistência ao mofo branco está associado tanto aos caracteres morfológicos, como formato das plantas e a porosidade do dossel, que afetam as condições microclimáticas e limitam o estabelecimento e a evolução da doença (KOLKMAN; KELLY, 2003), assim como as características fisiológicas. Apesar de a resistência genética ser de extrema importância para o manejo integrado da doença, existem poucos trabalhos relacionados ao tema (CHITARRA, 2007). Deste modo, as informações na literatura científica sobre a resistência bioquímica do algodoeiro ao mofo branco são escassas.

2.5 Avaliação da Resistência do Algodoeiro a *S. sclerotiorum*

Em relação à *S. sclerotiorum*, o tipo de avaliação depende principalmente de 10 fatores: a idade da planta a ser inoculada, a agressividade do isolado (JULIATTI et al., 2013), ascósporos *versus* inoculante micelial, o método de inoculação empregado, a variação da pressão de inóculo, o período de contato com o patógeno inoculado, a taxa de crescimento do fungo na planta, a medição do comprimento da lesão *versus* o número de internódios infectados, a medição da incidência *versus* severidade e o tempo entre a inoculação e a classificação (SINGH; TERÁN, 2008; GARCIA, 2008; SAGATA, 2010; CAIRES, 2011; JULIATTI et al., 2013).

Há vários métodos propostos para avaliação da resistência ao mofo branco. Alguns melhoristas optam por avaliar a doença em campo. Contudo, há dificuldades neste tipo de avaliação, como a disponibilidade de áreas uniformemente infectadas e as condições ambientais favoráveis para o desenvolvimento da doença (ALEXOPOULOS et al., 1996; LEHNER et al., 2008). Usualmente, para que a avaliação seja eficiente, este procedimento é conduzido sob condições controladas, o que promove a identificação da variabilidade entre possíveis raças do patógeno ou grupos de compatibilidade do patógeno (MASCARENHAS; ITO, 1998). Além disso, quando se avaliam cultivares de porte diferente, as mais arbustivas podem escapar da doença, mesmo sendo fisiologicamente suscetíveis (MIKLAS et al., 2001). Deste modo, realizar ensaios no campo é pouco confiável e altamente variável (SCHWARTZ; SINGH, 2013). Dentre os métodos que foram desenvolvidos para a avaliação do mofo branco, os mais utilizados são: pulverização de micélio, inoculação no cotilédone, corte em hastes, inoculação em folha destacada, imersão em ácido oxálico e o *straw test* (método da ponteira) (CHUN et al., 1987; PETZOLT; DICKSON, 1996; WEGULO; YANG; MARTINSON, 1998; KIM et al., 2000; COBER et al., 2003; CHEN; WANG, 2005; SINGH; TERÁN, 2008; SAGATA, 2010; JULIATTI; SAGATA; JACCOUD FILHO, 2014).

2.5.1 Método do “Straw Test”

Tendo em vista os métodos existentes, o *straw test*, ou teste do canudo, é um método simples de avaliação da resistência fisiológica e eficiente para facilitar a identificação, a caracterização e a seleção de genótipos resistentes ao mofo branco,

sendo o mais empregado nos programas de melhoramento (TERÁN; SINGH, 2008). O método *straw test* foi descrito por Petzoldt e Dickson (1996).

No *straw test* as plantas são inoculadas em torno de três a cinco semanas após a semeadura. Os inóculos são crescidos em meio de batata-dextrose-ágar (BDA), pode ser adicionado cloranfenicol, na proporção uma gota do antibiótico por 100mL de meio, à temperatura de $22^{\circ}\text{C} \pm 3$, proporcionando um crescimento uniforme. O cultivo deve ser sempre a partir do escleródio. Os discos de micélio devem ser utilizados para inoculação quando houver o crescimento radial do micélio por toda a extensão da placa de Petri, apresentando aparência de algodão. Ponteiras de pipeta podem ser usadas para cortar o disco de ágar da placa, de modo que o micélio fique em contato com o ápice cortado da planta. Geralmente, as avaliações são realizadas de 6 a 8 dias após a inoculação (CASTRO, 2015; PETZOLDT; DICKSON, 1996).

Segundo Miklas et al. (1999), foi obtida alta pontuação de doença em cultivares suscetíveis de feijão comum, como Labrador e Tenderlake, sugerindo que o *straw test* pode ser utilizado para identificar resistência fisiológica em coleções núcleo. Foi observada elevada correlação entre os resultados do *straw test* aplicado em casa de vegetação e entre áreas naturais com infestação de mofo branco (HALL; PHILLIPS, 1998). Antônio et al. (2008) verificaram que o método do ácido oxálico foi eficiente na detecção de diferenças genéticas de resistência em feijoeiro. Por consequência, a resistência fisiológica detectada pelo método *straw test* é um dos componentes da resistência no campo, isto é, tanto a resistência fisiológica quanto mecanismos de escapes das plantas contribuem para resistência a campo, o que pode superestimar a resistência (MIKLAS et al., 2001).

2.5.2 Método do ácido oxálico

Existem diferentes metodologias artificiais de avaliação por meio da inoculação do patógeno (TOLÊDO-SOUZA; COSTA, 2003) e também avaliação por método indireto, em que os cultivares ou linhagens são avaliadas por meio da reação ao ácido oxálico em solução (KOLKMAN; KELLY, 2003). O método indireto de avaliação da resistência fisiológica é independente de mecanismos de escapes, como a diferença de agressividade dos isolados e a arquitetura da planta (TOLÊDO-SOUZA; COSTA, 2003, KOLKMAN; KELLY, 2003, CARNEIRO, 2009).

Pelo método de ácido oxálico as plantas são cortadas em torno de 21 dias após a

semeadura, perto da região do colo, e colocadas através de uma placa de poliestireno (isopor) em uma solução de ácido oxálico com pH ajustado para 4,0, usando hidróxido de sódio, de modo que as hastes sejam mantidas submersas a 2 cm de profundidade durante 20 horas, a 22°C no escuro (ANTONIO et al., 2008).

A invasão dos tecidos pelo micélio fúngico se dá pela secreção de ácido oxálico e enzimas degradadoras de parede celular. O ácido oxálico age como supressor oxidativo em plantas hospedeiras, desativando mecanismos de defesa de plantas através de patógenos (CESSNA et al., 2000). O ácido oxálico liberado pelo patógeno promove a acidificação do meio, com pH por volta de 4, favorecendo a degradação da parede celular nos tecidos infectados, o que maximiza a atividade de enzimas. Além disso, remove íons de cálcio ligados a pectinas, expondo as células hospedeiras às enzimas catabólicas do fungo (BATEMAN; BEER, 1965). De acordo com Guimarães e Stotz (2004), o ácido oxálico causa sintomas de ressecamento nas folhas por perturbação das funções das células-guarda dos estômatos, responsáveis pela regulação osmótica, além de afetar o hormônio ABA, induzindo à abertura estomática.

Em função dos efeitos potencialmente destrutivos do oxalato sobre a suscetibilidade à doença, acredita-se que o reino vegetal teria desenvolvido estratégias para compensar a vantagem de um patógeno que secreta oxalato. De fato, oxalato provoca um aumento acentuado na produção de fitoalexinas em algodão (DAVIS et al., 1992), e outras espécies de plantas desenvolveram mecanismos de remoção de oxalato apoplástico e produção de H₂O₂ no processo de expressão da oxidase da enzima oxalato (LANE et al., 1993, WOJTASZEK, 1997, ZHOU et al., 1998). Estas espécies incluem trigo e cevada, que não são hospedeiros adequados para *S. sclerotiorum* (BOLAND; HALL, 1994).

2.6 Diversidade Genética

As análises da diversidade genética são fundamentais para o melhoramento genético vegetal, pois permitem a identificação de genitores promissores para o melhoramento. Este tipo de estudo também possibilita verificar a dissimilaridade de genótipos em relação aos diversos caracteres agronômicos (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012), bem como estudos relacionados à resistência aos fitopatógenos (CASTRO, 2015).

Dentre os métodos utilizados para o agrupamento de genótipos objetivando a

resistência à fitopatógenos está a análise multivariada. O emprego de caracteres associados a técnicas multivariadas tem sido amplamente utilizada na quantificação da distância genética, sendo encontrados exemplos em várias culturas, como o algodoeiro (CARVALHO et al., 2003; MARANI, 1963; MARANI; AVIELI, 1973, VIOLATTI, 2016). Os métodos de agrupamentos hierárquicos e de otimização estão entre os mais utilizados para verificar a dissimilaridade entre genótipos, contudo a escolha do melhor método depende dos objetivos do pesquisador, facilidade de análise dos dados e forma de obtenção dos dados (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Os métodos de agrupamento têm a finalidade de dividir um grupo original de observações em vários subgrupos para que se tenha homogeneidade dentro dos grupos e heterogeneidade entre os grupos, por este motivo os métodos hierárquicos e os de otimização são bastante empregados pelos melhoristas de plantas (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

Esses métodos são dependentes de uma medida de dissimilaridade previamente estimada, sendo as mais utilizadas nessas análises a distância Euclidiana e a distância generalizada de Mahalanobis (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). De acordo com os resultados relatados pela Sokal e Rohlf (1962) e confirmado por Farris (1969), a distância Euclidiana é um método bem-sucedido na maximização da correlação cofenética.

O método de ligação entre grupo *Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* (UPGMA) é bastante utilizado, pois a partir da análise dos dados é gerada uma representação gráfica denominada dendrograma. Essa representação proporciona uma melhor visualização e interpretação do agrupamento de genótipos. Segundo Bertini et al. (2006), o método UPGMA apresentou maior eficiência em representar as dissimilaridades entre os genótipos de algodoeiro avaliados em relação aos métodos de vizinho mais distante e vizinho mais próximo.

O método de Tocher (RAO, 1952) é um dos métodos de otimização mais empregados nos estudos de diversidade genética, já que também agrupa genótipos quando a distância média intragrupo é inferior a qualquer distância intergrupos (NOGUEIRA, 2011; CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Ao contrário dos métodos hierárquicos, esse método permite a formação de grupos mutuamente exclusivos em que, para a melhor interpretação dos dados, o pesquisador deve verificar qual representa a melhor estrutura de agrupamento relacionada ao conjunto de dados, às características avaliadas e seus objetivos ao realizar essas análises de diversidade genética (BERTAN et al., 2006; SOUSA, 2013). Resende et al. (2014) verificaram que a análise de

agrupamento de Tocher permitiu a estruturação populacional dos acessos, resumindo-os em 14 grupos divergentes de algodoeiro.

3 MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram realizados na casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias (ICIAG) e no Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas (LAMIP) da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), no município de Uberlândia – MG, entre setembro e dezembro de 2016.

3.1 Obtenção dos Isolados de *S. sclerotiorum*

Foram obtidos dois isolados oriundos de escleródios, sendo um retirado de plantas de algodoeiro em cultivo comercial na região de Chapadão do Sul (MS), fornecido pela Fundação Chapadão e outro foi o isolado oriundo de soja de Jataí (GO), obtido da micoteca do LAMIP da Universidade Federal de Uberlândia (UFU), sendo este descrito por Garcia (2008) como sendo um isolado muito agressivo.

Os escleródios foram previamente descontaminados em álcool 50% (v/v) e água sanitária a 0,5% diluída em água destilada estéril, nos tempos de 30 e 60 segundos, respectivamente. Em seguida, os escleródios foram enxaguados em água destilada estéril e transferidos para placas de Petri contendo meio BDA. As placas de Petri então foram incubadas a $22 \pm 3^\circ\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas para germinação miceliogênica. Os discos de micélio para os ensaios foram obtidos a partir de escleródios (SAGATA, 2010).

3.2 Cultivo do Algodoeiro para Inoculação

As plantas utilizadas foram cultivadas em copos plásticos de 500 mL previamente preenchidos com substrato Plantmax®, em ambiente de casa de vegetação, sendo testados 33 genótipos (Tabela 1) em delineamento de blocos com três repetições, sendo a parcela representada por três plantas em cada copo plástico.

TABELA 1. Genótipos de algodão utilizados para avaliar resistência à *S. sclerotiorum*, Uberlândia-MG, 2016.

Genótipos	Instituição
TMG 11	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 41	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 42 WS	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 43	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 44 B2RF	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 45 B2RF	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 47 B2RF	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 48 B2RF	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 81 WS	Tropical Melhoramento & Genética
TMG 82 WS	Tropical Melhoramento & Genética
BRS 269	Embrapa
BRS 293	Embrapa
BRS 335	Embrapa
BRS 336	Embrapa
BRS 368 RF	Embrapa
BRS 369 RF	Embrapa
BRS 371 RF	Embrapa
FM 913	Fibermax® – Bayer
FM 940	Fibermax® – Bayer
FM 944 GL	Fibermax® – Bayer
FM 954 GLT	Fibermax® – Bayer
FM 975 WS	Fibermax® – Bayer
FM 980 GLT	Fibermax® – Bayer
FM 983 GLT	Fibermax® – Bayer
IMA 2106 GL	Instituto Matogrossense do Algodão
IMA 5675 B2RF	Instituto Matogrossense do Algodão
IMA 8276 WS	Instituto Matogrossense do Algodão
IMA 8405 GLT	Instituto Matogrossense do Algodão
DP 1536 B2RF	Deltapine® – Monsanto
DP 1552	Deltapine® – Monsanto
IAC 24	Instituto Agronômico de Campinas
IAC 25	Instituto Agronômico de Campinas
MAC-2	Programa de Melhoramento Genético do Algodeiro - UFU

Fonte: O autor.

3.3 Método do “Straw Test”

3.3.1 Desenho experimental

O delineamento experimental para o ensaio com método *straw test* foi efetuado em blocos casualizados, em esquema fatorial de dois fatores, com um fator composto de três níveis, sendo um inóculo proveniente de soja, um de algodão e um controle sem inóculo, e outro fator com 33 genótipos, com três repetições. As parcelas consistiram em um copo com três plantas de algodão.

3.3.2 Inoculação

A inoculação ocorreu quando as plantas de algodão atingiram estádio fenológico V2, empregando discos de BDA contendo micélio de 6 dias de idade do fungo, inseridos em ponteira de 200 µL (*straw test*) e fixados sobre o ápice da planta após a retirada do meristema apical, através de decepação. O experimento foi executado com um inóculo proveniente de soja, um de algodão e um controle sem o fungo.

3.3.3 Incubação

Experimento – 1: No momento da inoculação, as plantas foram levadas para o Laboratório de Micologia e Proteção de Plantas da Universidade Federal de Uberlândia. Após a inoculação, as plantas foram incubadas em câmara de crescimento, à temperatura de $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$ e fotoperíodo de 12 horas, por um período de 7 dias.

Experimento – 2: Após a inoculação as plantas foram mantidas, por 7 dias, em ambiente de casa de vegetação do Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal de Uberlândia. As condições climáticas (temperatura e umidade relativa) do local durante a condução do experimento foram monitoradas com termohigrometro digital.

3.3.4 Avaliação do comprimento da lesão

Foi efetuada, com auxílio de uma régua (Figura 2), avaliação do comprimento da lesão causada por *S. sclerotiorum* no caule da planta 7 dias após a inoculação (DAI)

(PETZOLT; DICKSON, 1996; SINGH; TERÁN, 2008).

