



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE FITOPATOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FITOPATOLOGIA

**Integração de resistência genética e fungicidas para o controle da
mancha-de-ramulária (*Ramulariopsis gossypii*) em algodoeiro**

Nédio Rodrigo Tormen

Brasília – DF

2018

NÉDIO RODRIGO TORMEN

Integração de resistência genética e fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária (*Ramulariopsis gossypii*) em algodoeiro

Tese apresentada à
Universidade de Brasília
como requisito parcial para a
obtenção do título de Doutor
em Fitopatologia pelo
Programa de Pós-Graduação
em Fitopatologia.

Orientador

Prof. Luiz Eduardo Bassay Blum, Ph.D.

BRASÍLIA - DISTRITO FEDERAL

BRASIL

2018

Trabalho realizado junto ao Departamento de Fitopatologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do **Professor Luiz Eduardo Bassay Blum**, com apoio do Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento – CNPq e do Instituto Phytus.

Integração de resistência genética e fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária (*Ramulariopsis gossypii*) em algodoeiro

Nélio Rodrigo Tormen

TESE APROVADA em ___/___/_____, por:

Dr. Alderi Emídio de Araújo
Examinador externo – Embrapa Algodão

Dra. Cristina Schetino Bastos
Examinador externo – UnB-PPG-FAV

Dr. Danilo Batista Pinho
Examinador interno – UnB-PPG-FIT

Ph.D. Luiz Eduardo Bassay Blum
Orientador (Presidente)

BRASÍLIA – DISTRITO FEDERAL
BRASIL

2018

FICHA CATALOGRÁFICA

Tormen, Nédio Rodrigo.

Integração de resistência genética e fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária (*Ramulariopsis gossypii*) em algodoeiro / Nédio Rodrigo Tormen.

Brasília, 2018.

105 p. il.

Tese de doutorado. Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, Universidade de Brasília, Brasília.

1. *Ramulariopsis gossypii* – controle de doenças em algodão.

I. Universidade de Brasília. PPG/FIT.

II. Integração de resistência genética e fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária (*Ramulariopsis gossypii*) em algodoeiro.

Dedicatória

“Dedico este trabalho à minha mãe, Claudete Aparecida Tormen, pelo amor, carinho e principalmente por sempre ter acreditado nos meus sonhos”.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à Deus por ter me dado a capacidade e persistência necessários para superar os desafios desta tese.

À Universidade de Brasília e ao Programa de Pós-graduação em Fitopatologia, por possibilitar a realização desse doutorado que me proporcionou tamanho crescimento pessoal e profissional.

Aos professores do PPG/FIT, pelos ensinamentos que serviram como alicerce para a condução da tese e servirão como base para toda a carreira profissional.

Ao Conselho Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento (CNPQ), pelo apoio financeiro através da bolsa.

Aos membros desta banca, Dr. Alderi Emídio de Araújo, Dra. Cristina Schetino Bastos e Dr. Danilo Batista Pinho, cujas contribuições certamente elevaram o nível deste trabalho.

Ao professor Luiz Eduardo Bassay Blum, cujos ensinamentos, amizade e orientação tornaram o curso desse doutorado um caminho mais fácil de ser trilhado.

Ao Instituto Phytus e toda a sua equipe, por fornecer toda a estrutura física e financeira que deram suporte à condução dos ensaios de campo.

À AGOPA, especialmente Rhudson Santo Assolari Martins, por realizar as análises da fibra de algodão e pelo treinamento ministrado.

À SLC Agrícola e à Fazenda Pamplona, especialmente Carlos Deves, por ceder a área para condução do experimento de campo e pela troca de informações.

À GM Agrícola e à Fazenda Samambaia, especialmente Morelos Thiago Verlage Mesquita, por ceder a área do experimento de campo e pela troca de informações.

À Bayer, especialmente Rodrigo Zeitune Perini, pelo apoio no processo de descaroçamento das amostras de algodão.

À minha esposa Larissa Gomes Araújo Tormen, por toda a compreensão, parceria, apoio, sugestões e pelas incontáveis horas de suporte à elaboração dessa tese.

À toda minha família, em especial minha mãe Claudete Aparecida Tormen, que apesar da distância segue acreditando nos meus sonhos.

A todos os meus colegas do Instituto Phytus, em especial Jéssika, Iago, Gabriel, Welton e Miguel, sem os quais não teria sido possível executar os ensaios de campo.

Enfim, agradeço a todos aqueles que de alguma forma contribuíram para a realização dessa tese e do doutorado como um todo.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS	iv
LISTA DE FIGURAS	vi
RESUMO GERAL	viii
GENERAL ABSTRACT	ix
1. INTRODUÇÃO GERAL	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	2
2.1 A cultura do algodoeiro	2
2.1.1 Origem e importância	2
2.1.2 Produção brasileira e mundial	3
2.1.3 Principais doenças do algodoeiro no Brasil	4
2.2 Mancha-de-ramulária (<i>Ramulariopsis gossypii</i>)	5
2.2.1 Importância econômica	5
2.2.2 Etiologia	6
2.2.3 Sintomatologia	6
2.2.4 Epidemiologia	7
2.2.5 Variabilidade genética	8
2.2.6 Controle da mancha-de-ramulária em algodoeiro	9
2.2.7 Fungicidas no controle da mancha-de-ramulária	10
2.2.8 Resistência de <i>Ramulariopsis gossypii</i> a fungicidas	11
2.3 Qualidade da fibra em algodoeiro	11
2.3.1 Classificação e parâmetros de qualidade da fibra	12
LITERATURA CITADA	16
<u>CAPÍTULO I. MANCHA-DE-RAMULÁRIA AFETANDO A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE DA FIBRA EM ALGODOEIRO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS</u>	21
RESUMO	22
ABSTRACT	23
1. INTRODUÇÃO	24
2. MATERIAL E MÉTODOS	26
2.1. Caracterização dos locais	26
2.2. Semeadura e manejo do algodoeiro	27

2.3.	Delineamento experimental e tratamentos	27
2.4.	Aplicação dos tratamentos fungicidas	28
2.5.	Condições de ambiente durante a condução dos experimentos.....	30
2.6.	Variáveis mensuradas	32
2.6.1.	Severidade da mancha-de-ramulária	32
2.6.2.	Produtividade de algodão em caroço	32
2.6.3.	Qualidade tecnológica da fibra.....	32
2.7.	Análise dos dados	33
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	34
3.1.	Área Abaixo da Curva de progresso da Ramulária (AACPD)	35
3.2.	Produtividade do algodão em caroço.....	36
3.3.	Qualidade da fibra: micronaire, comprimento, resistência e uniformidade	39
4.	CONCLUSÕES	42
	LITERATURA CITADA.....	43
	CAPÍTULO II. INTEGRAÇÃO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDA PARA O CONTROLE DA MANCHA-DE-RAMULÁRIA EM ALGODOEIRO.....	46
	RESUMO	47
	ABSTRACT	48
1.	INTRODUÇÃO	49
2.	MATERIAL E MÉTODOS	50
2.1.	Caracterização dos locais.....	50
2.2.	Semeadura e manejo do algodoeiro.....	50
2.3.	Delineamento experimental e tratamentos	51
2.4.	Aplicação dos tratamentos fungicidas	52
2.5.	Condições de ambiente durante a condução dos experimentos.....	54
2.6.	Variáveis mensuradas	55
2.6.1.	Severidade da mancha-de-ramulária	55
2.6.2.	Produtividade do algodão em caroço	56
2.7.	Análise dos dados	56
3.	RESULTADOS.....	56
3.1.	Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD)	57
3.2.	Produtividade do algodão em caroço.....	60
4.	DISCUSSÃO	64