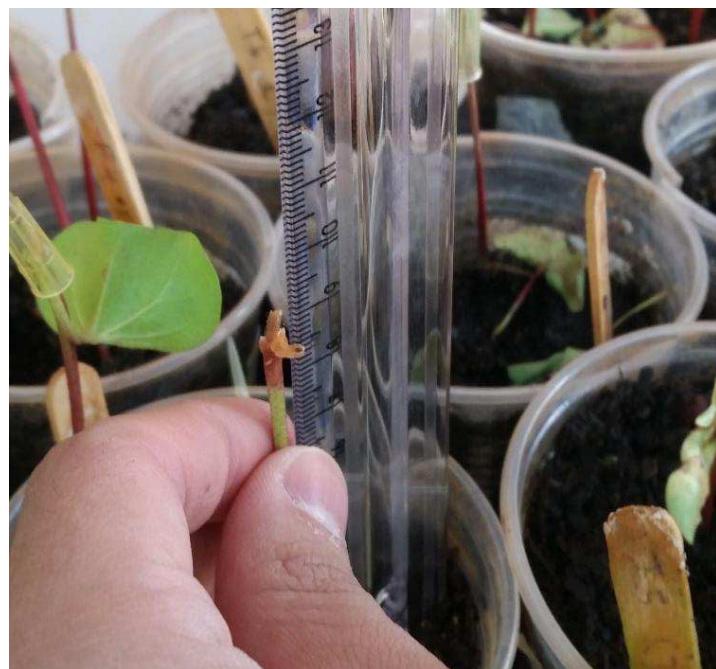


FIGURA 2. Avaliação do tamanho de lesão no caule do algodoeiro, em função da inoculação com *S. sclerotiorum*. Fonte: O autor.

3.3.5 Avaliação da severidade da lesão

A severidade da doença foi obtida pela proporção do comprimento da lesão em comparação com o comprimento total do caule, ambas as medições foram efetuadas com auxílio de uma régua (HÜLLER et al., 2016).

3.4 Método do Ácido Oxálico

As plantas de algodão foram cultivadas em ambiente de casa de vegetação nas mesmas condições que as usadas para o *straw test*. Aos 21 dias após a semeadura, foram cortadas na região do colo e colocada através de uma placa de poliestireno (isopor) em uma solução de ácido oxálico a 20 e 40 mM (Reagente analítico na sua forma de ácido, LABSYNTH Ltda.), com pH ajustado para 4,0 (usando hidróxido de sódio a 10 N), sendo que as hastes foram mantidas submersas a 2 cm durante 20, 44 e 68 horas a 22°C no escuro (ANTÔNIO et al., 2008). Três plantas de cada genótipo foram avaliadas. A susceptibilidade à solução de ácido oxálico foi avaliada utilizando um índice de notas de murcha proposto por Antônio et al. (2008), como visto na figura abaixo.

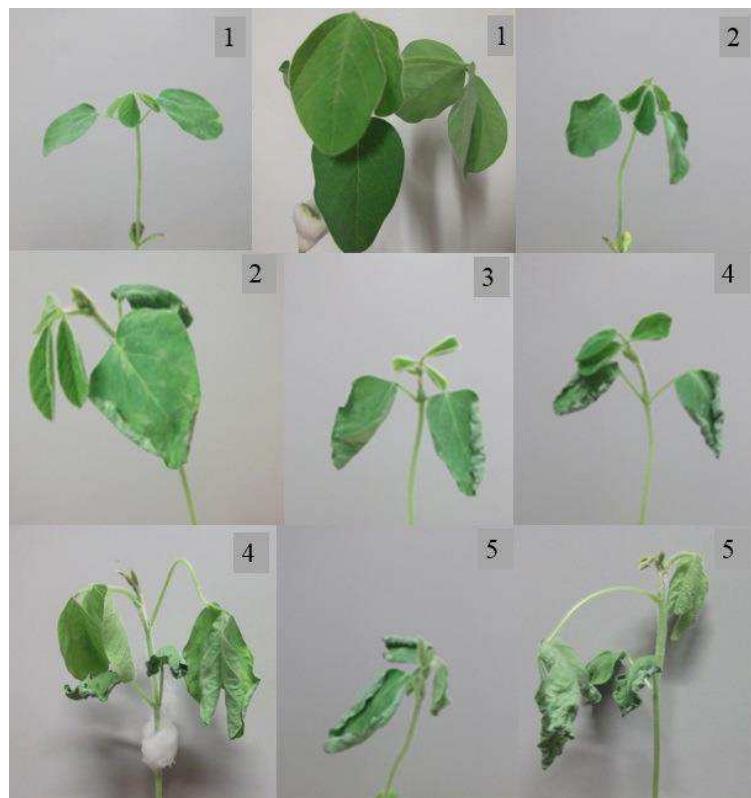


FIGURA 3. Exemplos de notas de murcha em resposta ao método por ácido oxálico
Fonte: (ANTÔNIO et al., 2008).

3.5 Análises Estatísticas

Os dados dos experimentos 1 e 2 foram submetidos à análise de variância em esquema fatorial (genótipos e isolados). Adotou-se efeitos fixos para genótipos e isolados, aplicando o modelo estatístico adotado para o delineamento em blocos casualizados conforme abaixo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_k + G_i + I_j + G_{ij} + E_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : observação do genótipo i , no isolado j , na repetição k ;

μ : média geral;

G_i : efeito do i -ésimo genótipo;

B_k : efeito do bloco k ;

I_j : efeito do isolado j ;

G_{ij} : efeito da interação do i -ésimo genótipo com j -ésimo isolado; e

E_{ijk} : erro aleatório.

O teste de agrupamento de médias de Scott-Knott a 0,05 de significância foi utilizado após as análises fatoriais de cada experimento.

Para avaliar a influência do ambiente (casa de vegetação e câmara de crescimento) realizou-se uma análise de variância conjunta, após a avaliação da homogeneidade das variâncias residuais, pela razão entre o maior e o menor quadrado médio do resíduo (QMR), considerando-se como sete o valor limitante para realização da análise de variância conjunta (RAMALHO et al., 2012) e, quando necessário, realizou-se os ajustes dos graus de liberdade. Na análise de variância conjunta, cujo modelo está apresentado abaixo, adotou-se efeitos fixos para genótipos e ambientes.

$$Y_{ijk} = \mu + G_i + B/A_{jk} + A_j + G A_{ij} + E_{ijk}$$

Em que:

Y_{ijk} : observação avaliada no i-ésimo genótipo, no j-ésimo ambiente, no k-ésimo bloco;

μ : média geral;

G_i : efeito do i-ésimo genótipo (inoculado com 2 isolados);

B/A_{jk} : efeito do bloco k dentro do ambiente j;

A_j : efeito do ambiente j;

$G A_{ij}$: efeito da interação do i-ésimo genótipo com j-ésimo ambiente; e

E_{ijk} : erro aleatório.

Os parâmetros genéticos do tamanho médio da lesão foram estimados a partir do método da análise de variância:

$$\hat{\phi}_g = \frac{QMG - QMR}{r}$$

$$h^2 = \frac{\hat{\phi}_g}{QMG/r} \times 100$$

Em que:

$\hat{\phi}_g$: componente quadrático genético;

h^2 : coeficiente de determinação genotípico;

QMG: quadrado médio de genótipos;
 QMR: quadrado médio do resíduo; e
 r: número de repetições.

Os dados foram padronizados:

$$x_{ij} = \frac{x_{ij}}{s(X_{ij})}$$

Em que:

x_{ij} : média padronizada do i-ésimo genótipo do j-ésimo caráter;
 X_{ij} : i-ésimo genótipo do j-ésimo caráter, dados originais; e
 $s(X_{ij})$: desvio-padrão.

Foi estimada a dissimilaridade genética entre todos os pares de genótipos pela distância Euclidiana padronizada, conforme o estimador abaixo:

$$d_{ii'} = \sqrt{\sum_j^p (x_{ij} - x_{i'j})^2}$$

Em que:

$d_{ii'}$: distância Euclidiana entre o genótipo i e i';
 x_{ij} : observação para o j-ésimo caráter no genótipo i;
 $x_{i'j}$: observação para o j-ésimo caráter no genótipo i'; e
 p: número de variáveis.

Posteriormente à obtenção da matriz de dissimilaridade entre os genótipos, foi efetuado o agrupamento destes pelo método hierárquico da Ligação média entre grupos (*Unweighted Pair Group Method with Arithmetic Mean* - UPGMA) e pelo método de otimização de Tocher (RAO, 1952).

Com base no método UPGMA, obteve-se dendrograma que foi estabelecido

pelos genótipos de maior similaridade, sendo que a distância entre o genótipo e o grupo formado pelos indivíduos i e j é dado por:

$$d_{(ij)k} = \frac{d_{ik} + d_{jk}}{2}$$

Através da matriz de dissimilaridade, procedeu-se ao método de agrupamento de otimização de Tocher. O primeiro grupo foi constituído por genótipos cuja medida de dissimilaridade foi menor. Posteriormente, outros genótipos foram incluídos neste grupo, através da comparação entre o acréscimo no valor médio da distância dentro do grupo e um nível máximo permitido pré-estabelecido (θ) da medida da dissimilaridade, encontrado no conjunto de menores distâncias que envolviam cada genótipo. A inclusão ou não de cada genótipo foi determinada por:

$\frac{d_{(grupo)k}}{n} \leq \theta$, inclui-se o genótipo K no grupo;

$\frac{d_{(grupo)k}}{n} > \theta$, o genótipo K não é incluído;

Em que:

n: número de genótipo do grupo original.

A distância entre o genótipo k e o grupo formado pelos genótipos i e j foi dado por:

$$d_{(ij)k} = d_{ik} + d_{jk}$$

O coeficiente de correlação de Spearman foi utilizado para verificar a correspondência entre os métodos *straw test* e de ácido oxálico, visando a seleção de genótipos resistentes ao mofo branco do algodoeiro. A expressão para cálculo do coeficiente de Spearman é dada por:

$$\rho = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Em que:

ρ : é o coeficiente de correlação de Spearman;

d_i : é a diferença entre as ordenações e n é o número de pares de ordenações

O coeficiente varia entre -1 e 1, e, quanto mais próximo estiver desses extremos, maior será a associação entre as variáveis, sendo que o sinal negativo indica que as variáveis variam em sentidos opostos.

As análises foram realizadas utilizando o programa GENES (CRUZ, 2016).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Resistência de Genótipos de Algodoeiro a *S. sclerotiorum* pelo Método “Straw Test”

Com intuito de avaliar a influência do ambiente (câmara de crescimento e casa de vegetação) na determinação das respostas dos genótipos de algodão inoculados com *S. sclerotiorum* proveniente de soja e algodão, procedeu-se a análise de variância conjunta, na qual constatou-se efeito significativo da interação tratamento (genótipos de algodão inoculados) com ambientes, conforme tabela abaixo:

TABELA 2. Resumo da análise de variância conjunta para tamanho médio de lesão (cm) e severidade (%), em função da inoculação de genótipos de algodoeiro com diferentes isolados de *S. sclerotiorum*, em casa de vegetação e câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	QUADRADOS MÉDIOS	
		LESÃO	SEVERIDADE
BLOCOS/AMB	4	0,11	34,45
TRATAMENTOS	65	4,66**	440,67**
AMBIENTES	1	430,5**	36817,28**
TRATxAMB	65	4,92**	465,17**
ERRO	153	0,43	47,31
CV(%)		33,95	40,16

**: significativo ao nível de 1% pelo teste de F; GL: Graus de liberdade; CV(%): coeficiente de variação.

Em câmara de crescimento o tamanho médio da lesão foi de 1,3 cm para o isolado de soja e 4,6 cm para o isolado de algodão (Tabela 3), enquanto na casa de vegetação, tanto no isolado de soja como isolado de algodão, o tamanho da lesão ficou restrito a 0,9 cm. De forma semelhante, na severidade houve maior agressividade no ambiente controlado (câmara de crescimento). Em câmara de crescimento a severidade com isolado proveniente de soja alcançou 11,9% e isolado algodão, 41,6%. Já para o ambiente de casa de vegetação a severidade permaneceu em 7,9 e 7,1%, para isolados soja e algodão, respectivamente.

Deste modo, através da análise conjunta dos dados e do tamanho e severidade das lesões, verificou-se que o ambiente de câmara de crescimento proporcionou condições mais adequadas à infecção de *S. sclerotiorum*, refletindo em maior tamanho de lesão e severidade quando comparado à casa de vegetação. Verificando a resistência de genótipos de soja em casa de vegetação e câmara de crescimento, Juliatti; Sagata;

Jaccoud Filho (2014) demonstraram que o desenvolvimento dos sintomas de mofo branco na haste de soja foi favorecido. Este mesmo comportamento foi observado por Castro (2016).

TABELA 3. Tamanho (cm) e severidade (%) das lesões de mofo branco em 33 genótipos de algodoeiro, inoculados com *S. sclerotiorum* provenientes de soja e algodão, mantido em ambiente de casa de vegetação e câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

Ambiente	Tamanho lesão (cm)		Severidade (%)	
	I. soja	I. algodão	I. soja	I. algodão
Câmara de crescimento	1,3	4,6	11,9	41,6
Casa de vegetação	0,9	0,9	7,9	7,1

n = 33 genótipos; I: isolado.

Verificou-se no experimento em casa de vegetação que as temperaturas máximas diárias estiveram acima do intervalo adequado para o desenvolvimento micelial do fungo (AGRIOS, 2005), entre 18 e 25°C, e umidade relativa manteve-se abaixo de 90% (Figura 4).

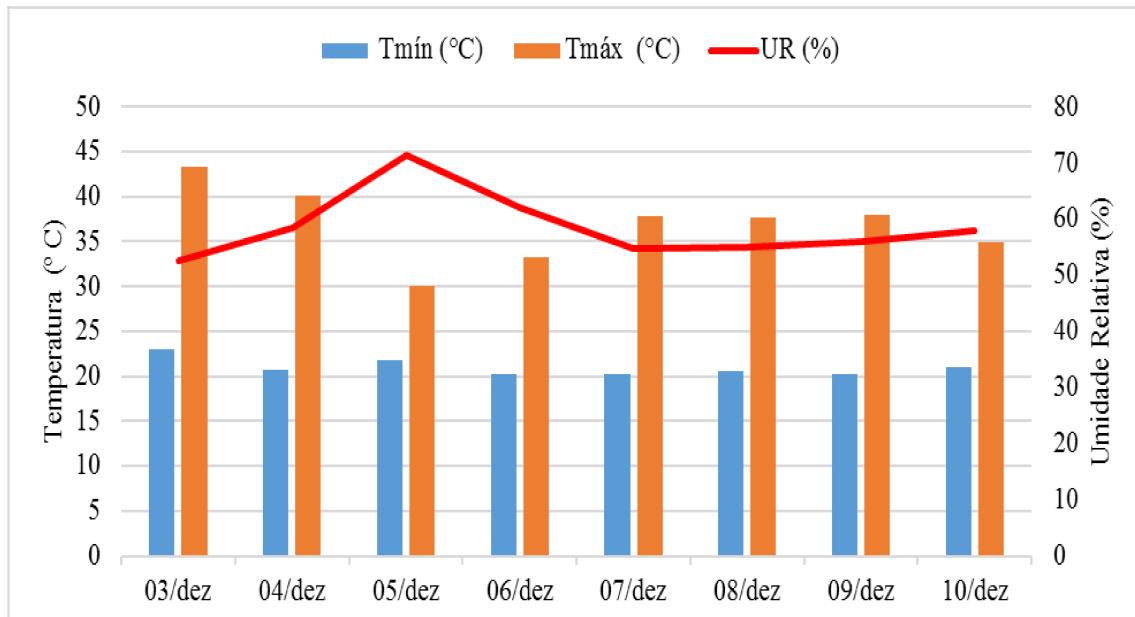


FIGURA 4. Dados meteorológicos no período de incubação de *S. sclerotiorum* nos genótipos de algodoeiro em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2016. Fonte: O autor.

Possivelmente, a maior temperatura média e menor umidade relativa tenham proporcionado o tamanho reduzido das lesões e consequentemente severidade. Segundo Pratt e Rowe (1991), a umidade deve ser mantida elevada, acima de 70%, pelo menos entre 24 e 72 horas após a inoculação, visando favorecer o desenvolvimento do patógeno. A umidade e a temperatura são fatores que influenciam profundamente no desenvolvimento de *S. sclerotiorum* (BOLAND; HALL, 1987; MILA; YANG, 2008).

A baixa correlação entre os dados obtidos em campo e condições controladas dificulta o processo de classificação dos genótipos quanto à resistência ao mofo branco (JULIATTI et al., 2013) neste contexto da condução dos ensaios em condições controladas, tais como casa de vegetação e câmara de crescimento (BOLAND; HALL, 1987). Fatores ambientais como umidade relativa e temperatura limitam a avaliação de resistência de genótipos em casa de vegetação (ANTÔNIO et al., 2008; BOLAND; HALL, 1987). Por este motivo o ambiente de câmara de crescimento foi escolhido para a verificação de resistência, por promover condições mais adequadas para a infecção e desenvolvimento do fungo.

No experimento conduzido em casa de vegetação não foi constatada diferença de agressividade entre os isolados (Tabela 4) devido às condições de temperatura e umidade que desfavoreceram a colonização pelo patógeno. O tamanho de lesão para o isolado soja variou entre 0,6 cm (IAC24) e 1,3 cm (FM954 GLT). Já para o isolado algodão as lesões permaneceram entre 0,5 cm (TMG42 WS, IAC25 e TMG47 B2RF) e 1,3 cm (BRS371 RF).

Zito et al. (2006) notaram variabilidade na reação de soja ao patógeno para experimentos em casa de vegetação e câmara de crescimento, observando desde resistência até completa suscetibilidade. No geral, o índice de severidade em casa de vegetação também se manteve consideravelmente inferior ao do ambiente controlado (câmara de crescimento) (Tabela 3). De forma semelhante ao caráter tamanho de lesão, o isolado proveniente de soja manifestou menor severidade no genótipo IAC24 (5,2%) e maior com FM954 GLT (10,8%). Para o isolado algodão o menor índice foi encontrado no genótipo TMG42 WS (3,8%) e o maior em FM954 GLT (10,4%) (Tabela 4).

TABELA 4. Tamanho médio de lesão (cm) e severidade (%), em função da inoculação de genótipos de algodoeiro com isolados de *S. sclerotiorum* oriundos de soja e algodão, em casa de vegetação. Uberlândia-MG, 2016.

Genótipos	Tamanho lesão (cm)		Severidade (%)	
	I. soja	I. algodão	I. soja	I. algodão
TMG42 WS	0,7 b A ¹	0,5 b A	5,7 b A	3,8 b A
IAC25	0,7 b A	0,5 b A	6,3 b A	4,2 b A
IMA5675 B2RF	0,8 b A	0,7 b A	6,0 b A	4,5 b A
TMG47 B2RF	0,8 b A	0,5 b A	8,1 a A	4,6 b A
IMA8276 WS	1,1 a A	0,8 b A	7,1 b A	4,6 b A
TMG43	0,7 b A	0,6 b A	5,9 b A	5,0 b A
TMG11	0,8 b A	0,7 b A	7,0 b A	5,6 b A
TMG41	1,1 a A	0,7 b A	9,1 a A	5,8 b A
IAC24	0,6 b A	0,7 b A	5,2 b A	5,9 b A
BRS336	0,7 b A	0,7 b A	5,8 b A	6,2 b A
FM983 GLT	1,0 a A	0,8 b A	8,6 a A	6,4 b A
FM980 GLT	1,0 a A	0,7 b A	9,4 a A	6,5 b A
FM913	1,0 a A	0,7 b A	8,7 a A	6,9 a A
IMA8405 GLT	0,9 b A	0,8 b A	7,7 b A	6,9 a A
BRS269	1,0 a A	0,9 b A	8,7 a A	7,1 a A
TMG82 WS	0,7 b A	0,9 b A	5,6 b A	7,2 a A
IMA2106 GL	1,0 a A	1,0 a A	8,3 a A	7,3 a A
MAC-2	0,8 b A	0,7 b A	7,9 a A	7,3 a A
BRS335	0,8 b A	0,9 b A	6,6 b A	7,5 a A
BRS293	1,1 a A	1,0 a A	8,2 a A	7,7 a A
BRS369 RF	1,2 a A	1,2 a A	8,8 a A	7,7 a A
TMG45 B2RF	0,7 b A	0,7 b A	7,6 b A	7,8 a A
DP1552	1,2 a A	1,0 a A	8,9 a A	7,8 a A
TMG81 WS	0,7 b A	0,8 b A	7,1 b A	7,9 a A
BRS368 RF	1,1 a A	1,2 a A	7,6 b A	8,0 a A
FM944 GL	1,0 a A	0,9 b A	9,6 a A	8,5 a A
FM940	0,7 b A	0,9 a A	6,8 b A	8,7 a A
TMG48 B2RF	1,2 a A	1,0 a A	10,4 a A	8,7 a A
FM975 WS	1,1 a A	1,2 a A	8,4 a A	9,1 a A
BRS371 RF	1,2 a A	1,3 a A	9,0 a A	9,2 a A
TMG44 B2RF	1,0 a A	0,7 b A	10,7 a A	9,7 a A
DP1536 B2RF	1,0 a A	1,2 a A	7,9 a A	9,8 a A
FM954 GLT	1,3 a A	1,2 a A	10,8 a A	10,4 a A
CV (%)	22,75		23,73	
H ² (%)	81,11		74,64	

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e letras maiúsculas na horizontal constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV(%): coeficiente de variação; H²(%): coeficiente de determinação genotípico.

A avaliação em câmara de crescimento do tamanho e severidade das lesões

causadas após a inoculação de *S. sclerotiorum*, com isolados oriundos de soja e algodão demonstrou diferença de agressividade entre os isolados estudados (Tabela 5). Pelo tamanho de lesão observou-se menor agressividade do isolado soja, com lesões variando entre 0,5 cm (BRS335) e 2,3 cm (DP15552), visto que não foi possível diferenciar os genótipos através do teste de agrupamento de médias. Ao passo que o isolado de algodão promoveu lesões entre 2,3 cm (FM944 GL) e 6,0 cm (FM975 WS), agrupando os genótipos em duas categorias.

Os genótipos que apresentaram menores lesões foram FM944 GL (2,3 cm), MAC-2 (3,1 cm) e TMG47 B2RF (3,6 cm), enquanto os que apresentarem maiores lesões foram FM975 WS (6,0 cm), IMA8405 GLT e IMA8276 WS (5,7 cm). Castro et al. (2015), também avaliando resistência de genótipos de algodoeiros a *S. sclerotiorum*, observaram lesões entre 7,38 cm para o cultivar Delta Opal e 1,27 cm para o genótipo MAC-2, classificando os materiais como suscetível e resistente, respectivamente. Dessa forma o genótipo de algodoeiro MAC-2 pode ser indicado como padrão de resistência (CASTRO et al., 2015). Os genótipos resistentes podem ser promissores para o manejo em áreas com histórico de mofo branco, diminuindo os danos provenientes pela infecção do patógeno.

Diversos estudos corroboram a variabilidade de agressividade de *S. sclerotiorum* em diferentes culturas como feijão, soja e girassol (IRANI et al., 2011; PRICE; CALHOUN, 1975; ZANCAN et al., 2015). Porém, estudos com a cultura do algodoeiro são escassos. Em trabalho conduzido por Irani et al. (2011), foram verificadas diferenças significativas na patogenicidade em girassol, independentemente de origem dos isolados. Kull et al. (2004) observaram que diferenças de agressividade podem ser detectadas ao comparar isolados de regiões geográficas distantes, mas não encontraram evidência conclusiva que sugira especialização de hospedeiro entre isolados de *S. sclerotiorum*.

Price e Calhoun (1975) compararam a patogenicidade de 14 isolados de *S. sclerotiorum* em 11 hospedeiros diferentes. Estes demonstraram que houve variação no grau de patogenicidade, inoculando-se diferentes espécies hospedeiras. Zancan et al. (2015), analisando 25 isolados de *S. sclerotiorum*, observaram diferenças expressivas de agressividade entre os isolados, por meio do método *straw test*, na cultura do feijoeiro.

TABELA 5. Tamanho médio de lesão (cm) e severidade (%), em função da inoculação de genótipos de algodoeiro com isolados de *S. sclerotiorum* oriundos de soja e algodão, em câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

Genótipos	Tamanho lesão (cm)		Severidade (%)	
	I. soja	I. algodão	I. soja	I. algodão
FM944 GL	1,0 a A ¹	2,3 b A	6,3 a A	12,0 d A
IMA2106 GL	1,1 a B	3,8 b A	9,0 a B	24,1 d A
MAC-2	1,2 a B	3,1 b A	9,5 a B	25,6 d A
DP1552	2,3 a B	4,8 a A	17,6 a A	26,8 d A
TMG43	1,7 a B	3,8 b A	15,5 a B	31,7 c A
IAC25	0,9 a B	4,6 a A	8,2 a B	32,5 c A
FM954 GLT	1,1 a B	3,9 b A	10,2 a B	34,1 c A
IMA5675 B2RF	2,7 a B	4,8 a A	22,4 a A	34,4 c A
BRS269	1,3 a B	3,8 b A	15,1 a B	34,6 c A
FM983 GLT	2,1 a B	4,6 a A	17,1 a B	35,3 c A
BRS368 RF	1,2 a B	5,0 a A	9,1 a B	36,6 c A
DP1536 B2RF	0,9 a B	4,9 a A	6,5 a B	38,7 c A
BRS336	0,9 a B	4,7 a A	8,5 a B	38,9 c A
IMA8405 GLT	1,2 a B	5,7 a A	10,0 a B	39,0 c A
IMA8276 WS	0,8 a B	5,7 a A	5,8 a B	39,2 c A
TMG11	1,5 a B	4,1 b A	12,1 a B	39,4 c A
FM913	1,4 a B	4,8 a A	10,8 a B	41,1 c A
BRS369 RF	1,0 a B	5,4 a A	7,8 a B	41,2 c A
TMG41	1,5 a B	4,2 b A	13,3 a B	41,4 c A
BRS371 RF	1,6 a B	4,9 a A	11,5 a B	42,1 c A
TMG47 B2RF	1,4 a B	3,6 b A	14,7 a B	44,4 b A
TMG45 B2RF	1,1 a B	4,4 a A	13,1 a B	46,2 b A
TMG82 WS	1,7 a B	4,7 a A	14,9 a B	47,3 b A
TMG42 WS	1,9 a B	4,5 a A	17,0 a B	47,4 b A
IAC24	1,5 a B	5,0 a A	12,8 a B	48,0 b A
TMG48 B2RF	1,3 a B	4,9 a A	13,2 a B	48,6 b A
TMG81 WS	1,3 a B	4,7 a A	11,3 a B	50,1 b A
FM940	0,7 a B	5,3 a A	6,5 a B	50,4 b A
BRS335	0,5 a B	5,4 a A	4,3 a B	51,6 b A
FM980 GLT	1,3 a B	5,1 a A	16,6 a B	54,7 b A
BRS293	1,1 a B	5,5 a A	12,8 a B	64,6 a A
TMG44 B2RF	1,3 a B	4,7 a A	13,4 a B	64,8 a A
FM975 WS	1,6 a B	6,0 a A	17,4 a B	66,2 a A
CV (%)	22,94		26,41	
H ² (%)	60,18		80,79	

¹Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e letras maiúsculas na horizontal constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV(%): coeficiente de variação; H²(%): coeficiente de determinação genotípico.

A infecção por *S. sclerotiorum* ocorre em razão de suas estruturas de

patogenicidade: o ácido oxálico e as enzimas pectolíticas produzidas pelo fungo. A penetração do ácido nos tecidos da planta se dá ao redor da lesão formada, o que acidifica o pH da região de 6,8 para 4,0, aproximadamente, e facilita a ação das enzimas pectolíticas (ECHANDI; WALKER, 1957; MAXWELL; LUMSDEN, 1970).

Neste sentido é possível que a maior agressividade do isolado proveniente de algodão seja em decorrência da especialização do fungo a um sistema de manejo específico, em que predomina o cultivo de algodão em pivô central, proveniente da região de Chapadão do Sul – MS. Isso porque o teor de lignina de caule de algodão permanece em torno de 18,2% a 21,0% (KANG, et al., 2012; TUTUS; EZICI; ATES, 2010), superior ao teor de lignina do caule da planta de soja, em torno de 12,0 a 16,0% (GRIS et al., 2013; PELTIER; HATFIELD; GRAU, 2009). Diversos trabalhos têm demonstrado que a lignina no caule de algodão tem sido associada a defesa contra fitopatógenos (KANG, et al.; 2012; MACMILLAN et al., 2013; SHI et al., 2012).

Peltier, Hatfield e Grau (2009) observaram que o genótipo de soja NK S19-90 foi classificado como parcialmente resistente com 16,4% de lignina em caule, contudo esses autores indicam que a resistência ao mofo branco está relacionada à baixa concentração de lignina no caule da planta de soja. Já Antônio (2011) demonstrou que houve aumento de deposição de lignina nos genótipos de feijoeiro com resistência parcial e, em geral, a inoculação com *S. sclerotiorum* induz o aumento dos teores de lignina. Desse modo, há necessidade de estudos mais aprofundados para se elucidar a interação e possível especialização fisiológica entre isolados de *S. sclerotiorum*, incluindo fontes provenientes de algodoeiro.

Pelos dados de severidade das lesões causadas pela inoculação do isolado de *S. sclerotiorum* oriundo de soja, não foi possível diferenciar os genótipos quanto ao grau de resistência ao mofo branco (Tabela 5). A severidade variou entre 4,3% para o genótipo BRS335 e 22,4% para IMA5675 WS. Já com o isolado proveniente de algodão houve classificação dos genótipos em quatro grupos, com severidade variando entre 12,0% (FM944 GL) e 66,2% (FM975 WS). Deste modo, é possível constatar no experimento em câmara de crescimento a maior agressividade deste isolado. O isolado mais agressivo é útil na identificação de maiores níveis de resistência para seleção do germoplasma (ZANCAN et al., 2015).

O primeiro grupo foi constituído pelos genótipos com menores índices de severidade, incluindo o padrão de resistência MAC-2, que foram FM944 GL (12,0%), IMA2106 GL (24,1%), MAC-2 (25,6%) e DP1552 (26,8%). Tanto FM944 GL quanto

MAC-2 também demonstraram maior resistência ao mofo branco em função do tamanho de lesão. Em seguida, no próximo agrupamento foram classificados 16 dos 33 genótipos estudados. Neste grupo a menor severidade foi obtida pelo genótipo TMG43, com 31,7%, e o maior índice pelo material BRS371 RF, com 42,1% de severidade. No terceiro conjunto foram agrupados 10 genótipos, sendo seis deles sob a marca comercial TMG. A severidade dentro deste grupo oscilou entre 44,4% com o genótipo TMG47 B2RF e 54,7% com FM980 GLT. No último grupo restaram os 3 genótipos com maiores índices de severidade, constituído por BRS293 (64,6%), TMG44 B2RF (64,8%) e FM975 WS (66,2%), este último expressou maior porcentagem de severidade entre os genótipos do presente trabalho (Tabela 5).

A resistência ao mofo branco é quantitativa (HOFFMAN et al., 2002; LU, 2003), neste sentido, tanto em função do tamanho de lesão, bem como ao índice de severidade, não foram observados genótipos de algodão com resistência completa ao mofo branco. Ainda assim, foi possível observar considerável variabilidade para resistência parcial entre os genótipos, inclusive dentro dos germoplasma comerciais, como FM944 GL, que expressou os menores tamanhos de severidade e lesão, contrastando com FM975 WS, o qual apresentou maiores índices de agressividade do fungo. Em trabalhos com feijão e soja a resistência ao fungo vem sendo bastante avaliada, porém, fontes de resistência completa não têm sido identificadas, apenas a variabilidade na reação para resistência parcial (ARAHANA et al., 2001; JULIATTI et al., 2013; ZANCAN et al., 2015).