5. CONCLUSÕES	66
LITERATURA CITADA.....	67
<u>CAPÍTULO III. RELAÇÃO ENTRE A MANCHA-DE-RAMULÁRIA E QUALIDADE DA FIBRA EM ALGODOEIRO</u>	70
RESUMO	71
ABSTRACT	72
1. INTRODUÇÃO	73
2. MATERIAL E MÉTODOS	74
2.1. Obtenção dos dados de AACPD e qualidade de fibra	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	77
4. CONCLUSÕES	86
LITERATURA CITADA.....	86
ANEXOS.....	89
Anexo I. Escala Diagramática (Aquino, 2006) utilizada para as avaliações da severidade da mancha-de-ramulária em algodoeiro.	89
Anexo II. Características técnicas fornecidas pelos detentores das cultivares de algodoeiro utilizadas.....	89
Anexo III. Especificações técnicas da ponta de pulverização utilizada para a aplicação dos tratamentos fungicidas.....	90

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Valores de referência para a interpretação do índice de micronaire da fibra de algodão.	13
Tabela 2. Valores de referência para interpretação dos resultados de comprimento da fibra de algodão.....	14
Tabela 3. Valores de referência para interpretação dos resultados de resistência da fibra de algodão.	15
Tabela 4. Valores de referência para interpretação dos resultados de uniformidade de comprimento da fibra de algodão.	15
Tabela 5. Propriedades químicas do solo (0 - 20 cm) em locais de condução de experimentos de controle químico da mancha-de-ramulária do algodoeiro em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.....	26
Tabela 6. Princípios ativos, produtos comerciais e doses aplicadas na cultura do algodoeiro em experimentos conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO nas safras 2014/15 e 2016/17.	27
Tabela 7. Data, estágio fenológico do algodoeiro e condições meteorológicas registradas no momento das aplicações dos fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.....	29
Tabela 8. Quadrados Médios Residuais (QMr) obtidos para as variáveis AACPD, produtividade, micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão e a relação entre o maior e menor QMr para cada parâmetro.	33
Tabela 9. Resumo da análise de variância para cada parâmetro e seu respectivo p-valor.	34
Tabela 10. Resumo geral da análise estatística e modelo de regressão utilizados para estudar a relação entre a Área Abaixo da Curva de Progresso da Ramulária (AACPD) e as variáveis de qualidade de fibra micronaire, comprimento, resistência e uniformidade.	40
Tabela 11. Propriedades químicas do solo (0 – 20 cm) nas áreas de Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2, onde foram conduzidos experimentos de manejo integrado da mancha-de-ramulária do algodoeiro.....	50
Tabela 12. Tratamentos definidos para o manejo integrado da mancha-de-ramulária do algodoeiro em diferentes locais e diferentes modos de aplicação de fungicida, associados a sete cultivares, em ensaios conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO durante a safra 2016/17.	51

Tabela 13. Data das aplicações, idade do algodoeiro e condições meteorológicas registradas no momento das aplicações dos tratamentos fungicidas em ensaios de campo conduzidos visando o controle integrado da mancha-de-ramulária em Planaltina/DF e Cristalina/GO, durante a safra 2016/17.	52
Tabela 14. Resumo da análise de variância demonstrando o efeito dos locais, cultivares e modo de aplicação de fungicida sobre os parâmetros AACPD e produtividade, em experimentos conduzidos com a cultura do algodoeiro durante a safra 2016/17.....	57
Tabela 15. Interação de cultivares de algodoeiro e fungicidas sobre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 (Safra 2016/2017).....	60
Tabela 16. Interação entre cultivares e fungicidas afetando a produtividade do algodão em caroço em ensaios em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 durante a safra 2016/2017...	63
Tabela 17. Resumo da análise de variância dos dados de micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão em diferentes cultivares de algodoeiro em experimentos conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO.	78
Tabela 18. Resumo da análise de variância dos dados de micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão sob diferentes níveis de severidade da mancha-de-ramulária em experimentos conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO. ...	78
Tabela 19. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis de qualidade da fibra micronaire, comprimento, resistência e uniformidade entre os experimentos de Planaltina/DF e Cristalina/GO.....	79

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área cultivada com algodoeiro, produção e produtividade de pluma dos cinco maiores produtores de algodão no mundo. Fonte: USDA, 2018..... 4
- Figura 2.** Aplicação dos tratamentos fungicidas na cultura do algodoeiro..... 29
- Figura 3. Condições de ambiente (precipitação, temperatura mínima e temperatura máxima) em experimentos de controle químico da mancha-de-ramulária do algodoeiro conduzidos em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017. 31
- Figura 4.** Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em algodoeiro submetido a tratamento com fungicidas. Box Plot representam resultados obtidos em 3 experimentos, conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO, durante as safras 2014/15 e 2016/17..... 36
- Figura 5.** Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e a produtividade do algodoeiro em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017. 37
- Figura 6.** Produtividade de algodão em caroço submetido a fungicidas, em experimentos conduzidos durante as safras 2014/15 e 2016/17 em Planaltina/DF e Cristalina/GO..... 38
- Figura 7.** Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão em experimentos de controle químico conduzidos em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017. 41
- Figura 8.** Aplicação dos tratamentos fungicidas na cultura do algodoeiro..... 53
- Figura 9.** Precipitação, temperatura mínima, máxima e umidade relativa em experimentos para o manejo integrado da mancha-de-ramulária conduzidos em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 durante a safra 2016/17. 55
- Figura 10.** Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em três experimentos conduzidos com algodoeiro na safra 2016/17. *Os valores representam a média de 7 cultivares e 5 modos de aplicação de fungicida..... 57
- Figura 11.** Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em algodoeiro submetido a aplicação de fungicida preventiva (Prev) ou curativamente (Cur) e com volume de calda a 50 ou 150 L ha⁻¹..... 58
- Figura 12.** Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em 7 cultivares de algodoeiro em ensaios durante a safra 2016/17..... 59

Figura 13. Produtividade do algodão em caroço em experimentos de controle integrado da mancha-de-ramulária, envolvendo cultivares e fungicida e conduzidos durante a safra 2016/17.....	61
Figura 14. Produtividade de algodão em caroço em 7 cultivares de algodoeiro em experimentos de controle integrado da mancha-de-ramulária (Safra 2016/17). Média de 3 experimentos e 5 modos de aplicação de fungicidas.....	62
Figura 15. Produtividade do algodoeiro com aplicação de fungicida de modo preventivo (Prev) ou curativo (Cur) e com dois volumes de calda (50 ou 150 L ha ⁻¹), Média de 3 ensaios com 7 cultivares.....	62
Figura 16. Equipamento utilizado para separar a pluma dos caroços (sementes) (A), pluma de algodão (B), caroços (C) e detalhe do equipamento HVI (<i>High Volume Instrument</i>) (D).	76
Figura 17. Características de qualidade da fibra (micronaire, comprimento, resistência e uniformidade) para cultivares de algodoeiro em experimentos de controle da mancha-de-ramulária conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO, 2017.	80
Figura 18. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as características de qualidade da fibra em cultivares de algodoeiro. Planaltina/DF, 2017. ...	84
Figura 19. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as características de qualidade da fibra em cultivares de algodoeiro. Cristalina/GO, 2017. ...	85

RESUMO GERAL

TORMEN, Nédio Rodrigo. **Integração de resistência genética e fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária (*Ramulariopsis gossypii*) em algodoeiro**. 2018. 105p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Universidade de Brasília, Brasília, DF.