Os parâmetros genéticos como a herdabilidade (H^2) são dados importantes para verificar a confiabilidade dos mesmos para a seleção de genótipos baseado nas características avaliadas (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012). Em gerações avançadas no processo de melhoramento, o parâmetro H^2 é denominado como coeficiente de determinação genotípico e indica a proporção do valor fenotípico que pode ser herdada, isto é, quantifica a confiabilidade do valor fenotípico como guia para o valor genético. Apenas o valor fenotípico de um indivíduo pode ser mensurado, porém, é o valor genético que influenciará a próxima geração (RAMALHO et al., 2012).

Deste modo, os dados dos experimentos de casa de vegetação e câmara de crescimento foram submetidos à essa análise e estão apresentados nas tabelas 4 e 5, respectivamente. No experimento de casa de vegetação o H^2 para tamanho de lesão foi de 81,11% e severidade de 74,64%. Já no experimento na câmara de crescimento, o H^2

para tamanho de lesão foi de 60,18%, enquanto para severidade foi de 80,79%. Cruz, Regazzi e Carneiro (2012) citam que esse valor deve ser superior a 70%, o que indica que a variabilidade fenotípica dos genótipos avaliados é predominantemente de origem genética.

4.2 Diversidade Genética Entre Genótipos de Algodeiro Quanto à Resistência a *S. sclerotiorum* Por Análises Multivariadas

Parte da diversidade genética de *G. hirsutum*, incluindo alelos que conferem resistência a pragas, doenças e adversidades ambientais, teria sido perdida durante a fase de domesticação (BERTINI et al., 2006). Segundo Iqbal et al. (2001), o algodeiro cultivado em todo o mundo é derivado de algodões dos Estados Unidos da América, o qual foi exportado para outros países entre os séculos XIX e XX, sendo a maior parte do algodão brasileiro precoce proveniente desta fonte (BERTINI et al., 2006). Neste sentido, programas de melhoramento de algodão usualmente apresentam base genética estreita, o que requer estudos genealógicos detalhados nos parentais utilizados, a fim de evitar cruzamentos relacionados (MCCARTY et al., 2007).

As medidas de dissimilaridade obtidas pela distância Euclidiana, baseado em 33 genótipos e dois caracteres (tamanho de lesão e severidade) para isolado de algodão, são apresentadas na Tabela 6. Constatou-se elevada variabilidade genética entre os genótipos avaliados, as distâncias apresentaram magnitude entre 0,01 e 1,414. A partir da matriz elaborada foi possível distinguir maior similaridade entre os genótipos IMA8276 WS e IMA8405 GLT ($d=0,010$). A combinação entre os genótipos FM944 GL e FM975 WS foi a mais divergente ($d=1,414$). Entre as estimativas de divergência genética a FM944 GL esteve presente nas combinações com as maiores distâncias encontradas, o que indica que esse genótipo pode estar entre os mais divergentes deste estudo.

Analisando caracteres morfológicos, Violatti (2016) verificou a divergência genética entre 20 genótipos de algodão, com magnitude da dissimilaridade entre 1,70 a 64,39, pela distância generalizada de Mahalanobis, enquanto Carvalho et al. (2003) encontraram distância Euclidiana mínima de 0,25 e máxima de 4,36 ao avaliarem 221 acessos de banco de germoplasma de algodeiro.

TABELA 6. Dissimilaridade, com base na distância Euclidiana, entre 33 genótipos de algodoeiro em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de *S. sclerotiorum* proveniente de algodão, em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

Genótipos	TMG 41	TMG 42 WS	TMG 43	TMG 44	TMG 45	TMG 47	TMG 48	TMG 81 WS	BRS 269	BRS 293	BRS 335	BRS 336	BRS 368 RF	BRS 369 RF	BRS 371 RF	FM 913	FM 940	FM 944	FM 954	FM 975	FM 980	FM 983	IMA 2106 GL	IMA 5675	IMA 8276 WS	IMA 8405 GLT	DP 1536	DP 1552	IAC 24	IAC 25	MAC-2	
	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	B2RF	GL	GLT	WS	GLT	GLT	2106 GL	5675 B2RF	8276 WS	8405 GLT	B2RF	B2RF					
TMG 11	0,045	0,187	0,168	0,491	0,140	0,170	0,263	0,256	0,207	0,123	0,590	0,415	0,150	0,256	0,357	0,209	0,197	0,385	0,705	0,117	0,709	0,385	0,160	0,298	0,213	0,426	0,417	0,204	0,300	0,298	0,185	0,373
TMG 41		0,142	0,213	0,448	0,096	0,175	0,220	0,211	0,164	0,167	0,545	0,375	0,134	0,244	0,331	0,179	0,171	0,345	0,750	0,162	0,665	0,341	0,162	0,342	0,212	0,404	0,395	0,187	0,317	0,258	0,198	0,417
TMG 42 WS			0,355	0,323	0,056	0,263	0,089	0,069	0,032	0,310	0,403	0,246	0,161	0,241	0,266	0,131	0,141	0,219	0,892	0,303	0,524	0,199	0,225	0,479	0,252	0,346	0,340	0,184	0,387	0,138	0,275	0,559
TMG 43				0,654	0,308	0,240	0,426	0,423	0,373	0,054	0,757	0,572	0,274	0,353	0,478	0,350	0,334	0,541	0,542	0,052	0,873	0,551	0,240	0,141	0,287	0,535	0,525	0,321	0,295	0,456	0,226	0,214
TMG 44 B2RF					0,353	0,473	0,305	0,273	0,323	0,603	0,218	0,318	0,479	0,531	0,484	0,423	0,440	0,322	1,164	0,604	0,364	0,220	0,544	0,789	0,563	0,550	0,548	0,486	0,702	0,328	0,596	0,836
TMG 45 B2RF						0,208	0,144	0,123	0,086	0,260	0,453	0,302	0,160	0,257	0,306	0,158	0,161	0,274	0,840	0,256	0,578	0,253	0,215	0,438	0,252	0,385	0,377	0,197	0,379	0,192	0,262	0,507
TMG 47 B2RF							0,351	0,322	0,294	0,189	0,627	0,508	0,309	0,418	0,501	0,347	0,342	0,481	0,693	0,206	0,764	0,446	0,329	0,378	0,382	0,576	0,568	0,362	0,465	0,400	0,353	0,371
TMG 48 B2RF								0,047	0,059	0,385	0,337	0,158	0,186	0,226	0,206	0,119	0,138	0,130	0,967	0,376	0,448	0,129	0,252	0,540	0,261	0,284	0,279	0,182	0,401	0,052	0,303	0,635
TMG 81 WS								0,053	0,378	0,334	0,188	0,207	0,263	0,253	0,152	0,168	0,163	0,961	0,372	0,456	0,130	0,273	0,545	0,290	0,331	0,326	0,214	0,430	0,097	0,325	0,628	
TMG 82 WS									0,330	0,385	0,217	0,156	0,224	0,238	0,111	0,125	0,189	0,913	0,322	0,502	0,178	0,222	0,493	0,243	0,317	0,311	0,170	0,381	0,106	0,273	0,580	
BRS 269										0,712	0,536	0,248	0,339	0,457	0,320	0,305	0,505	0,582	0,025	0,832	0,508	0,227	0,195	0,278	0,519	0,510	0,300	0,312	0,419	0,224	0,250	
BRS 293											0,241	0,520	0,528	0,432	0,445	0,465	0,264	1,293	0,706	0,148	0,209	0,584	0,877	0,583	0,473	0,475	0,504	0,718	0,326	0,634	0,960	
BRS 335												0,308	0,293	0,192	0,228	0,247	0,031	1,114	0,523	0,314	0,105	0,365	0,674	0,353	0,241	0,241	0,279	0,483	0,117	0,411	0,785	
BRS 336												0,109	0,210	0,080	0,061	0,277	0,811	0,230	0,619	0,313	0,066	0,367	0,093	0,277	0,267	0,055	0,226	0,197	0,118	0,488		
BRS 368 RF													0,134	0,112	0,100	0,266	0,871	0,318	0,604	0,334	0,113	0,416	0,072	0,182	0,172	0,060	0,190	0,210	0,139	0,561		
BRS 369 RF														0,154	0,160	0,173	1,004	0,438	0,487	0,267	0,240	0,550	0,205	0,080	0,074	0,158	0,312	0,163	0,272	0,690		
BRS 371 RF															0,020	0,197	0,890	0,304	0,539	0,240	0,140	0,447	0,143	0,230	0,222	0,064	0,282	0,119	0,189	0,564		
FM 913																0,216	0,872	0,289	0,559	0,260	0,120	0,428	0,124	0,234	0,225	0,046	0,264	0,139	0,170	0,548		
FM 940																	1,083	0,493	0,343	0,102	0,335	0,643	0,325	0,230	0,229	0,249	0,456	0,087	0,382	0,754		
FM 944 GL																		0,592	1,414	1,090	0,765	0,455	0,799	1,046	1,037	0,853	0,735	0,998	0,732	0,333		
FM 954 GLT																			0,823	0,500	0,205	0,188	0,255	0,498	0,489	0,280	0,287	0,407	0,200	0,261		
FM 975 WS																				0,325	0,678	0,984	0,667	0,505	0,510	0,592	0,793	0,422	0,725	1,082		
FM 980 GLT																					0,378	0,668	0,381	0,330	0,329	0,301	0,519	0,124	0,428	0,757		
FM 983 GLT																						0,314	0,054	0,294	0,285	0,089	0,164	0,259	0,052	0,450		
IMA 2106 GL																							0,345	0,591	0,582	0,403	0,290	0,562	0,278	0,179		
IMA 5675 B2RF																								0,250	0,241	0,080	0,140	0,258	0,067	0,492		
IMA 8276 WS																									0,010	0,222	0,328	0,238	0,316	0,742		
IMA 8405 GLT																										0,213	0,319	0,234	0,307	0,732		
DP 1536 B2RF																											0,219	0,179	0,133	0,534		
DP 1552																												0,395	0,119	0,463		
IAC 24																													0,309	0,668		
IAC 25																															0,426	

O dendrograma, pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA), resultante da dissimilaridade dos genótipos com base na matriz da distância Euclidiana, foi obtido a partir dos dados do tamanho e severidade da lesão devido a infecção por *S. sclerotiorum*, após a inoculação com isolado proveniente de algodão (Figura 5). Segundo Araújo et al. (2014), em estudo avaliando diferentes métodos de agrupamentos na avaliação da divergência genética em algodoeiro herbáceo, o método UPGMA apresentou maior consistência dentre os avaliados. A distância Euclidiana é um método efetivo na maximização da correlação cofenética (FARRIS, 1969; SOKAL; ROHLF, 1962).

O coeficiente de correlação cofenética obtido foi de 0,8012, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. Os genótipos foram subdivididos em cinco grupos considerando 33% de dissimilaridade na delimitação. Esse corte é realizado de maneira subjetiva, após ser verificado pontos de alta mudança de nível na representação gráfica (CRUZ; FERREIRA; PESSONI, 2011).

O primeiro grupo foi composto por 20 genótipos, ou seja, 60,6% da diversidade genética observada. No grupo II foram classificados 9 genótipos, já o terceiro foi constituído apenas por dois genótipos, BRS293 e FM975 WS, e o grupo IV apenas por TMG44 B2RF. Nos grupos III e IV foram alocados os materiais mais suscetíveis pelo método *straw test*. Enquanto, no quinto e último grupo ficou o genótipo FM944 GL, o qual expressou maior resistência através do método *straw test*. Isto determina a grande divergência genética existente entre este material e os demais avaliados. Castro (2016), avaliando resistência de genótipos de soja ao mofo branco, também verificou através de análise multivariada a separação, em um grupo exclusivo, do genótipo mais resistente à doença.

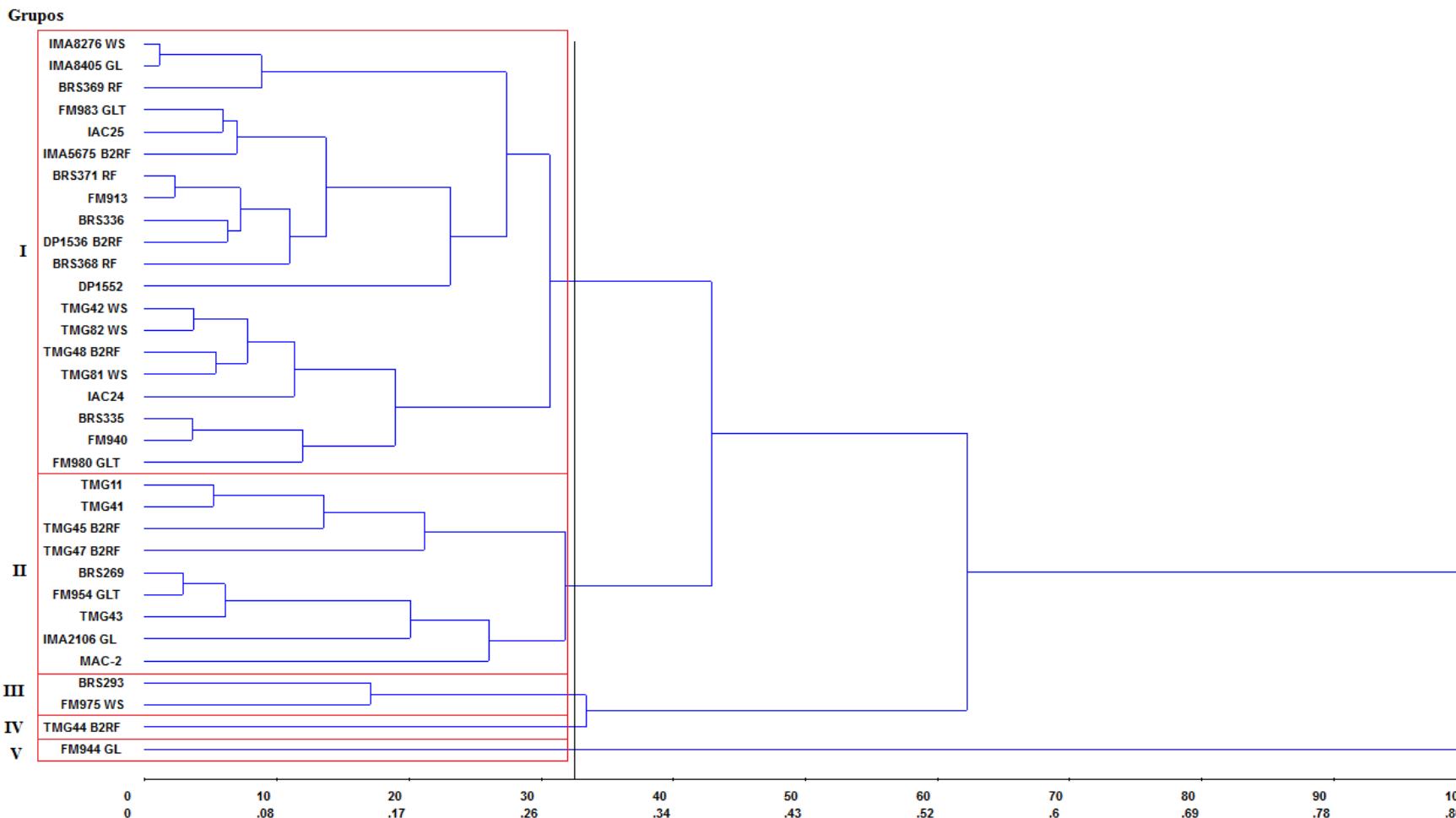


FIGURA 5. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 33 genótipos de algodão pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de *S. sclerotiorum* proveniente de algodão em ambiente de câmara de crescimento. Coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,8012**, Uberlândia-MG, 2016. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Na Figura 6 foi representado o dendrograma obtido a partir dos dados do tamanho e severidade da lesão devido a infecção por *S. sclerotiorum*, após a inoculação com isolado proveniente de soja. O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,7667, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t. Com corte admitindo 27% de dissimilaridade na divisão dos genótipos, coincidentemente ao dendrograma isolado algodão (Figura 5), os materiais foram subdivididos em cinco grupos. Contudo, visto a diferença de agressividade entre os isolados, a classificação e agrupamento foram distintos entre os dois dendrogramas. Em estudo de Castro (2016), também houve variação na classificação de genótipos em relação aos isolados em função do tamanho médio da lesão de *S. sclerotiorum*.

O grupo I foi formado por 18 genótipos, cerca de 55% da diversidade genética observada. No segundo agrupamento foram classificados 6 genótipos, enquanto no terceiro foram 7 materiais. Notou-se que os genótipos antes separados em grupos exclusivos (TMG44 B2RF e FM944 GL) foram agrupados com outros genótipos, nos grupos I e III, respectivamente. O grupo IV constituiu-se pelo genótipo BRS335 e o grupo V por IMA5675 B2RF, antes agrupados no Grupo I (Figura 5).

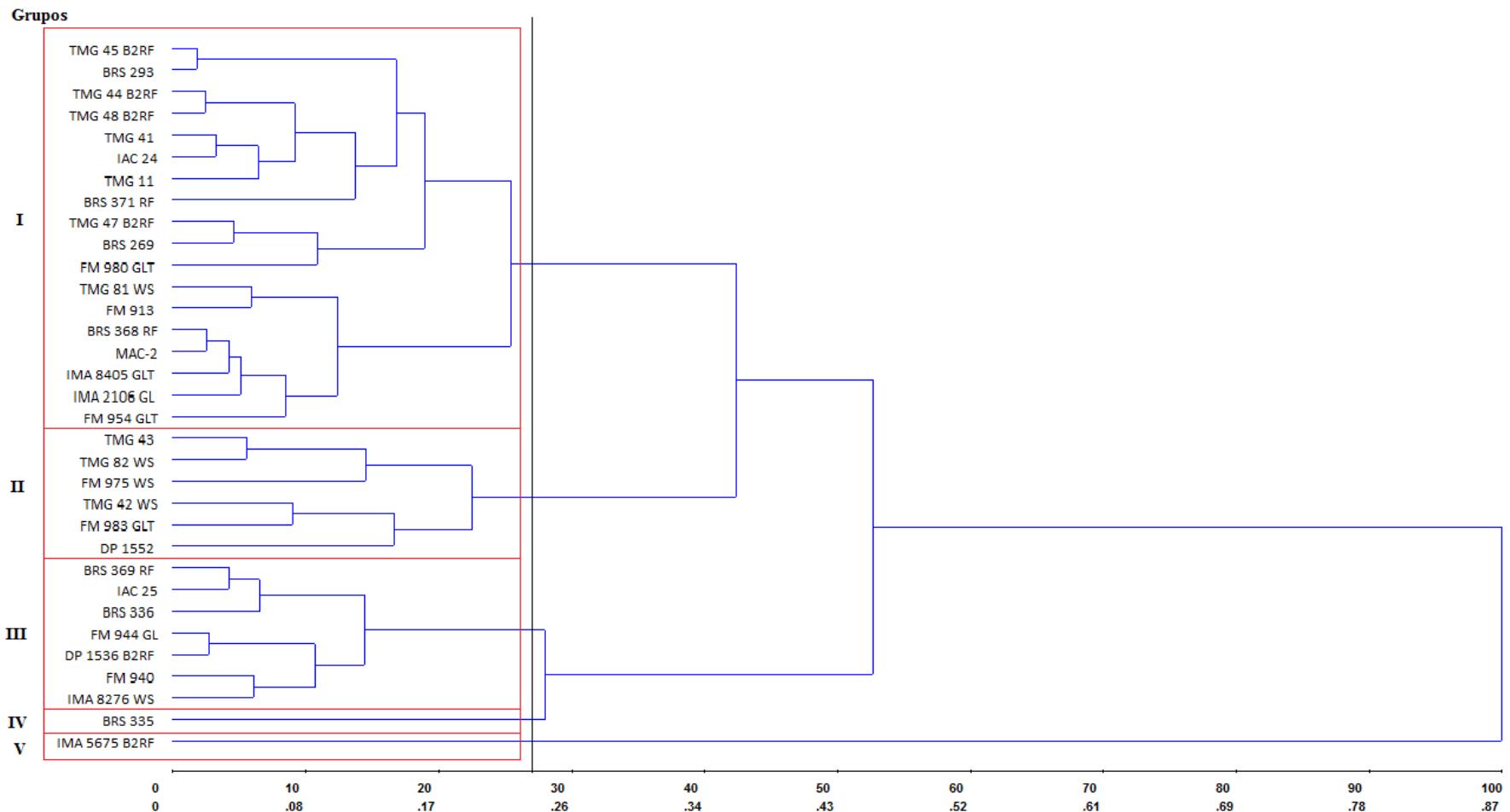


FIGURA 6. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 33 genótipos de algodão pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana, em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de *S. sclerotiorum* proveniente de soja em ambiente de câmara de crescimento. Coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,7667**, Uberlândia-MG, 2016. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

O dendrograma resultante da dissimilaridade dos 33 genótipos foi baseado nos dados do tamanho e severidade da lesão, em função da inoculação com isolados de *S. sclerotiorum* provenientes de soja e algodão e está representado pela Figura 7. O coeficiente de correlação cofenética foi de 0,6577, significativo a 1% de probabilidade pelo teste t, sendo que a delimitação dos grupos foi efetuada considerando 48% de dissimilaridade, originando oito grupos.

No primeiro agrupamento foram incluídos 14 genótipos. No grupo II foram classificados os materiais BRS293 e TMG44 B2RF. O grupo III foi composto exclusivamente pelo genótipo FM975 WS. Nos grupos II e III foram relacionados genótipos considerados suscetíveis pelo método *straw test*. O grupo IV foi formado por 9 genótipos. Já o quinto grupo foi constituído por IMA2106 GL, MAC-2 e FM954 GL, e o grupo VI somente pelo cultivar FM944 GL. Nos grupos V e VI foram alocados materiais que apresentaram considerável resistência ao patógeno. O grupo VII foi composto por FM983 GLT, DP1552 e o último grupo por IMA5675 B2RF, ambos demonstraram resistência moderada pelo método *straw test*.

As estimativas para coeficiente igual ou superior a 0,70 demonstram um bom ajuste entre a representação gráfica das distâncias genéticas entre os genótipos e a sua matriz original (CRUZ; REGAZZI; CARNEIRO, 2012), sendo que valores próximos a um indicam o melhor desempenho. Desse modo, o dendrograma obtido da dissimilaridade dos genótipos a partir dos dados do tamanho e severidade da lesão com isolado algodão (Figura 4), com coeficiente de correlação cofenética de 0,8012, demonstrou melhor consistência dentre os expostos, ficando em conformidade com outros trabalhos que avaliaram divergência genética em algodão (ARAÚJO, et al., 2014; GILIO et al., 2017; VIOLATTI, 2016).

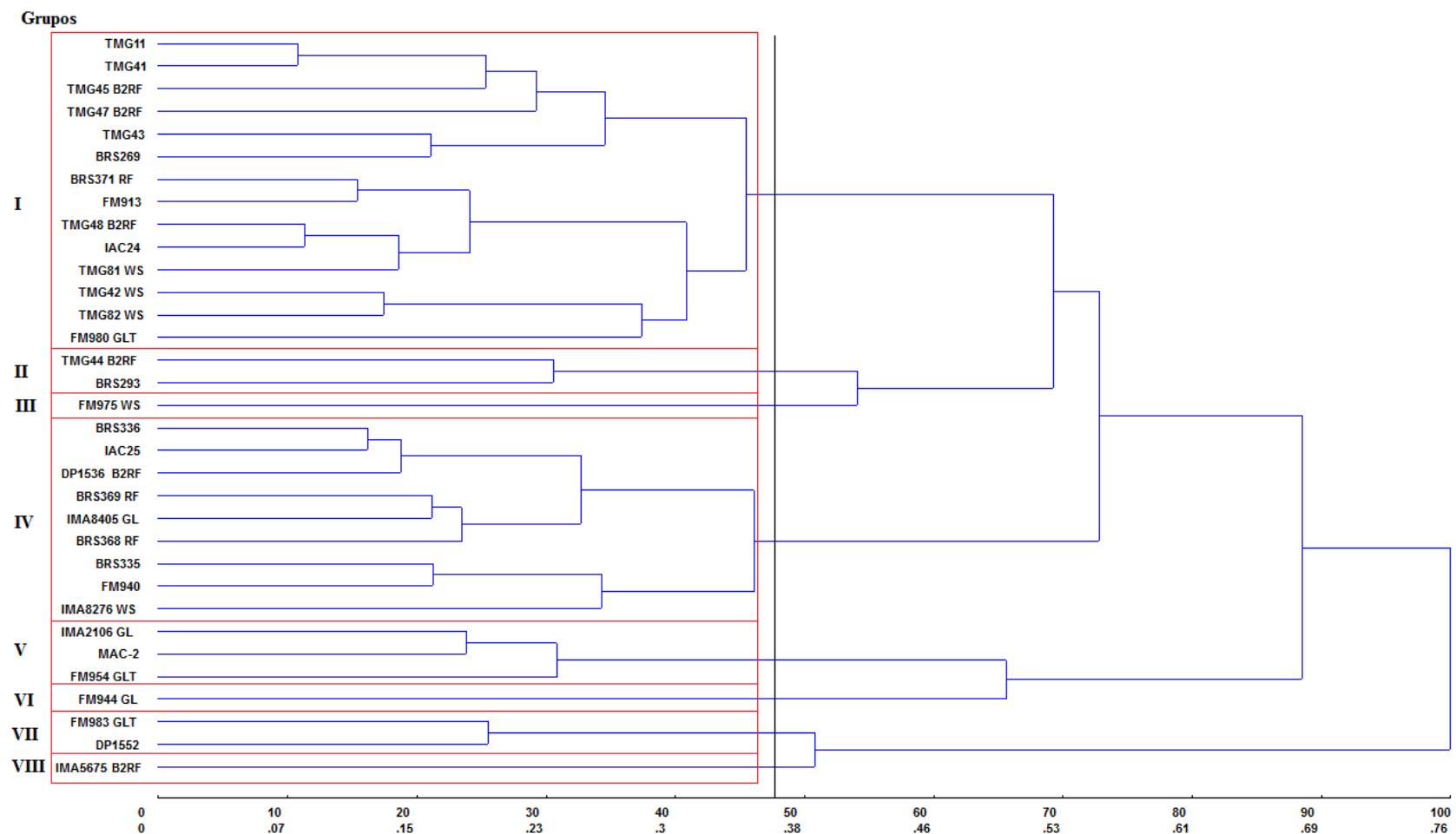


FIGURA 7. Dendrograma representativo da dissimilaridade genética entre 33 genótipos de algodão pelo método da ligação média entre grupo (UPGMA) obtido com a distância Euclidiana, em função do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolados de *S. sclerotiorum* provenientes de soja e algodão, em ambiente de câmara de crescimento. Coeficiente de correlação cofenética (r) de 0,6577**, Uberlândia-MG, 2016. Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

Pelo método de otimização de Tocher, baseada na matriz de distância Euclidiana, a partir dos dados com isolado algodão, os 33 genótipos foram classificados em quatro grupos (Tabela 7), um a menos que pelo método UPGMA. Isto porque o genótipo TMG44 B2RF, antes separado em um grupo exclusivo no método de Tocher, foi agrupado com BRS293 e FM975 WS. Diferenças entre métodos de agrupamento em algodão também já foram observados por outros autores (ARAÚJO et al., 2014; COUTINHO; GUIMARÃES; VIDAL, 2014), o que justifica a necessidade de mais de um método de agrupamento para conclusões mais satisfatórias (VIOLATTI, 2016).

No grupo I foram reunidos 25 genótipos (75,8% do total), quatro genótipos no grupo II (TMG43, IMA2106 GL, MAC-2, TMG47 B2RF), três no grupo III (BRS293, FM975 WS, TMG44 B2RF), entre os quais estão os mais suscetíveis pelo método *straw test*, e apenas o cultivar FM944GL no grupo V, classificado entre os mais resistentes pelo mesmo método. Em estudo com 15 genótipos de algodeiro, Violatti (2016) também distinguiu quatro grupos através do método de Tocher ao passo que Gilio et al. (2017) encontraram cinco grupos, através da otimização de Tocher, entre 18 genótipos de algodeiro, com base em características agronômicas e de resistência à mancha de ramulária.

TABELA 7. Agrupamento de 33 genótipos de algodão pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana, como medida de distância genética, obtida do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado proveniente de algodão, *S. sclerotiorum* em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

Grupos	Genótipos
I	IMA8276 WS, IMA8405 GLT, BRS369 RF, BRS368 RF, DP1536B2 RF, FM913 BRS371 RF, BRS336, IMA5675 B2RF, FM983 GLT, IAC25, IAC24, TMG48 B2RF TMG82 WS, TMG42 WS, TMG81 WS, TMG45 B2RF, TMG41, TMG11, FM940 BRS335, FM980 GLT, DP1552, FM954 GLT, BRS269
	TMG43, IMA2106 GL, MAC-2, TMG47 B2RF
II	BRS293, FM975 WS, TMG44 B2RF
III	FM944GL

A partir dos dados do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado de soja, baseado na matriz de distância Eucliadina, os genótipos foram separados em quatro grupos pelo método de otimização de Tocher (Tabela 8),

novamente um a menos que pelo dendrograma UPGMA. Neste caso o genótipo BRS335, que pelo dendrograma fora enquadrado em um grupo exclusivo, no método de Tocher foi agrupado com outros quatro genótipos.

O grupo I foi constituído por 23 genótipos, aproximadamente 70% do total. No segundo conjunto foram incluídos os genótipos FM944 GL, DP1536 B2RF, IMA8276 WS, FM940, BRS335. O grupo III foi composto por TMG42 WS, FM983 GLT, FM975 WS, DP1552. O quarto grupo apenas por IMA5675 B2RF.

TABELA 8. Agrupamento de 33 genótipos de algodão pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana, como medida de distância genética, obtida do tamanho e severidade da lesão após a inoculação com isolado proveniente de soja, *S. sclerotiorum* em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

Grupos	Genótipos
I	TMG45 B2RF, BRS293, TMG44 B2RF, TMG48 B2RF, TMG81 WS, TMG11, IAC24, TMG41, FM913, TMG47 B2RF, BRS269, BRS371 RF, IMA8405 GLT, FM954 GLT, MAC-2, BRS368 RF, IMA2106 GL, IAC25, BRS369 RF, BRS336, FM980 GLT, TMG43, TMG 82WS
II	FM944 GL, DP1536 B2RF, IMA8276 WS, FM940, BRS335
III	TMG42 WS, FM983 GLT, FM975 WS, DP1552
IV	IMA5675 B2RF

Com base no método de otimização de Tocher, a partir dos dados dos isolados soja e algodão, os genótipos foram agrupados em oito conjuntos (Tabela 9), mesmo número de grupos formados pelo método do dendrograma UPGMA (Figura 7). O grupo I foi o maior dentre os estabelecidos, composto por 18 dos 33 genótipos. Já os grupos VI, VII e VIII foram formados apenas por um genótipo cada, FM975 WS, IMA5675 B2RF, FM944 GL, respectivamente.