A mancha-de-ramulária (*R. gossypii*) é a principal doença do algodoeiro na atualidade, causando desfolha precoce nas plantas atacadas e comprometendo a produtividade. Apesar de existirem cultivares com resistência genética à *R. areola*, os fungicidas têm sido amplamente utilizados e são a principal medida de controle empregada atualmente pelos cotonicultores. Experimentos de campo foram conduzidos durante as safras agrícolas 2014/15 e 2016/17 para avaliar o efeito da integração da resistência genética de cultivares de algodoeiro e fungicidas sobre o controle da mancha-de-ramulária, produtividade e qualidade da fibra. Para avaliar a eficiência de fungicidas no controle da mancha-de-ramulária, foram avaliados 16 tratamentos fungicidas e uma testemunha sem controle em 3 experimentos. A integração entre 7 cultivares de algodoeiro e diferentes posicionamentos de fungicida sobre o controle da mancha-de-ramulária foram avaliados em outros três experimentos. Análises da fibra do algodão obtidas desses experimentos foram realizadas para avaliar as características tecnológicas da fibra (micronaire, comprimento, resistência e uniformidade). Os dados obtidos mostraram que os fungicidas do grupo das estrobilurinas são ineficientes para o controle da doença se aplicados isoladamente e que existem fungicidas de pelos menos três grupos químicos (triazol, carboxamida e multi-sítio) que apresentam boa eficiência de controle. As cultivares de algodoeiro apresentam diferentes níveis de suscetibilidade à mancha-de-ramulária. O atraso na aplicação de fungicidas e a redução no volume de calda de pulverização reduziram significativamente a eficiência de controle da doença. A qualidade da fibra de algodão variou entre as cultivares estudadas e foi afetada negativamente pela mancha-de-ramulária, demonstrando que além de reduzir a produtividade a doença também afeta a qualidade da fibra obtida.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, manejo integrado de doenças, resistência genética, posicionamento de fungicidas, qualidade da fibra, produtividade.

Orientador – Luiz Eduardo Bassay Blum (Ph.D.) – Universidade de Brasília.

GENERAL ABSTRACT

TORMEN, Nédio Rodrigo. **Integration of genetic resistance and fungicides to control ramularia leaf spot (*Ramulariopsis gossypii*) in cotton.** 2018. 105p. Thesis (Doctor in Plant Pathology) – Universidade de Brasília, Brasília, DF, Brazil

The ramularia leaf spot (*R. gossypii*) is currently the major disease for Brazilian cotton production, causing early defoliation in the attacked plants and compromising the yield. There are cultivars with genetic resistance to *R. areola*, however fungicides have been largely used and are the main control practice for this disease currently. Field experiments were carried out during the 2014/15 and 2016/17 crop seasons to evaluate the integration of genetic resistance of cotton cultivars and fungicides to disease control. Sixteen fungicide treatments and a non-treated plot were evaluated in three experiments to determine the efficiency of fungicides. The integration of seven cotton cultivars and fungicide application at different time and volume to control ramularia leaf spot were also evaluated in three other experiments. Analysis of the cotton fiber obtained from these experiments was carried out to study the micronaire, length, resistance and uniformity. The data obtained showed that QoL fungicides are not effective to control the disease if applied alone. There are fungicides of at least three chemical groups (DMI, SDHI and multi-site fungicides) with good efficiency to control ramularia leaf spot. The cotton cultivars presented different levels of susceptibility to *R. areola*. Regarding the time of application of fungicides, delay in the application and reduction in the volume of spray reduced significantly the control efficiency. The quality of the cotton fiber varied among the studied cultivars and was negatively affected by the disease, showing that in addition to reducing yield, the disease also affects fiber quality.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, integrated disease management, fungicide application timing, genetic resistance, fiber quality, yield.

Guidance Committee: Luiz Eduardo Bassay Blum (Ph.D.) – Universidade de Brasília (Advisor).

1. INTRODUÇÃO GERAL

O cultivo do algodoeiro (*Gossypium hirsutum*) no Brasil concentra-se atualmente na região do Cerrado, especialmente nos estados do Mato Grosso e Bahia, onde as condições ambientais são favoráveis à ocorrência de várias doenças. Esse aspecto, associado ao aumento da área cultivada e a suscetibilidade da maioria das cultivares utilizadas, têm tornado algumas doenças extremamente importantes para este cultivo (Suassuna et al., 2008).

A mancha-de-ramulária (*R. gossypii*) costumava ocorrer apenas no final do ciclo do algodoeiro, não se constituindo em problema fitossanitário relevante. Entretanto, sua ocorrência tem sido cada vez mais precoce no ciclo de cultivo do algodoeiro e atualmente é considerada a principal doença da cultura (Suassuna et al., 2008). Reduções na produtividade de algodão em caroço variando de 30% até 75% em função da ocorrência da mancha-de-ramulária foram relatadas no Brasil (Utiamada et al., 2003; Aquino et al., 2008; Gilio, 2014).

A mancha-de-ramulária é uma doença policíclica e o inóculo primário de *R. gossypii* provém de conídios ou ascósporos formados sobre os restos de cultivos anteriores ou em plantas de algodão perenizadas. A dispersão do inóculo que causa infecções secundárias ocorre a partir das infecções das primeiras folhas através do vento, chuva, irrigação e trânsito de pessoas e máquinas (Suassuna et al., 2008; Johnson et al., 2013). Ainda não é conhecido se o patógeno pode ou não ser transmitido via sementes (Chitarra et al., 2009).

O manejo integrado da doença com o uso de cultivares resistentes, fungicidas e controle biológico é possível (Silva et al., 2017), entretanto, na prática o controle baseia-se na busca por plantios menos adensados e na aplicação de fungicidas (Suassuna et al., 2008). Recentemente, foram lançadas cultivares de algodoeiro apresentando resistência a *R. gossypii*, as chamadas cultivares RX. Entretanto, ainda não existem cultivares resistentes adaptadas a todas as regiões de cultivo.

A melhor compreensão acerca da contribuição das práticas de manejo da mancha-de-ramulária em algodoeiro é o alicerce para a definição de programas de controle mais eficientes e com menores custos. O manejo que predomina atualmente, baseado na utilização de cultivares suscetíveis e aplicação de fungicidas, é oneroso ao cotonicultor e ambientalmente inadequado. Em contrapartida, são escassas as publicações acerca da eficiência dos fungicidas mais utilizados e sua relação com as cultivares de algodoeiro.

A adoção de práticas de manejo integrado da mancha-de-ramulária em algodoeiro é imprescindível para a sustentabilidade da cadeia produtiva do algodão no Brasil. Os fungicidas, por serem ferramentas importantes dentro do manejo integrado, devem ser utilizados de forma racional e considerando práticas que aumentem sua vida útil no mercado (Suassuna & Coutinho, 2015). Para isso, é indispensável o conhecimento sobre a eficiência dos ingredientes ativos e dos grupos químicos fungicidas disponíveis.

Conhecer a eficiência dos fungicidas disponíveis no mercado e a contribuição de práticas que sabidamente afetam o patossistema *R. gossypii* – *G. hirsutum* em diferentes cultivares, certamente poderá subsidiar cotonicultores e técnicos a tomar decisões mais assertivas visando melhorar a eficiência de controle da mancha-de-ramulária em algodoeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A cultura do algodoeiro

2.1.1 Origem e importância

A evolução do algodão tal como o conhecemos atualmente aconteceu simultaneamente em quatro espécies pertencentes ao gênero *Gossypium*, as quais foram domesticadas independentemente para o mesmo propósito. *Gossypium arboreum* e *Gossypium herbaceum* surgiram no *pool* africano/arábico do velho mundo e, *Gossypium barbadense* e *Gossypium*

hirsutum emergiram no novo mundo, na região chamada mesoamericana (Smith & Cothren, 1999).