A dissimilaridade pelo método de UPGMA aliada ao método de otimização de Tocher promove uma maior confiabilidade na discriminação dos genótipos quanto à divergência genética (ELIAS et al., 2007; NOGUEIRA, 2011; SIMON; KAMADA; MOITEIRO, 2012). Portanto, a realização de cruzamentos entre genótipos identificados como mais divergentes pode trazer resultados mais significativos, permitindo a expressão da variabilidade genética em populações segregantes (CUNHA NETO; BERTINI; SILVA, 2015).

TABELA 9. Agrupamento de 33 genótipos de algodão pelo método de Tocher, utilizando a distância Euclidiana, como medida de distância genética, obtida do tamanho e severidade da lesão com isolados de *S. sclerotiorum* provenientes de algodão e soja, em ambiente de câmara de crescimento. Uberlândia-MG, 2016.

Grupos	Genótipos
I	TMG11, TMG41, TMG45 B2RF, FM913, BRS371 RF, TMG48 B2RF, TMG81 WS, IAC24, TMG82 WS, BRS368 RF, TMG47 B2RF, BRS269, FM954 GLT, BRS336, IAC25, IMA8405 GLT, BRS369 RF, DP1536 B2RF
II	BRS335, FM940, IMA8276 WS
III	IMA2106 GL, MAC-2
IV	FM983 GLT, DP1552, TMG42 WS, TMG43
V	TMG44 B2RF, BRS293, FM980 GLT
VI	FM975 WS
VII	IMA5675 B2RF
VIII	FM944 GL

4.3 Resistência de Genótipos de Algodeiro à *S. sclerotiorum* Pelo Método de Ácido Oxálico

A patogenicidade do fungo está associada com a produção de ácido oxálico, já que esta substância reduz o pH nos tecidos do hospedeiro, diminuindo a defesa da planta e aumentando a atividade das enzimas responsáveis pela degradação da parede celular (LUMSDEN, 1979). Diversos estudos foram conduzidos a fim de correlacionar métodos de avaliação para as culturas de soja e feijão (ANTÔNIO et al., 2008; HÜLLER et al., 2016). Contudo, são escassos os trabalhos relacionados com o algodeiro. Deste modo, foi efetuada a avaliação indireta de resistência dos genótipos de algodeiro pelo método de ácido oxálico (Tabela 10).

Foi verificada, na Tabela 10, diferença quanto ao tempo de exposição e concentração da solução de ácido oxálico. No geral, as maiores notas de murcha foram alcançadas na concentração de 40 mM e 68 horas de imersão na solução, com exceção dos genótipos BRS269, DP1552, TMG43, que tiveram a maior nota em 20 mM e 44 horas.

TABELA 10. Notas de murcha em plantas de algodoeiro, de um a cinco, em função de concentração de ácido oxálico (mM) e tempo (h), por teste de ácido oxálico. Uberlândia-MG, 2016.

Genótipo	20 mM 20 h		20 mM 44 h		40 mM 44 h		40 mM 68 h	
	Nota de Murcha							
IMA5675 B2RF	1,3	b A ¹	2,0	c A	1,1	c A	1,5	b A
TMG42 WS	1,7	a A	2,0	c A	1,1	c A	1,7	b A
BRS269	2,0	a B	3,0	b A	1,2	c C	1,9	b B
TMG81 WS	1,7	a A	2,0	c A	1,2	c A	2,0	b A
TMG45 B2RF	1,0	b B	1,7	d A	1,1	c B	2,1	b A
FM975 WS	1,0	b B	1,3	d B	1,2	c B	2,1	b A
DP1552	1,7	a B	4,3	a A	1,2	c B	2,1	b B
FM944 GL	1,7	a B	2,3	c A	1,2	c B	2,2	b A
BRS293	1,3	b B	2,3	c A	1,7	b B	2,2	b A
FM913	2,0	a A	2,0	c A	1,2	c B	2,2	b A
BRS336	1,0	b B	2,0	c A	1,2	c B	2,3	b A
TMG41	2,0	a A	2,0	c A	1,8	a A	2,3	b A
BRS369 RF	1,0	b B	1,5	d B	2,7	a A	2,3	b A
BRS335	1,0	b B	1,0	d B	1,1	c B	2,4	b A
FM983 GLT	1,7	a B	3,0	b A	1,4	b B	2,4	b A
DP1536 B2RF	2,3	a A	2,3	c A	1,6	b B	2,5	b A
BRS371 RF	1,7	a B	2,0	c B	1,7	b B	2,5	b A
FM980 GLT	1,0	b B	2,0	c A	1,5	b B	2,6	b A
TMG43	1,7	a C	3,3	b A	1,8	a C	2,6	b B
TMG47 B2RF	1,7	a B	2,3	c A	1,9	a B	2,7	b A
TMG82 WS	1,7	a B	1,3	d B	2,0	a B	2,7	b A
FM954 GLT	2,2	a A	2,0	c A	2,3	a A	2,7	b A
BRS368 RF	1,3	b B	2,3	c A	1,7	b B	2,8	a A
FM940	2,2	a A	1,3	d B	2,1	a A	2,8	a A
MAC-2	2,0	a A	2,3	c A	2,1	a A	2,8	a A
IMA8276 WS	1,5	b B	2,5	c A	2,2	a A	2,9	a A
IAC25	2,0	a B	2,0	c B	2,2	a B	3,2	a A
IMA8405 GLT	1,3	b C	1,3	d C	2,4	a B	3,2	a A
IMA2106 GL	1,8	a B	1,0	d C	2,0	a B	3,2	a A
IAC24	2,0	a B	1,0	d C	2,3	a B	3,3	a A
TMG48 B2RF	2,2	a B	2,0	c B	2,5	a B	3,5	a A
TMG11	1,7	a B	2,0	c B	2,4	a B	3,6	a A
TMG44 B2RF	1,7	a B	2,5	c B	2,1	a B	3,7	a A
CV (%)	20,68							
H ² (%)	85,56							

¹ Médias seguidas pelas mesmas letras minúsculas na vertical e letras maiúsculas na horizontal constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo teste de Scott Knott a 5% de probabilidade. CV(%): coeficiente de variação; H²(%): coeficiente de determinação genotípico.

No tempo de 68 horas em 40 mM os genótipos foram classificados em dois agrupamentos distintos com notas variando entre 1,5 (IMA5675 B2RF) e 3,7 (TMG44

B2RF). Apesar de o genótipo TMG44 B2RF também demonstrar suscetibilidade pelo método *straw test*, nos demais genótipos, não houve correspondência clara com o método. A avaliação de 44 h em 20 mM separou os materiais em maior número de grupos, quatro no total, com notas desde 1,0 (IMA2106 GL, IAC24, BRS335) até 4,3 (DP1552).

O coeficiente de variação do experimento foi de 20,68%. Kolkman e Kelly (2000) relataram coeficientes de variação de 14,1 a 20,3% em estudo do efeito do ácido oxálico no feijoeiro, valores bastante próximos ao do presente trabalho.

Segundo Hüller et al. (2016), a classificação dos genótipos pode mudar em função do método de avaliação utilizado, variando entre altamente resistente até suscetível para o mesmo genótipo. O autor verificou que alguns genótipos de soja podem ser classificados como resistente pelo método *straw test* e suscetíveis pelo método de ácido oxálico. O mesmo comportamento foi observado no presente trabalho.

O fungo produz várias enzimas que degradam componentes da parede celular (HEGEDUS; RIMMER, 2005; LUMSDEN, 1979.), contudo, enzimas de degradação de lignina não foram relatados para *S. sclerotiorum* (PELTIER; HATFIELD; GRAU, 2009). Oxalato provoca um aumento acentuado na produção de fitoalexinas em algodão (DAVIS et al., 1992), outras espécies de plantas desenvolveram mecanismos de remoção de oxalato apoplástico e produção de H₂O₂ no processo de expressão da enzima oxalato oxidase (LANE et al., 1993, WOJTASZEK, 1997, ZHOU et al., 1998). Estas espécies incluem trigo e cevada, que não são hospedeiros adequados para *S. sclerotiorum* (BOLAND; HALL, 1994).

No algodoeiro estes fatores podem ter interferido no processo de avaliação pelo método indireto de ácido oxálico, já que notas mais altas podem mascarar genótipos com possível resistência além de não ter sido observada correspondência entre o método *straw test* e de ácido oxálico. Há necessidade de estudos para adaptação de método indireto para avaliação de mofo branco em algodoeiro.

Wegulo, Yang e Martinson (1998) utilizaram o coeficiente de Spearman para correlacionar genótipos inoculados em condições controladas com os mesmos genótipos em experimentos de campo. Chen e Wang (2005) utilizaram esse coeficiente para correlacionar diferentes métodos de inoculação. Souza et al. (2016) também empregaram a correlação de Spearman com o intuito de comparar método de *straw test* e ácido oxálico para resistência de feijoeiro ao mofo branco.

Na Tabela 11 são observadas as correlações entre os dados de lesão e severidade

dos isolados provenientes de soja e algodão com as notas de ácido oxálico. Não foi verificada correlação entre os diferentes tratamentos de ácido oxálico com a metodologia *straw test* para os genótipos de algodoeiro testados. Souza et al. (2016) verificaram a falta de correlação entre avaliações fenotípicas de feijoeiro pelo teste de ácido oxálico e *straw test*, o que confirma a existência de múltiplos genes controlando a resistência fisiológica ao mofo branco. Hüller et al. (2016) não observaram relação entre as severidades e notas de murchamento obtidos com as metodologias *straw test* e ácido oxálico para cultura da soja.

TABELA 11. Coeficiente de correlação de Spearman para as metodologias de ácido oxálico e *straw test* utilizadas para avaliação de genótipos de algodoeiro quanto à resistência à *S. sclerotiorum*. Uberlândia-MG, 2016.

Método ácido oxálico		Método <i>straw test</i>	Correlação
20mM 20h	x	Lesão Algodão	-0,413
20mM 44h	x	Lesão Algodão	-0,344
40mM 44h	x	Lesão Algodão	0,064
40mM 68h	x	Lesão Algodão	0,003
20mM 20h	x	Lesão Soja	-0,006
20mM 44h	x	Lesão Soja	0,198
40mM 44h	x	Lesão Soja	-0,173
40mM 68h	x	Lesão Soja	-0,215
20mM 20h	x	Severidade algodão	-0,192
20mM 44h	x	Severidade algodão	-0,285
40mM 44h	x	Severidade algodão	-0,020
40mM 68h	x	Severidade algodão	0,005
20mM 20h	x	Severidade soja	-0,104
20mM 44h	x	Severidade soja	0,262
40mM 44h	x	Severidade soja	-0,280
40mM 68h	x	Severidade soja	-0,329

5 CONCLUSÕES

Os genótipos mais resistentes à *S. sclerotiorum* foram FM 944 GL, MAC-2 e IMA 2106 GL, sendo promissores para manejo em áreas com histórico de mofo branco e os mais suscetíveis foram os cultivares FM975 WS, TMG44 B2RF e BRS293.

O isolado de *S. sclerotiorum* proveniente de algodoeiro demonstrou maior agressividade para inoculação em plantas de algodão.

Com base nos parâmetros genéticos verificou-se que o ambiente de incubação em câmara de crescimento proporcionou condições mais adequadas para avaliação de resistência ao mofo branco.

Pelo método de avaliação indireta por ácido oxálico não foi possível avaliação de resistência do algodoeiro ao mofo branco.

Através das análises multivariadas pelos métodos UPGMA e Tocher, constatou-se que os genótipos avaliados são divergentes entre si.

6 REFERÊNCIAS

- ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Epidemiology of diseases caused by *Sclerotinia* species. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 69, p. 899-904, 1979.
- ABAWI, G. S.; GROGAN, R. G. Source of primary inoculum and effects of temperature and moisture on infection of beans by *Whetzelinia sclerotiorum*. *Phytopathology*, Saint Paul, v. 65, p. 300-309, 1975.
- ABREU, M. J. **Caracterização de isolados do agente causal do mofo branco do feijoeiro**. UFLA, 2011. 73f. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- AGRIOS, G. N. **Plant pathology**. San Diego: Academic Press. 5. ed. 2005. 922 p.
- AGROFIT. **Sistema de agrotóxicos fitossanitários**. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 26 fev. 2017.
- ALMEIDA, A. M. R.; PEREIRA, L. P.; YORINORI, J. T.; SILVA, J. F. V.; HENNING, C. V.; GODOY, L. M.; COSTAMILAN, L. M.; MEYER, M. C. Doenças da soja. In: KIMATI, H.; AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIN FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4. ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v. 2. cap. 64, p. 569-588, 2005.
- ANTÔNIO, R. P. **Identificação de QTLs de resistência ao mofo branco e de mecanismos bioquímicos envolvidos na resposta de defesa em feijoeiro**. UFLA, 2011. 155 p. Tese (Doutorado em Genética e Melhoramento de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras.
- ANTÔNIO, R. P.; SANTOS, J. B.; SOUZA, T. P.; CARNEIRO, F. F. Genetic control of the resistance of common bean to white mold using the reaction to oxalic acid. *Genetics and Molecular Research*, Ribeirão Preto, v. 7, p. 733-740, 2008. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4238/vol7-3gmr466>>. Acesso em: 05 mai. 2017.
- ARAHANA, V. S.; GRAEF, G. L.; SPECHT, J. E.; STEADMAN, J. R.; ESKRIDGE, K. M. Identification of QTLs resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in soybean. *Crop Science*, Madison, v. 41, n. 1, p. 180-188, 2001.
- ARAÚJO, A. E. Novas doenças surgem no cerrado. *Visão Agrícola*. Piracicaba, v. 3, n. 6, p. 42-43, 2006.
- ARAÚJO, A. L. **Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em sementes de algodão, milho e soja para estimular a germinação**. Piracicaba, 2015. 90p. Dissertação (Mestre em Ciências, Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo, 2015.

ARAÚJO, L. F. de; ALMEIDA, W. S.; BERTINI, C. H. C. M.; VIDAL NETO, F. C.; BLEICHER, E. The use of different clustering methods in the evaluation of genetic diversity in upland cotton. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 45, n. 2, p. 312-318, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE PRODUTORES DE ALGODÃO. **A cadeia do algodão brasileiro: desafios e estratégias**. Ribeirão Preto: Fundace, Biênio 2011/2012. 85 p.

BARDIN, S. D.; HUANG, H. C. Research on biology and control of *Sclerotinia sclerotiorum* in Canada. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Ontario, v. 23, n. 1, p. 88-98, 2001.

BASTIEN, M.; HUYNH, T. T.; GIROUX, G.; IQUIRA, E.; RIOUX, S.; BELZILE, F. A reproducible assay for measuring partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v. 92, n. 1, p. 279-288, 2012.

BASTIEN, M.; SONAH, M.; BELZIL, F. Genome wide association mapping of *Sclerotinia sclerotiorum* resistance in soybean with a genotyping-by-sequencing approach. **The Plant Genome**, Madison, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2014.

BATEMAN, D. F.; BEER, S. V. Simultaneous production and synergistic action of oxalic acid and polygalacturonase during pathogenesis of *Sclerotium rolfsii*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 55, p. 204-211, 1965.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. (Ed.). **Agronegócio do algodão no Brasil**. 2. ed. v. 2, Brasília: EMBRAPA, 2008. 1309p.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. **Fisiologia e ecofisiologia do algodoeiro**. Dourados: Embrapa Algodão, p. 54-75, 2006.

BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G. de; GUERRA, J. S.; TAKIZAWA, E. **Manejo cultural do algodoeiro herbáceo na região do cerrado**. In: FARIA, F. J. C.; AGUIAR, P. H.; FREIRE, E. C.; HIROMOTO, D. M. (Ed.) Mato Grosso: liderança e competitividade. Rondonópolis: Fundação MT, 1999. p. 70-86 (Fundação MT. Boletim, 3)

BERTINI, C. H. C. de M.; SCHUSTER, I.; SEDIYAMA, T.; BARROS, E. G. de; MOREIRA, M. A. Characterization and genetic diversity analysis of cotton cultivars using microsatellites. **Genetics and Molecular Biology**, v. 29, p. 321-329, 2006. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-47572006000200021>. Acesso em: 27 set. 2017.

BIRMINGHAM, W. Another fungus attacking cotton. **Agricultural Gazette of New South Wales**, Sydney, v. 1, p. 797-798, Nov. 1924.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Evaluating soybean cultivars for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* under field conditions. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 71, n. 1, p. 934-936, 1987.

BOLAND, G. J.; HALL, R. Index of plant hosts of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal of Plant Pathology**, Guelph, v. 16, p. 93-108, 1994.

BOLTON, M. D.; THOMMA, B. P. H. J.; NELSON, B.D. *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary: biology and molecular traits of a cosmopolitan pathogen. **Molecular Plant Pathology**, London, v. 7, n. 1, p. 1-13, 2006.

CABI DATABASES. **Dictionary of the Fungi**. Oxfordshire: CABI, 2017. Disponível em: <<http://www.speciesfungorum.org/names/fundic.asp>>. Acesso em: 23 abr. 2017.

CANTELLI, D. A. V.; HAMAWAKI, O. T.; ROCHA, M. R.; NOGUEIRA, A. P. O.; HAMAWAKI, R. L.; SOUSA, L. B.; HAMAWAKI, C. D. L. Analysis of the genetic divergence of soybean lines through hierarchical and Tocher optimization methods. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 4, 2016.

CAIRES, A. M. **Reação de genótipos de soja transgênicos e convencionais à podridão branca da haste**. UFU, 2011. 43p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

CARNEIRO, F. F. **Genética da resistência do feijoeiro ao mofo branco e uso do retrocruzamento assistido por marcadores microssatélite**. 2009. 85 f. Dissertação (Mestrado em Genética e melhoramento de plantas) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2009.

CARVALHO, L. P.; LANZA, M. A.; FALLIERI, J.; SANTOS, J. W.; dos. Análise da diversidade genética entre acessos de banco ativo de germoplasma de algodão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília , v. 38, n. 10, p. 1149-1155, 2003. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2003001000003>>. Acesso em: 29 set. 2017.

CASTRO, L. H. S.; AGUIAR, L. H. M.; LERNES, E. M.; SILVA JÚNIOR, E. G.; REIS, M. C.; GOMES, B. C.; FERREIRA, J. F. M.; CARDOSO, D. B.; SOUZA, L. B. Avaliação da resistência de genótipos de algodoeiro branco e Colorido à *Sclerotinia sclerotiorum* pelo método straw test. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7, 2016. Foz do Iguaçu. **Anais...** Brasília: Embrapa, 2016. p. 541.

CASTRO, L. H. S. **Resistência de genótipos de soja a isolados de *Sclerotinia sclerotiorum* em casa de vegetação e câmara de crescimento**. 2015. 58f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2015.

CESSNA, S. G., SEARS, V. E., DICKMAN, M. B., LOW, P. S. Oxalic acid, a pathogenicity factor for *Sclerotinia sclerotiorum*, suppresses the oxidative burst of the host plant. **The Plant Cell**, Rockville, v. 12, n. 11, p. 2191-2199, Nov. 2000.

CHARCHAR, M. C. D.; ANJOS, J. R. N.; OSSIPPI, E. Ocorrência de nova doença do algodoeiro irrigado, no Brasil, causada por *Sclerotinia sclerotiorum*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, p. 1101-1106, 1999.

CHEN, Y.; WANG, D. Two convenient methods to evaluate soybean for resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 89, n. 1, p. 1268-1272, 2005.

CHITARRA, L. G. Poder destrutivo (mofo branco em algodoeiro). **Cultivar**, Pelotas RS, p. 36-38, jun. 2008.

CHITARRA, L. G. Mofo branco em algodoeiro. Campina Grande, PB: Embrapa Algodão, 2007. 3 p. (Comunicado Técnico, 336).

CHUN, D.; KAO, L. B.; LOCKWOOD, J. L.; ISLEIB, T. G.; Laboratory and field assessment of resistance in soybean to stem rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 71, n. 9, p. 811-815, 1987.

COBER, E. R.; RIOUX, S.; RAJCAN, I.; DONALDSON, P. A.; SIMMONDS, D.H. Partial resistance to white mold in a transgenic soybean line. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 1, p. 92-95, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Acompanhamento da safra brasileira de grãos**: Março 2017. Brasília: CONAB, 2017. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_03_14_15_28_33_boletim_graos_marco_2017bx.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2017.

COUTINHO, T. C.; GUIMARÃES, M. A.; VIDAL, M. S. Determinação da diversidade genética entre acessos de algodão por meio de marcadores microssatélites. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 5, p. 1447-1458, 2014.

CRUZ, C. D.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: UFV, 2003. 585 p.

CRUZ, C. D.; FERREIRA, F. M.; PESSONI, L. A. **Biometria aplicada ao estudo da diversidade genética**. Visconde do Rio Branco, MG: Suprema, 2011, 620p.

CRUZ, C. D. Genes Software – extended and integrated with the R, Matlab and Selegen. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 38, n. 4, p. 547-552, 2016. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/asagr/v38n4/1807-8621-asagr-38-04-00547.pdf>>. Acesso em 21 dez. 2017.

CRUZ, C. D.; REGAZZI, A. J.; CARNEIRO, P. C. S. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa, MG: UFV, 2012. v. 1, 514 p.

CUNHA, W. G.; TINOCO, M. L. P.; PANCOTI, H. L.; RIBEIRO, R. E.; ARAGÃO, F. J. L. High resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* in transgenic soybean plants transformed to express and oxalate decarboxylase gene. **Plant Pathology**, Oxford, v. 59, p. 654-660, 2010.

CUNHA NETO, J.; BERTINI, C. H. C. M.; SILVA, A. P. M. S. Divergência genética entre genitores de algodoeiro de fibras brancas e coloridas. **Agrária**, Recife, v. 10, n. 4, p. 492-498, 2015.

DAVIS, D. A.; TSAO, D.; SEO, J. H.; EMERY, A., LOW, P.S., AND HEINSTEIN, P. Enhancement of phytoalexin accumulation in cultured plant cell by oxalate. **Phytochemistry**, Amsterdã, v. 31, p. 1603–1607, 1992.

DIAS, A. R.; GUAZINA, R. A.; FERREIRA, C. B.; BALDASSO, T. B.; PRANDO, F. P.; VIEIRA, V. L. B.; DIAS, L. R. M. Controle químico de mofo branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) em algodão adensado cultivado na safrinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 8., 2011, São Paulo. Evolução da Cadeia para Construção de um Setor Forte: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p. 361-267. 1 CD-ROM.

DOMSCH, K. H.; GAMS, W.; ANDERSON, T. H. **Compendium of soil fungi**. v. 1, London: Academic Press, 1980, 860 p.

ECHANDI, E.; WALKER, J. C. Pectolytic enzymes produced by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 47, n. 1, p. 303-306, 1957.

ELIAS, H. T.; VIDIGAL, M. C. G.; GONELA, A.; VOGT, G. A. Variabilidade genética em germoplasma tradicional de feijão-preto em Santa Catarina. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. v. 42, n. 10, p. 1443-1449, 2007.

FARRIS, J. S. On the cophenetic correlation coefficient. **Systematic Biology**, Oxford, v. 18, p. 279-285, 1969.

FUZZATO, M. G. Melhoramento genético do algodoeiro. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. (Eds.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: POTAPOS, 1999. p. 15-34.

GARCIA, R. **Produção de inóculo, efeito de extratos vegetais e de fungicidas e reação de genótipos de soja à Sclerotinia sclerotiorum**. 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitopatologia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2008.

GASPAROTTO, L. **Sobrevivência de Sclerotinia sclerotiorum em solos cultivados com gramíneas e controle químico da podridão de alface**. Viçosa, 1980. 42f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1980.

GILIO, T. A. S.; ARAÚJO, D. V.; KRAUSE, W.; ROSA, H. H. R.; ASCARI, J. P. Genetic divergence among cotton genotypes grown in the main season and off season. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 30, n. 2, p. 377-390, 2017. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/1983-21252017v30n213rc>>. Acesso em: 07 set. 2017.

GRIS, C. F.; PINHO, E. V. R. V.; CARVALHO, M. L. M.; DINIZ, R. P.; ANDRADE, T. Lignificação da planta e qualidade de sementes de soja RR pulverizadas com herbicida glifosato. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 60, n. 2, p. 286–292, 2013.

GUIMARÃES, R. L.; STOTZ, H. U. Oxalate production by *Sclerotinia sclerotiorum* deregulates guard cells during infection. **Plant Pathology**, Oxford, v. 136, n. 3, p. 3703-3711, 2004.

HALL, R.; PHILLIPS, L. G. Field evaluation of the straw test for assessing resistance of dry bean to white mold. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 41, n. 2, p. 171-172, 1998.

HEGEDUS, D. D.; RIMMER, S. R. *Sclerotinia sclerotiorum*: When “to be or not be” a pathogen? **FEMS Microbiology Letters**, Oxford, v. 251, p. 177-184, 2005.

HOFFMAN, D. L.; CHONG, J.; JACKSON, E. W.; OBERT, D. E. Characterization and mapping of a crown rust resistance gene complex (*Pc58*) in TAM O-301. **Crop Science**, Madison, v. 46, n. 1, p. 2630-2635, 2006. Disponível em: <<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC150167/>>. Acesso em: 05 ago. 2017.

HOFFMAN, D. D.; DIERS, B. W.; HARTMAN, G. L.; NICKELL, C. D.; NELSON, R. L.; PEDERSEN, W. L.; COBER, E. R.; GRAEF, G. L.; STEADMAN, J. R.; GRAU, C. R.; NELSON, B. D.; DEL RIO, L. E.; HELMS, T.; ANDERSON, T.; POYSA, V.; RAJCAN, I.; AND STIENSTRA, W. C. Selected soybean plant introductions with partial resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 86, n. 9, p. 971-980, 2002.

HÜLLER, G. C.; JACCOUD FILHO, D. S.; PIERRE, M. L. C.; TULLIO, H. E.; GRABICOSKI, E. M. G.; JULIATTI, F. C. Different methods of assessing susceptibility of soybean genotypes to white mold. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 32, n. 2, p. 389-402, Mar./Apr. 2016

IQBAL, M. J.; REDDY, O. U. K.; EL-ZIK, K. M.; PEPPER, A. E. A genetic bottleneck in the evolution under domestication of upland cotton *Gossypium hirsutum* L. examined using DNA fingerprinting. **Theoretical and Applied Genetics**. Berlim, v. 103, n. 4, p. 547-554, 2001.

IRANI, H.; HEYDARI, A.; JAVAN-NIKKHAH, M.; İBRAHIMOV, A. S. Pathogenicity variation and mycelial compatibility groups in *Sclerotinia sclerotiorum*. **Journal of Plant Protection Research**, Poznań, v. 51, n. 4, p. 329-336, 2011.

JOHNSON, R. A critical analysis of durable resistance. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v. 22, n. 1, p. 309-330, 1984.

JULIATTI, F. C.; CAIRES, A. M.; JULIATTI, B. C. M.; BORIN, M. R.; SOUZA FILHO, D. J. Reação de genótipos de soja transgênicos e convencionais à podridão branca da haste. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 4, n. 4, p. 921-931, 2013.

JULIATTI, F. C.; FIGUEIRÓ, A. A.; GARCIA, R. A.; SANTOS, J. B.; MACHADO, J. C.; POZZA, E. A.; LÔBO JÚNIOR, M.; CIVARDI, E. A.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; LEHNER, M. S.; LIMA, R. C.; JACCOULD FILHO, D. S. *Sclerotinia sclerotiorum* e mofo branco: estudos básicos e aplicados. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, Passo Fundo, v. 23, p. 159-194, 2015.

JULIATTI, F. C.; JULIATTI, F. C. A. **Podridão branca da haste da soja: manejo e uso de fungicidas em busca da sustentabilidade nos sistemas de produção**. Uberlândia, Composer, 33p. 2010.

JULIATTI, F. C.; SAGATA, E.; JACCOUD FILHO D. S.; JULIATTI, B. C. M. Métodos de inoculação e avaliação da resistência de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum*. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 30, n. 4, p. 958-968, July/Aug. 2014.

KANG, S., XIAO, L., MENG, L., ZHANG, X., SUN, R. Isolation and structural characterization of lignin from cotton stalk treated in an ammonia hydrothermal system. **International Journal of Molecular Sciences**. Basel, v. 13, n. 11, p. 15209-15226, 2012. Disponível em: <<http://www.mdpi.com/1422-0067/13/11/15209>>. Acesso em 01 Out. 2017.

KIM, H. S.; DIERS, B. W. Inheritance of partial resistance to *Sclerotinia* stem rot in soybean. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 1, p. 55-61, 2000.

KOGA, L. J.; BOWEN, C. R.; GODOY, C. V.; OLIVEIRA, M. C. N.; HARTMAN, G. L. Mycelial compatibility and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum* isolates from Brazil and the United States. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 49, n. 4, p. 265-272, 2014.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, J. D. An indirect test using oxalate to determine physiological resistance to white mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 40, p. 281-285, 2000.

KOLKMAN, J. M.; KELLY, F. D. QTL conferring resistance and avoidance to White mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 43, n. 2, p. 539-548, Mar./Apr. 2003.

KULL, L. S.; PEDERSEN, W. L.; PALMQUIST, D.; HARTMAN, G. L. Mycelial compatibility grouping and aggressiveness of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**. Saint Paul, v. 88 n. 4, p. 325-332, 2004.

LANE, B. G.; DUNWELL, J. M.; RAY, J. A.; SCHMITT, M. R.; AND CUMING, A. C. Germin, a protein marker of early plant development, is an oxalate oxidase. **The Journal of Biological Chemistry**. V. 268, p. 12239-12242, 1993.

LEHNER, M. S.; LIMA, R. C.; PRADO, A. L.; TEIXEIRA, H.; PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F. Controle do mofo-branco do feijoeiro com aplicação de gesso via água de irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 85., 2008. Campinas. **Anais...** Campinas: IAC, 2008. p. 936-938.

LEITE, R. M. V. B. C. **Ocorrência de doenças causadas por *Sclerotinia sclerotiorum* em girassol e soja**. Londrina: Embrapa Soja, 2005. 3 p. (Embrapa Soja. Comunicado Técnico, 76).

LU, G. Engineering *Sclerotinia sclerotiorum* resistance in oilseed crops. **African Journal of Biotechnology**, Nairobi, v. 2, n. 12, p. 509-516, Dec. 2003.

LUMSDEN, R. D. Histology and physiology of pathogenesis in plant diseases caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 69, n. 8, p. 890-895, 1979. Disponível em: <http://www.apsnet.org/publications/phytopathology/backissues/Documents/1979Articles/Phyto69n08_890.PDF>. Acesso em: 05 set. 2017.

MAAS, A. L; DASHIELL, K. E.; MELOUK, H. A. Planting Density Influences Disease Incidence and Severity of *Sclerotinia* Blight in Peanut. **Crop Science**, Madison, v. 46,

p. 1341-1345, 2006.