Gossypium hirsutum responde atualmente por 90% do algodão anual cultivado no mundo e se espalhou a partir da região mesoamericana para mais de 40 países, sendo cultivado desde latitudes como 37°N nos Estados Unidos até 32°S na Austrália e América do Sul. Esta espécie passou por profundas modificações durante o processo de domesticação, evoluindo de arbustos e pequenas árvores perenes para plantas compactas e de ciclo anual (Smith & Cothren, 1999).

O principal produto do algodão é a fibra, utilizada mundialmente na indústria têxtil, porém após o processo de remoção da pluma o caroço é exposto e pode ser esmagado para a obtenção de óleo, tortas e farinhas, que após tratamento adequado podem ser utilizados para a alimentação humana e animal (Embrapa, 2003).

2.1.2 Produção brasileira e mundial

O Brasil ocupa atualmente a quinta posição no ranking mundial de produção de fibra de algodão, sendo superado por Paquistão, Estados Unidos, China e Índia, que atualmente são os maiores produtores (USDA, 2018). Porém, quando se trata de produtividade, em função das condições ambientais favoráveis e da alta tecnologia empregada, o Brasil ocupa posição de destaque, sendo superado apenas pela China na safra 2016/17 (Figura 1).

A área cultivada com algodão no Brasil na safra 2016/17 foi de 0,94 milhões de hectares, com produtividade média de 3.829 kg ha⁻¹ de algodão em caroço e 1.621 kg ha⁻¹ de pluma. Como resultado, foram produzidos na safra 2016/17 3,827 milhões de toneladas de algodão em caroço e 1,529 milhões de toneladas de algodão em pluma (Conab, 2018). Estes números demonstram que apesar de não estar entre os maiores produtores, o Brasil possui alta capacidade produtiva de algodão e um potencial imenso a ser explorado.

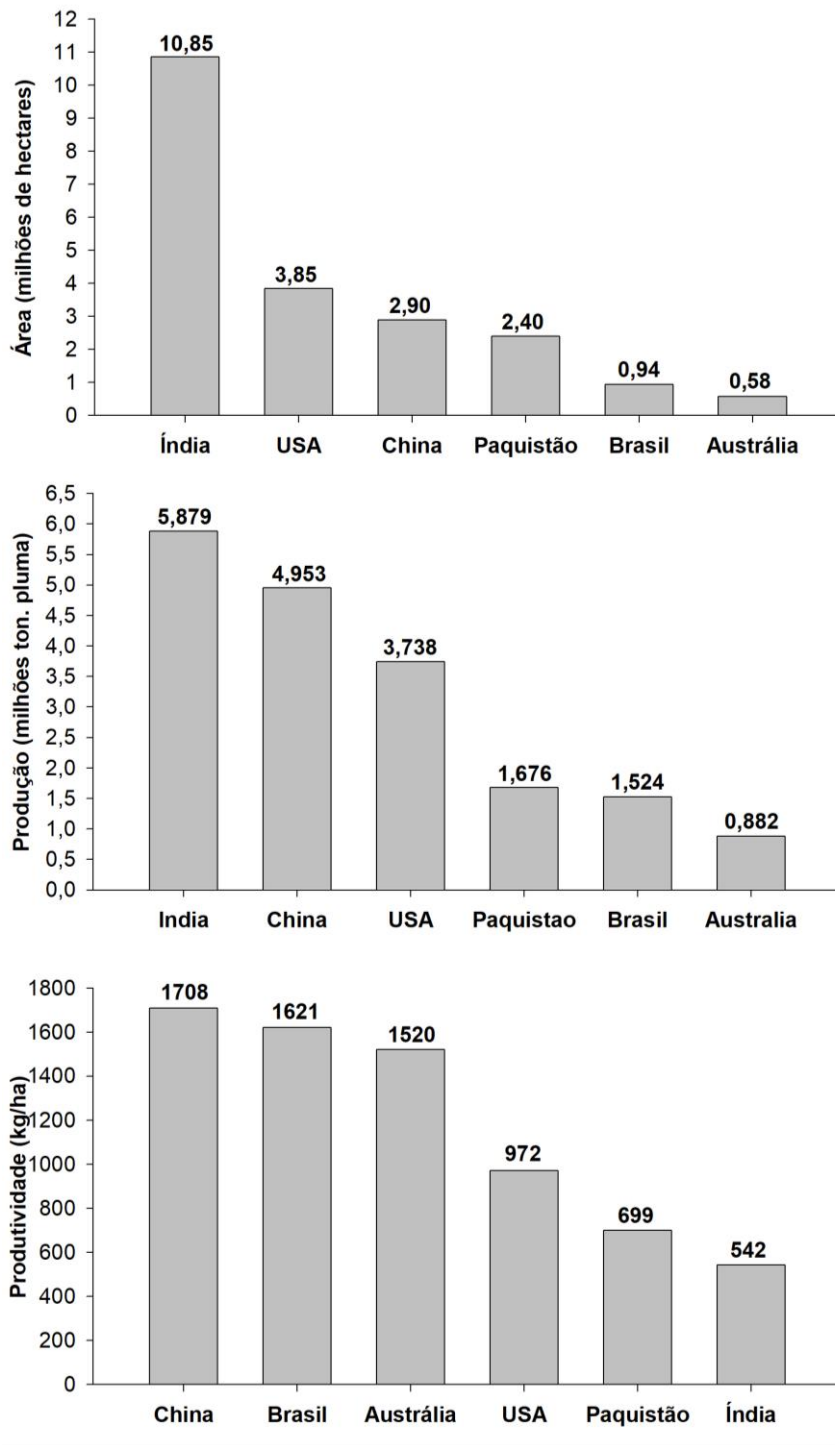


Figura 1. Área cultivada com algodoeiro, produção e produtividade de pluma dos cinco maiores produtores de algodão no mundo. Fonte: USDA, 2018.

2.1.3 Principais doenças do algodoeiro no Brasil

Diversas doenças causadas por fungos, bactérias, vírus e nematóides atacam o algodoeiro, as quais anualmente têm causado reduções na produtividade e na qualidade da

fibra. Atualmente no Brasil, grande parte da produção concentra-se na região do Cerrado de Mato Grosso, Goiás e Bahia, cujas condições ambientais são extremamente favoráveis a ocorrência de doenças (Suassuna et al., 2008).

A expansão da área cultivada no Cerrado aliada ao melhoramento das cultivares de algodão, que priorizou produtividade, ciclo e porte, resultaram no crescimento em importância de muitas doenças (Suassuna & Coutinho, 2015). Estão listadas na literatura mais de 250 agentes causais de doenças em algodoeiro, incluindo patógenos cosmopolitas, endêmicos e outros de ocorrência mais restrita (Cia & Fuzatto, 1999).

Dentre os mais de 250 patógenos relatados em algodoeiro, alguns são de ocorrência comum nas lavouras brasileiras e frequentemente causam redução na produtividade e qualidade da fibra do algodoeiro no Brasil. A mancha-de-ramulária, mancha-de-alternária, ramulose, mancha-de-mirotécio, mancha angular, mofo branco, murcha de *Fusarium*, tombamento, podridão de maçãs, mosaico comum, mosaico das nervuras e vermelhão estão entre as principais (Suassuna et al., 2008).

2.2 Mancha-de-ramulária (*R. gossypii*)

2.2.1 Importância econômica

A mancha-de-ramulária foi considerada uma doença secundária na cultura do algodoeiro durante muitos anos, ocorrendo apenas no final do ciclo da cultura e sem causar grande preocupação aos cotonicultores. Entretanto, com a expansão da área de cultivo no cerrado brasileiro e a utilização de cultivares predominantemente suscetíveis tornou-se a principal doença do algodoeiro (Suassuna et al., 2008; Freire., 2015).

Perdas de 30 a 75% no Brasil e até 60% em outros países têm sido relatadas em função da ocorrência da mancha-de-ramulária, evidenciando o alto poder destrutivo dessa doença (Shivankar & Wangikar, 1992; Utiamada et al., 2003; Aquino et al., 2008; Suassuna et al., 2008; Gilio, 2014). No Brasil, a doença tem ocorrido com maior severidade e causado danos

mais severos principalmente no estado do Mato Grosso, onde o custo do seu manejo é mais elevado (Metha & Mentem, 2006).

2.2.2 Etiologia

A ramulária ou mancha-de-ramulária do algodoeiro é causada pelo fungo *Ramulariopsis gossypii* (Speg.) U. Braun (sin.= *Ramularia areola* G.F. Atk). Em 2016 a forma sexual foi relatada no Brasil (Mehta et al., 2016).

2.2.3 Sintomatologia

Os sintomas da mancha-de-ramulária são bem característicos e aparecem em ambas as faces da folha, inicialmente como manchas branco-azuladas na face adaxial e presença de micélio branco na face abaxial, devido à esporulação abundante. A doença pode causar danos às células do mesófilo, às membranas, ao funcionamento da maquinaria enzimática, na abertura e fechamento dos estômatos, afetando a transpiração, o influxo do CO₂ e a taxa fotossintética (Berger et al., 2007; Bolton, 2009).

As lesões são geralmente delimitadas pelas nervuras e após a esporulação tornam-se necróticas, devido à morte das células atacadas, reduzindo a área fotossinteticamente ativa da folha e em alguns casos resultando na abscisão foliar (Holey et al., 1992; Suassuna et al., 2008;). Sob condições de ambiente favoráveis e quando o número de lesões é grande as mesmas podem coalescer e ocasionar desfolha precoce, com reflexos negativos na produtividade e qualidade das fibras.

Em consequência da desfolha, pode haver ainda o apodrecimento das maçãs localizadas mais próximas ao solo, onde a doença costuma atacar primeiro e atingir maior severidade devido às condições de sombreamento e umidade (Iamamoto, 2007; Suassuna et al., 2008). A queda das folhas nessa posição da planta pode provocar ainda a abertura precoce de capulhos, sem que estes estejam completamente maduros, comprometendo o processo de maturação da fibra.

2.2.4 Epidemiologia

O início do processo infeccioso ocorre a partir de conídios ou ascósporos produzidos sobre restos culturais de algodão ou em plantas de algodão perenizadas, constituindo-se no inóculo primário. O inóculo secundário é formado a partir da infecção das primeiras folhas e então se dissemina através de chuva, irrigação, vento, pessoas e máquinas (Suassuna et al., 2008; Johnson et al., 2013).

O processo infeccioso tem início com a germinação do esporo, normalmente um ascósporo formado sobre restos de cultura da safra anterior, ou então um conídio, formado pela esporulação do fungo em folhas próximas. A germinação e alongação do tubo germinativo são mais rápidas sob temperaturas situadas entre 25 e 30°C. A germinação da maioria dos conídios ocorre até 12 horas após a deposição e a penetração ocorre a partir de 16 horas, em condição de molhamento contínuo (Rathaiah, 1977; Curvelo et al., 2010).

A penetração é aumentada sob ocorrência alternada de períodos úmidos durante a noite e secos durante o dia. Essa condição ocasiona crescimento descontínuo dos tubos germinativos, entretanto causa também a formação de um maior número de tubos germinativos por esporo. A formação de apressório pode ou não ocorrer, dependendo da alternância de noites úmidas e dias secos (Rathaiah, 1977) e a penetração ocorre preferencialmente via estômatos (Curvelo et al., 2010). Essa condição é muito comum no campo, onde mesmo na ausência de chuva ocorre molhamento foliar durante a noite devido ao orvalho, seguido de um período seco durante o dia.

Após a penetração, o fungo coloniza intra e intercelularmente os tecidos do mesófilo foliar e o processo de esporulação ocorre a partir de 12 dias após a deposição do esporo sobre a planta. A esporulação ocorre por meio de conidióforos agrupados que emergem de estômatos localizados nas faces abaxial e adaxial das folhas (Curvelo et al., 2010). Os conídios são formados em cadeia e quando liberados constituirão a fonte de inóculo principal

para os ciclos subsequentes da doença. Cabe ressaltar que devido ao longo período de permanência da cultura no campo (140 a 180 dias) pode haver uma epidemia severa caso a infecção seja precoce e medidas de controle não sejam empregadas.

Conforme comentado anteriormente, a doença é favorecida pela alternância entre períodos úmidos noturnos e períodos secos diurnos, temperaturas variáveis entre 25 e 30°C e umidade relativa elevada (>80%) (Rathaiiah, 1977; Paiva, 2001; Yamamoto, 2003). Essa condição é satisfeita na maioria das regiões produtoras de algodão no Brasil, com chuvas frequentes e intermitentes. Sob tais condições e considerando que a maioria das cultivares disponíveis são suscetíveis ao patógeno, a ramulária tem ocorrido a cada ano com maior severidade nas lavouras brasileiras (Suassuna et al., 2008).

2.2.5 Variabilidade genética

Alguns trabalhos têm sido conduzidos buscando estudar a variabilidade genética de *R. gossypii* no Brasil. O objetivo inicial de conhecer a variabilidade é fornecer subsídios para que os programas de melhoramento genético desenvolvam cultivares de algodoeiro incorporando resistência à *R. gossypii*, conferindo assim maior estabilidade e segurança à utilização dessa prática de controle.

Giroto et al. (2013) estudaram 16 isolados de *R. gossypii* provenientes de cinco regiões geográficas distintas do Brasil, utilizando as técnicas moleculares ERIC-PCR e REP-PCR e espectro de virulência. Os 16 isolados formaram três grupos distintos e, embora houvesse variabilidade genotípica e fenotípica entre os isolados, não encontraram indicativos da existência de linhagens genéticas de *R. areola* no Brasil. Lucena (2007), estudando a estrutura genética de isolados, concluiu que a diversidade entre as subpopulações de *R. areola* é alta e que a interação diferencial entre raças afeta a resistência de cultivares.

Apesar de ainda existirem incertezas relacionadas a existência de raças de *R. areola* no Brasil (Giroto et al., 2013), a inconsistência de resultados de campo avaliando a resistência

de cultivares ao patógeno são um indicativo da existência das mesmas (Cia et al., 2010; Cia et al., 2011). O conhecimento desse aspecto é de importância fundamental para o desenvolvimento de cultivares resistentes a *R. areola* no Brasil.

2.2.6 Controle da mancha-de-ramulária em algodoeiro

Diversas práticas têm sido empregadas em programas de manejo da mancha-de-ramulária nas lavouras de algodoeiro no Brasil. A rotação de culturas, adubação equilibrada, resistência genética, época de semeadura, manejo cultural e aplicação de fungicidas estão entre as principais (Chitarra et al., 2005; Rocha et al., 2005; Suassuna et al., 2008). Mesmo com a existência de todas essas práticas, o manejo da doença tem sido feito principalmente através da aplicação de fungicidas (Cia et al., 2011).