MACMILLAN, C.P., BIRKE, H., BEDON, F., PETTOLINO, F.A. Lignin Deposition in Cotton Cells – Where is the lignin? **Journal of plant biochemistry and physiology**, v. 1, n. 2 p. 1-4, 2013. Disponível em: <doi:10.4172/jpbp.1000e106>. Acesso em: 10 ago. 2017.

MARANI, A. Heterosis and combining ability for yield and components of yield in a diallel cross of two species of cotton. **Crop Science**, Madison, v. 3, n. 3, p. 552-555, 1963.

MARANI, A.; AVIELI, E. Heterosis during the early phases of growth in intraspecific and interspecific crosses of cotton. **Crop Science**, Madison, v. 13, n. 1, p. 15-18, 1973.

MASCARENHAS, H. A. A.; ITO, F.M. Soja IAC/IAS-5: Cultivar suscetível ao cancro da haste. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 2, p. 267-269, 1998.

MAXWELL, D. P.; LUMSDEN, R. D. Oxalic acid production by *Sclerotinia sclerotiorum* in infected bean and in culture. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 60, n. 1, p. 1395-1398, 1970.

MCCARTY, J. C.; WU, J.; JENKINS, J. N. Use of primitive derived cotton accessions for agronomic and fiber traits improvement. **Crop Science**, v. 47, n. 1, p. 100-110, 2007.

MEHTA, Y. R.; MENTEN, J. O. M. Doenças e seu Controle. In: Fundo de Apoio a Pesquisa do Algodão. **Algodão – Pesquisas e Resultados para o Campo**. Cuiabá: FACUAL, 2006. 392 p.

MEYER, M. C.; CAMPOS, H. D.; GODOY, C. V. UTIAMADA, C. M. **Ensaios cooperativos de controle de mofo branco na cultura da soja: safras 2009 a 2012**. Londrina: Embrapa Soja, 2014, 100 p. (Documentos 345).

MIKLAS, P. N.; SOULE, M.; PORTER, L.; BLAIR, M. Comprehensive QTL linkage map or resistance to Sclerotinia white mold in common bean. **Phytopathology**, Saint Paul v. 99, n. 6, p. 86, 2009. (Suplemento).

MIKLAS, P. N.; DELORME, R.; HANNAN, R.; DICKSON, M. H. Using a subsample of the core collection to identify new sources of resistance to White mold in common bean. **Crop Science**, Madison, v. 39, n. 2, p. 569–573, Mar./Apr. 1999.

MIKLAS, P. N.; DELORME, R.; JOHNSON, W. C.; GEPTS, P. QTL conditioning physiological resistance and avoidance to white mold dry bean. **Crop Science**, Madison, v. 41, n. 2, p. 309–315, Mar./Apr. 2001.

MILA, A. L.; YANG, X. B. Effects of fluctuating soil temperature and water potential on sclerotia germination and apothecial production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 92, n. 1, p. 78-82, 2008. Disponível em: <<https://doi.org/10.1094/PDIS-92-1-0078>>. Acesso em: 26 set. 17.

NAPOLEÃO, R.; NASSER, L. C. B.; FREITAS, M. A. **Importância da análise sanitária de sementes para o manejo da esclerotinia no cerrado**. Planaltina, D.F.: Embrapa Cerrados, 2001, 2 p. (Embrapa Cerrados. Recomendação Técnica, 49).

NOGUEIRA, A. P. O. **Correlações, análise de trilha e diversidade fenotípica e molecular em soja**. Viçosa, 2011. 139f. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) Faculdade de Ciências agrárias, Universidade Federal de Viçosa, 2011.

PALTI, J. Sclerotinia diseases of irrigated crops. **Hassadeh**, Tel Aviv, v. 40, p. 450-451, 1960.

PARLEVLIET, J. E. Durability of resistance against fungal, bacterial and viral pathogens, present situation. **Euphytica**, Wageningen, v. 124, n. 2, p. 147-156, 2002.

PARLEVLIET, J. E. Present concepts in breeding for disease resistance. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 7-15, 1997. Suplemento.

PARLEVLIET, J. E.; ZADOKS, J. C. The integrated concept of disease resistance; a new view including horizontal and vertical resistance in plants. **Euphytica**, Dordrecht, v. 26, n. 1, p. 5-21, 1977.

PASCUAL, A.; CAMPA, A.; PÉREZ-VEGA, E.; GIRALDEZ, R.; MIKLAS, P. N.; FERREIRA, J. J. Screening common bean for resistance to four *Sclerotinia sclerotiorum* isolates collected in northern Spain. **Plant disease**, Saint Paul, v. 94, n. 7, p. 885-890, 2010.

PAULA JÚNIOR, T. J.; VIEIRA, R. F.; LOBO JÚNIOR, M.; MORANDI, M. A. B.; CARNEIRO, J. E. S. Mofo branco. In: PRIA, M.D.; SILVA, O.C. **Cultura do feijão: doenças e controle**. Ponta Grossa: Editora UEPG, 2010. cap. 6 e 7.

PEACHEY, E.; LUDY R. L.; POWELSON, M. L.; MCGRATH, D. M. Modification of plant arrangement suppresses white mold of snap beans. **Hortscience**, Alexandria, v. 41, p. 1298-1302, 2006. Disponível em: <<http://hortsci.ashpublications.org/content/41/5/1298.full.pdf+html>>. Acesso em: 05 jul. 2017.

PELTIER, A. J.; HATFIELD, R. D.; GRAU, C. R. Soybean stem lignin concentration relates to resistance to *Sclerotinia sclerotiorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 93 p. 49-154, 2009.

PELTIER, A. J.; BRADLEY, C. A.; CHILVERS, M. I.; MALWICK, D. K.; MUELLER, D. S.; WISE, K. A.; ESKER, P. D.; Biology, yield loss and control of Sclerotinia stem rot of soybean. **Journal of Integrated Management**, Annapolis, v.3, n.2, p.1-7, 2012.

PENNA, J. C. V. Melhoramento do algodão. In: BORÉM, A. (Ed). **Melhoramento de espécies cultivadas**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2005, p. 15-53.

PETZOLDT, R.; DICKSON, M. H. Straw test for resistance to white mold in beans. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, Fort Collins, v. 39, p. 142-143, 1996.

POLAND, J. A.; BALINT-KURTI, P. J.; WISER, R. A.; PRATT, R. C.; NELSON, R. J. Shades of gray: the world of quantitative disease resistance. **Trends in Plant Science**, Cambridge, v. 14, p. 21-29, 2009.

PRATT, R. G.; ROWE, D. E. Differential responses of alfalfa genotypes to stem inoculations with *Sclerotinia sclerotiorum* and *S. trifoliorum*. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 75, n. 2, p. 188-191, 1991.

PRICE, K.; CALHOUN, J. Pathogenicity of isolates of *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) de Bary to several hosts. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 83, p. 232- 238, 1975.

RAMALHO, M. A. P.; ABREU, A. F. B.; SANTOS, J. B.; NUNES, J. A. R. Aplicações da genética quantitativa no melhoramento de plantas autógamas. Lavras: Editora UFLA, 2012. 522p

RAO, R. C. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley, 1952, 390p.

REZENDE, A. A. **Eficiência de diferentes produtos comerciais à base de *Trichoderma* spp. no controle da podridão branca da haste da soja**. 2011, 120f. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2011.

RESENDE, M. A. V. de; FREITAS, J. A. de; LANZA, M. A.; RESENDE, M. D. V. de; AZEVEDO, C.F. Divergência genética e índice de seleção via BLUP em acessos de algodoeiro para características tecnológicas da fibra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 3, 2014.

SABATO, E. O.; TEIXEIRA, F.F. **Processos para Avaliação da Resistência Genética de Genótipos de Milho aos Enfezamentos Causados por Molicutes**. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2015. 8 p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 210).

SAGATA, E. **Métodos de inoculação e avaliação da resistência de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum***. 2010. 58 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010.

SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; STANGARLIN, J. R.; PASCHOLATI, S. F. Mecanismos bioquímicos de defesa vegetal. In: PASCHOLATI, S. F.; LEITE, B.; STANGARLIN, J. R.; CIA, P. (Ed.). **Interação Planta Patógeno – fisiologia, Bioquímica e Biologia Molecular**. Piracicaba: FEALQ, 2008. p. 227-248.

SCHWARTZ, H. F.; SINGH, S. P. Breeding Common Bean for Resistance to White Mold: A Review. **Crop Science**, v. 53, p. 1832-1844, 2013. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2013.02.0081>>. Acesso em: 10 jul. 2017.

SCHWARTZ, H. F. STEADMAN, J. R.; HALL, R.; FORSTER, R. L. **Compendium of bean diseases**. 2. ed. **Phytopathology**, Saint Paul, 2005, 109 p.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. Factors affecting sclerotium populations of,

and apothecium production of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 68, n. 1, p. 383-386, 1978.

SCHWARTZ, H. F.; STEADMAN, J. R. White mold. In: SCHWARTZ, H.F.; PASTOR CORRALES, M.A. (Ed.) **Bean production problems in the tropics**. 2 ed. Cali:CIAT, 1989. p. 211-230.

SHI, H., LIU, Z., ZHU, L., ZHANG, C., CHEN, Y., ZHOU, Y., LI, F., LI, X. Overexpression of cotton (*Gossypium hirsutum*) dirigent gene enhances lignification that blocks the spread of *Verticillium dahliae*. **Acta Biochimica et Biophysica Sinica**, Oxford, v. 44, p. 555-564, 2012.

SIMON, G. A.; KAMADA, T.; MOITEIRO, M. Divergência genética em milho de primeira e segunda safra. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 449-458, 2012.

SINGH, P. S.; TERÁN, H. Evolution of screening methods for detection of physiological resistance to White mold in common bean. **Annual Report of the Bean Improvement Cooperative**, East Lansing, v. 51, p. 40-41, 2008.

SOKAL, R. R.; ROHLF, F. J. The comparison of dendograms by objective methods. **Taxon**, Berlin, v. 11, n. 2, p. 33-40, fev. 1962.

SOUZA, D. A.; BALESTRE, M.; PAMPLONA, A. K.; LEITE, M. E.; DIAS, J. A.; SANTOS, J. B. White mold resistance-associated quantitative trait loci in the Jalo x Small White common bean population. **Genetics and Molecular Research**, Ribeirão Preto, v. 15, n. 3 p. 1-15, 2016. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.4238/gmr.15038724>>. Acesso em: 07 out. 2017.

STANGARLIN, J. R.; KUHN, O. J.; TOLEDO, M. V.; PORTZ, R. L.; SCHWAN-ESTRADA, K. R. F.; PASCHOLATI, S. F. **Scientia Agraria Paranaensis**, Cascavel, v. 10, n. 1, p. 18-46, 2011.

STEADMAN, J. R. White mold – a serious yield-limiting disease of bean. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 67, n. 4, p. 346-350, 1983.

SUASSUNA, N. Ataque Branco. **Promoalgo**. Goiânia. v. 8, n. 143 8p. 2012.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado Brasileiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão, p. 479-521, 2007.

SUASSUNA, N. D.; MORELLO, C. de L.; FERREIRA, A. C. de B.; ARAÚJO, A. E. Incidência e severidade de mofo branco em genótipos de algodoeiro cultivados em safrinha. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1013-1020. 1 CD-ROM.

TERÁN, H.; SINGH, S. P. Response of dry bean genotypes with different levels of resistance to *Sclerotinia sclerotiorum* to three inoculation methods. **Annual Report of**

Bean Improvement Cooperative, East Lansing, v. 51, p. 218-219, 2008.

THOMÉ, G. C. H. **Genética e análise molecular da resistência parcial à ferrugem da folha em aveia**. 1999. 126 f. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

TOLÊDO-SOUZA, E. D. de; COSTA, J. L. da S. Métodos de inoculação de plântulas de feijoeiro para avaliação de germoplasma quanto à resistência a *Sclerotinia sclerotiorum* (Lib.) De Bary. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 33, n. 2, p. 57-63, jul./dez. 2003.

TUTUS, A.; EZICI, A. C.; ATES, S. Chemical, morphological and anatomical properties and evaluation of cotton stalks (*Gossypium hirsutum* L.) in pulp industry. **Scientific Research and Essays**, v. 5, n. 12, p. 1553-1560, 2010.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE. **Foreign Agricultural Service**. Washington DC, IPAD / PECAD, 2017 Disponível em <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/production.pdf>>. Acesso em: 09 mai 2017.

VAN DER PLANK, J. E. Host-Pathogen Interaction in Plant Disease. **Academic Press**, Cambridge, 1982, 250p.

VAZ PATTO, M. C.; SATOVIC, Z.; PÊGO, S.; FEVEREIRO, P. Assessing the genetic diversity of Portuguese maize germplasm using microsatellite markers. **Euphytica**, Wageningen, v. 137, n. 1, p. 63-72, 2004.

VIOLATTI, M. R. **Qualidade da fibra e diversidade genética em algodoeiro de fibra branca**. 2016. 44f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2016.

VIEIRA, R. O mofo branco do feijoeiro: feijão no inverno. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 17, p. 54-63, 1994.

WEGULO, S. N.; YANG, X. B.; MARTINSON, C. A. Soybean cultivar responses to *Sclerotinia sclerotiorum* in field and controlled environment studies. **Plant Disease**, Saint Paul, v. 82, n. 11, p. 1264-1270, 1998.

WILLIAMS, B.; KABBAGE, M.; KIM, H.; BRITT, R.; DICKMAN, M. B. Tipping the balance: *Sclerotinia sclerotiorum* secreted oxalic acid suppresses host defenses by manipulating the host redox environment. **PLoS Pathogens**, San Francisco, v. 7, n. 1, p. 1-10, 2011.

WILLETS, H. J.; WONG, J. A. L. The biology of *Sclerotinia sclerotiorum*, *S. trifoliorum* and *S. minor* with emphasis on specific nomenclature. **The Botanical Review**, New York, v. 46, n. 1, p. 101-165, 1980.

WOJTASZEK, P. Oxidative burst: An early plant response to pathogen infection. **Biochemical Journal**, London, J.322, p. 681–692, 1997.

ZANCAN, W. L. A.; PEREZ-HERNANDEZ, O. Transmission potential of *Sclerotinia sclerotiorum* to cotton seedlings from differential exposure times of seeds to mycelium.

Tampa, FL. **Phytopathology**, Tampa, v. 106, p. 194, 2016. (Suplemento)

ZANCAN, W. L. A.; STEADMAN, J. R.; HIGGINS, R.; JHALA, R.; MACHADO, J. C. Genetic and aggressiveness variation among *Sclerotinia sclerotiorum* dry bean isolates from Brazil fields. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 31, p. 1143-1151, 2015.

ZHOU, F.; ZHANG, Z.; GREGERSEN, P. L.; MIKKELSEN, J. D.; DE NEERGAARD, E.; COLLINGE, D. B.; THORDAL-CHRISTENSEN, H. Molecular characterization of the oxalate oxidase involved in the response of barley to the powdery mildew fungus. **Plant Physiology**, Rockville, v. 117, p. 33-41, 1998.

ZHOU, T.; BOLAND G. J. Mycelial growth and production of oxalic acid by virulent and hypovirulent isolates of *Sclerotinia sclerotiorum*. **Canadian Journal Plant Science**, Ottawa, v. 21, p. 93-99, 1999.

ZITO, R. K.; WRUCK, D. S. M.; FRONZA, V.; ARANTES, N. E. Reação de genótipos de soja à *Sclerotinia sclerotiorum*. In: REUNIÃO DE PESQUISA DE SOJA DA REGIÃO CENTRAL DO BRASIL, 27, 2005, Cornélio Procópio. **Anais...** Cornélio Procópio: Embrapa Soja, 2006. p. 362.