Avanços importantes têm sido obtidos por programas de melhoramento na busca por fontes de resistência à *R. areola*, como por exemplo o lançamento das cultivares RX, que possuem resistência completa à doença (Carretero & Siqueri, 2011). Estudos recentes mostraram que a resistência genética de dois genótipos de algodoeiro a *R. areola* é governada por um único gene dominante (Novaes et al., 2011; Zandoná et al., 2012). O fato da resistência ser governada por um único gene aliado à possibilidade da existência de raças de *R. areola* no Brasil, evidenciam o risco de suplantação da resistência.

Existem cultivares, por outro lado, que apresentam resistência parcial ao patógeno e são uma importante ferramenta para manter a estabilidade da resistência. A utilização de cultivares com algum nível de resistência, especialmente aquelas que possuem arquitetura que facilita a aeração, pode contribuir significativamente para a redução na severidade da mancha de ramulária (Suassuna et al., 2008). A resistência parcial, apesar de não ser completa, é governada por vários genes e apresenta maior estabilidade no campo (Agrios, 2005).

O manejo cultural também é determinante na severidade da doença, especialmente no que se refere à arquitetura das plantas. Cultivares de menor porte, cultivadas em espaçamentos

mais amplos e com menor densidade de plantas por área reduzem a severidade da mancha de ramulária. O manejo da cultura com regulador de crescimento também pode afetar o desenvolvimento, em razão de modificar o microclima ou facilitar a penetração de fungicidas no interior do dossel (Suassuna et al., 2008).

A utilização de fungicidas tem sido a prática predominante de controle da mancha-de-ramulária nas lavouras brasileiras, havendo relatos de até 10 aplicações em uma mesma safra (Suassuna, 2008; Andrade Júnior, 2014). Além dos altos custos relacionados a esse excessivo número de aplicações, a questão ambiental e a pressão de seleção sobre populações de *R. areola* pesam negativamente contra esse sistema de manejo. Além disso, a maior parte dos fungicidas utilizados pertence aos grupos triazóis e estrobilurinas, esta última já com relatos de resistência do patógeno (Frac, 2012).

2.2.7 Fungicidas no controle da mancha-de-ramulária

A maioria dos patógenos que atacam o algodoeiro são fungos causadores de doenças foliares. A aplicação de fungicidas é a principal estratégia de controle dessas doenças na atualidade, com diversas aplicações de em cada ciclo do algodoeiro, das quais mais de 90% são realizadas especificamente para o controle da mancha-de-ramulária (Grupo Kleffmann, 2016).

Existem atualmente sete grupos químicos, 23 ingredientes ativos (i.a.) e 94 marcas comerciais de fungicidas registrados para o controle da mancha-de-ramulária em algodoeiro no Brasil (BRASIL, 2018), porém mais da metade do volume aplicado nas lavouras se restringe a três ingredientes ativos (Grupo Kleffmann, 2016). Até recentemente, fungicidas do grupo das estrobilurinas eram indicados em aplicações isoladas no início do desenvolvimento da mancha-de-ramulária, estando esta prática em desuso atualmente em função da baixa eficiência e devido à identificação de isolados do fungo resistentes a fungicidas desse grupo (Frac, 2009).

De modo geral, os programas de controle com fungicidas são baseados na aplicação de fungicidas contendo misturas de triazol + estrobilurina, estrobilurina + carboxamida ou triazol + estrobilurina + carboxamida nas primeiras aplicações, intercalados com aplicações de fungicidas multi-sítio e finalizando com aplicações de misturas de triazol + estrobilurinas e/ou triazóis aplicados isoladamente (Grupo Kleffmann, 2016).

2.2.8 Resistência de *R. gossypii* a fungicidas

O FRAC (Fungicide Resistance Action Committee), comitê responsável pelo monitoramento da resistência de fungos a fungicidas, iniciou na safra 2006/07 um projeto para monitorar a sensibilidade de *R. gossypii* a fungicidas do grupo das estrobilurinas. Na safra 2007/08 amostras foram coletadas e os testes realizados demonstraram haver resistência de *R. areola* às estrobilurinas (Frac, 2009). O mecanismo dessa resistência ainda não foi elucidado.

As estrobilurinas são inibidores da respiração e sua atividade fungicida vem da habilidade de se ligar ao sítio Qo no complexo enzimático do citocromo *bc₁*, localizado na membrana mitocondrial de fungos e outros eucariotos. Esse processo resulta no bloqueio da transferência de elétrons entre o citocromo *b* e citocromo *c*, causando deficiência energética nas células do fungo e inibindo a síntese de ATP (Thind, 2012).

O risco inerente de surgimento de resistência a fungicidas depende de vários fatores, alguns dos quais ligados ao fungicida e outros ao patógeno. Em relação ao fungicida, é preciso considerar o modo de ação (sítio-específico ou multi-sítio), tipo de resistência (monogênica ou poligênica), persistência de atividade e potência. Quanto ao patógeno, deve-se considerar a variabilidade genética (alta ou baixa), tempo de geração (curto ou longo), herança da resistência e adaptabilidade dos indivíduos resistentes (Thind, 2012).

2.3 Qualidade da fibra em algodoeiro

A análise e classificação das fibras são indispensáveis no mercado do algodão, auxiliando produtores e compradores nas tomadas de decisão a respeito do comércio da fibra. Atualmente, o padrão de classificação oficial do algodão no Brasil é determinado pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA), por meio da Instrução Normativa nº 24, de 14 de julho de 2016 (BRASIL, 2016).

A fibra de algodão destaca-se entre as fibras naturais em função de suas características de comprimento, uniformidade, finura, maturidade, resistência, alongamento, cor, brilho e sedosidade. Estas características se transferem para o fio e tecidos e fazem com que o algodão seja a fibra natural mais consumida pela indústria têxtil (Santana et al., 2008).

Existem características agrônomicas e tecnológicas das fibras que necessitam atender aos padrões mínimos estabelecidos pela indústria têxtil e exigidos pelo consumidor final para que o algodão produzido possa ser comercializado e industrializado (Santana et al., 2008). A obtenção de uma fibra de qualidade depende de diversos fatores de ordem biótica e abiótica, dentre os quais se incluem a genética da cultivar, tipo de solo, nutrição, condições de ambiente e ocorrência de pragas, doenças e plantas daninhas (Freire, 2015).

2.3.1 Classificação e parâmetros de qualidade da fibra

Acredita-se que o processo de classificar a fibra de algodão existe desde o século XVIII na Inglaterra. No passado, a fibra era classificada basicamente em função do comprimento e tipo. Mais recentemente, outros aspectos passaram a ser considerados para a determinação da qualidade e do valor final da fibra, tornando-se necessário o desenvolvimento de novas técnicas que fossem, ao mesmo tempo, mais precisas e mais rápidas para a avaliação (Santana et al., 2008).

No passado, todo o processo de classificação era realizado manualmente por avaliadores experientes, que consideravam basicamente a limpeza, aparência, cor e comprimento da fibra. Com o passar do tempo, surgiram equipamentos para analisar algumas características da fibra,

tais como o fibrógrafo (comprimento e uniformidade de comprimento), micronaire (finura e maturidade) e o estelômetro (resistência e alongamento) (Santana et al., 2008).

Em função da necessidade de classificar um volume crescente de amostras, foram desenvolvidos equipamentos como o HVI (High Volume Instrument), ou instrumento de alto volume. Esse sistema é a combinação de aparelhos de medição que determinam de forma quantitativa diversas características físicas das fibras do algodão, com a mesma precisão e de forma mais ágil que as classificações realizadas por meio de ensaios laboratoriais (Luna, 1994; Nabas, 1997)

Apesar de algumas variações entre os modelos do equipamento, de modo geral são determinadas a porcentagem de impurezas, comprimento da fibra a 2,5% e 50% *Span length*, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, micronaire, resistência, alongamento, reflectância, amarelamento, grau de cor e tipo de algodão.

2.3.1.1 Micronaire

O índice micronaire é adimensional e expressa a relação entre a finura e a maturidade da fibra (Santana et al., 2008). A determinação do índice micronaire é realizada através da medição da resistência de uma massa fibrosa a um fluxo de ar constante. O diâmetro da fibra é extremamente dependente da cultivar e a característica de finura é muito importante na definição da rigidez ou maciez de um tecido (Gondin, 2000). Os valores de referência para esse parâmetro estão descritos na Tabela 1.

Tabela 1. Valores de referência para a interpretação do índice de micronaire da fibra de algodão.

Categoria	Índice de Micronaire
Muito fina	< 3,0
Fina	3,1 a 3,6
Média	3,7 a 4,7
Grossa	4,8 a 5,4
Muito grossa	> 5,5

Fonte: BRASIL, 2016.

O índice micronaire não representa de forma literal a finura da fibra, porém é um critério extremamente importante para o estabelecimento do valor do algodão, pois avalia com grande precisão a massa de fibra que comporá a seção transversal do fio e definir sua resistência. A utilização de fibras de baixo micronaire resulta nos chamados “neps” no fio e nos tecidos e causa variações no tingimento dos mesmos (Fonseca & Santana, 2002). Como consequência, a obtenção de fibra com qualidade fora dos padrões para esse parâmetro resulta em deságio para o cotonicultor (Gondin, 2000).

2.3.1.2 Comprimento

O comprimento é expresso em mm e representa o comprimento médio que atinge 2,5% (2,5% Span length) ou 50% (50% Span length) das fibras distribuídas ao acaso. Sua avaliação é importante para a determinação das características de sua transformação em fio e das propriedades do tecido acabado (Fonseca & Santana, 2002). Quanto maior o comprimento da fibra de algodão melhor será sua classificação comercial. Os valores de referência para classificação são apresentados na tabela 2.

Tabela 2. Valores de referência para interpretação dos resultados de comprimento da fibra de algodão.

Categoria	Comprimento (mm)
Curta	Abaixo de 28
Média	28 a 32
Longa	32 a 34
Longa	34 a 36
Muito longa	Acima de 36

Fonte: Santana et al., 2008.

2.3.1.3 Resistência

É uma característica de grande importância, pois está diretamente relacionada com a resistência do fio que será produzido. A resistência reflete a tenacidade da fibra, sendo expressa em gramas-força por tex (gf tex^{-1}) e expressa a carga específica necessária para a

ruptura de um feixe fibroso, calculando-se a finura dos fios individuais a partir do valor de micronaire. Os valores de referência para resistência da fibra são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3. Valores de referência para interpretação dos resultados de resistência da fibra de algodão.

Categoria	Resistência (gf/tex)
Fraca	Abaixo de 24,9
Intermediária	25 a 26,9
Média	27 a 28,9
Resistente	29,0 a 31,9
Muito Resistente	Acima de 32

Fonte: BRASIL, 2016

2.3.1.4 Uniformidade

O índice de uniformidade representa uma medida de irregularidade do comprimento das fibras dentro de uma população. Esse parâmetro é expresso em porcentagem e quanto maior o valor obtido, tendo por base uma variação possível entre 0 e 100%, mais uniformes são as fibras dentro de uma população ou amostra. Os valores de referência para interpretação dos resultados são apresentados na Tabela 4.

Tabela 4. Valores de referência para interpretação dos resultados de uniformidade de comprimento da fibra de algodão.

Categoria	Uniformidade (%)
Muito Baixa	Abaixo de 77
Baixa	77 a 79,9
Média	80 a 82,4
Alta	82,5 a 85,4
Muito Alta	Acima de 85,5

Fonte: BRASIL, 2016

Existem basicamente duas formas de se avaliar a uniformidade das fibras. A primeira delas é a chamada *Span Lengths*, que considera o comprimento médio das fibras presentes nos

níveis SL 50% e SL 2,5%, ou seja, o comprimento médio alcançado por 50% ou 2,5% das fibras, respectivamente. A segunda maneira é baseada no comprimento médio das fibras, e representa a relação entre o comprimento médio das fibras e o comprimento médio das fibras mais longas.

LITERATURA CITADA

AGRIOS, G. N. Plant Pathology. 2005. 5ª ed., Academic Press. 922 p.

ANDRADE JUNIOR, E. R. & GALBIERI, R. 2014. Eficiência de fungicidas no controle de mancha de ramulária em algodoeiro, na safra 2013/14 no Mato Grosso. Circular técnica nº12/IMA, Cuiabá, 8 p.

AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, J. F. R. & MIRANDA, L. M. 2008. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramulária do algodoeiro. Summa Phytopathologica 34(4):361-363.

BERGER, S.; SINHA, A. K. & ROITSCH, T. 2007. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant-pathogen interactions. Journal of Experimental Botany 58:4019-4026.

BOLTON, M. D. 2009. Primary metabolism and plant defense fuel for the fire. Molecular Plant-Microbe Interactions 22:487-97.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 24, de 14 de julho de 2016, sobre os regulamentos técnicos do algodão em pluma.

BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2018. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>.

CARRETERO, D. & SIQUERI, V. 2011. Resistência preservada. Cultivar Grandes Culturas 141:28-30.

CHITARRA, L. G.; MEIRA, S. A. & MENEZES, V. L. 2005. Controle químico da mancha de ramulária do algodoeiro, causada por *Ramularia areola*, em função da idade da planta e da severidade da doença: safra 2003/2004. Embrapa/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Campina Grande, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).

- CHITARRA, L. G.; GOULART, A. C. P. & ZORATO, M. F. 2009. Tratamento de sementes de algodoeiro com fungicidas no controle de patógenos causadores de tombamento de plântulas. *Revista Brasileira de Sementes* 31:168-176.
- CIA, E. & FUZATTO, M. G. 1999. Manejo de doenças na cultura do algodão. In: CIA, E.; FREIRE, E. C. & SANTOS, W. J. (eds.). *Cultura do algodoeiro*. Piracicaba:Potafos, p.120-131.
- CIA, E.; FUZATTO, M. G.; KONDO, J. I.; OHL, G. A. & GALBIERI, R. 2011. Severidade da mancha da ramularia em genótipos de algodoeiro em duas regiões produtoras do Brasil. In: VIII Congresso Brasileiro de Algodão, Resumos... Campina Grande PB. Embrapa Algodão. p.454-459.
- CIA, E.; GALBIERI, R.; FUZATTO, M. G.; KONDO, J. I. & OLIVEIRA, A. B. 2010. Indicativo de variabilidade de *Ramularia areola* em algodoeiro no Brasil. *Summa Phytopathologica* 36 (CD rom).
- CONAB – Companhia Nacional de abastecimento. 2018. Acompanhamento da safra brasileira de grãos, v. 5 Safra 2017/18 - Quinto levantamento, Brasília. p. 1-140. ISSN 2318-6852.
- CURVÊLO, C. R. S.; RODRIGUES, F. A.; BERGER, P. G. & REZENDE, D. C. 2010. Microscopia eletrônica de varredura do processo infeccioso de *Ramularia areola* em folhas de algodoeiro. *Tropical Plant Pathology* 35:108-113.
- EMBRAPA. 2003. *Cultura do Algodão Herbáceo na Agricultura Familiar*. Embrapa Algodão: Sistemas de produção, 1. Disponível em: <<http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoAgriculturaFamiliar/subprodutos.htm>>.
- FONSECA, R. G. DA & SANTANA, J. C. F. 2002. Resultados de ensaio HVI e suas Interpretações (ASTM D-4605). Campina Grande: Embrapa Algodão, 13p. Circular Técnica, 66.
- FRAC - FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE. 2012. List of pathogens with field resistance towards QoI fungicides (updated 12/09/12). Disponível em: <[http://www.frac.info/docs/default-source/qoi-wg/qoi-quick-references/species-with-go-resistance-\(updated-2012\).pdf?sfvrsn=0034](http://www.frac.info/docs/default-source/qoi-wg/qoi-quick-references/species-with-go-resistance-(updated-2012).pdf?sfvrsn=0034)>.
- FRAC - FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE: A RESISTANCE ACTIVITY UPDATE. 2009. *Outlooks on Pest Management*.
- FREIRE, E. C. 2015. *Algodão no Cerrado*. 3ª ed. Brasília: Positiva. 956 p.

- GILIO, T. A. S. 2014. Divergência genética em genótipos de algodoeiro e quantificação de danos causados pela mancha de ramulária. Dissertação de Mestrado, Universidade do Estado de Mato Grosso, Tangará da Serra, Brasil.
- GIROTTO, L.; MARANGONI, M. S.; MATOS, J. N.; GALBIERI, R.; ALMEIDA, W. P. & MEHTA, Y. R. 2013. Identification of Phenotypic and Genotypic Variability among the Isolates of *Ramularia areola* of Brazilian Cotton. American Journal of Plant Sciences 4:1893-1898.
- GONDIN, M. G. 2000. Tem que ter fibra. Cultivar Grandes Culturas, edição 19.
- HOLEY, N. R.; SATPUTE, G. N.; GHODERAO, B. N. & PESHNEY, N. L. 1992. Evaluation of diploid cottons (*Gossypium species*) for resistance to grey mildew disease caused by *Ramularia gossypii*. Indian Journal of Agricultural Science 62(4):293-294.
- IAMAMOTO, M. M. 2003. Reação de cultivares de algodoeiro a *Ramularia areola*. Tese de Doutorado, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, Brasil.
- IAMAMOTO, M.M. 2007. Doenças do algodoeiro – interação patógeno-hospedeiro. Jaboticabal-SP: Funep.
- JOHNSON, I.; RAMJEGATHESH, R.; KARTHIKEYAN, M. & CHIDAMBARAM, P. 2013. Epidemiology of grey mildew and Alternaria blight of cotton. Archives of Phytopathology and Plant Protection, 46(18):2216-2223.
- LUCENA, V. S. 2007. Caracterização da resistência do algodoeiro a *Ramularia areola* e variabilidade molecular do patógeno. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, Brasil.
- LUNA, L.C. 1994. HVI, características e peculiaridades do sistema de interpretação de resultados. In: XVI Congresso Nacional de Técnicos Têxteis. Bahia: Senai/Cetiqt. 27p.
- MEHTA, Y.; GALBIERI, R.; MARANGONI, M. S.; BORSATO, L. C.; RODRIGUES, H. P.; PEREIRA, J.; MEHTA, A. 2016. *Mycosphaerella areola*-The Teleomorph of *Ramularia areola* of Cotton in Brazil, and Its Epidemiological Significance. American Journal of Plant Sciences, Wuhan, 7(10):1415-1422.
- MEHTA, Y. R. & MENTEN, J. O. M. 2006. Doenças e seu controle. In: Fundo de Apoio a Cultura do Algodão. Algodão: Pesquisas e Resultados para o Campo. Cuiabá: Facual. 2:157-204.
- NABAS, H. T. 1997. Relatório do laboratório tecnológico de fibras da BM & F. São Paulo: BM & F. 12p.

- NOVAES, T. G.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P. & MEHTA, Y. R. 2011. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. *Summa Phytopathologica* 37(2):150-152.
- PAIVA F. A. 2001. Doenças. In: Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Campina Grande: Embrapa Algodão. p. 245-266.
- RATHAIAH, Y. 1977. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. *Phytopathology* 67(3):351-357.
- ROCHA, C. L.; CARVALHO, C. L. & OLIVEIRA, C. G. 2005. Avaliação de fungicidas no controle de ramulária (*Ramularia areola*) na cultura do algodão. *Fitopatologia Brasileira* 30:582.
- SANTANA, J. C. F.; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; LEÃO, A. B. & VIEIRA, D. J. 2008. Características da fibra e do fio do algodão Análise e interpretação dos resultados. In: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, D. M. P. (Eds.) O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.1099-1120.
- SHIVANKAR, S. K. & WANGIKAR, P. D. 1992. Estimation of crop losses due to grey mildew disease of cotton caused by *Ramularia areola*. *Indian Phytopathology* 45:74-76.
- SILVA, J. C.; SUASSUNA, N. D. & BETTIOL, W. 2017. Management of ramularia leaf spot on cotton using integrated control with genotypes, a fungicide and *Trichoderma asperellum*. *Crop Protection* 94(1):28-32.
- SMITH, C. W. & COTHREN, J. T. 1999. Cotton: origin, history, technology, and production. v.4. In: John Wiley & Sons. 853p.
- SUASSUNA, N. D. & COUTINHO, W. M. 2015. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. Algodão no Cerrado. 3ª ed. Brasília: Positiva. 956 p.
- SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, M. C.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. & CHITARRA, L. G. 2008. Manejo de doenças do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2:985-1032.
- THIND, T. S. 2012. Fungicide Resistance in Crop Protection. Cambridge, MA: CAB International.
- USDA - United States Department of Agriculture. 2018. Cotton: World Markets and Trade.

UTIAMADA, C. M.; LOPES, J. C.; SATO, L. N.; ROIM, F. L. B.; KAJIHARA, L. & OCCHIENA, E. M. 2003. Controle químico da ramularia (*Ramularia areola*) e ferrugem (*Phakospora gossypii*) na cultura do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 4.

ZANDONÁ, C.; NOVAES, T. G.; NUNES, M. P.; ALMEIDA, W. P.; AGUIAR, P. H.; MORELLO, C. L.; SHUSTER, I. & MEHTA, Y. R. 2012. Mechanism of resistance and presence of different resistance genes to *Ramularia areola* in two cotton genotypes. *Tropical Plant Pathology* 37(3):175-178.

CAPÍTULO 1

**MANCHA-DE-RAMULÁRIA AFETANDO A PRODUTIVIDADE E A QUALIDADE
DA FIBRA EM ALGODOEIRO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS**

MANCHA-DE-RAMULÁRIA AFETANDO A PRODUTIVIDADE E QUALIDADE DA FIBRA EM ALGODOEIRO SUBMETIDO À APLICAÇÃO DE FUNGICIDAS

RESUMO

A aplicação de fungicidas é a prática mais utilizada para o controle da mancha-de-ramulária (*R. gossypii*) em algodoeiro, porém são escassos na literatura trabalhos que mostrem a eficiência de fungicidas de diferentes grupos químicos. Experimentos de campo foram conduzidos durante as safras agrícolas 2014/15 e 2016/17 em Planaltina/DF e Cristalina/GO com o objetivo de avaliar a eficiência de fungicidas sobre o controle da mancha-de-ramulária, produtividade de algodão em caroço e qualidade da fibra do algodão. Foram avaliados 16 tratamentos fungicidas e uma testemunha sem controle em 3 experimentos, conduzidos sob o delineamento de blocos casualizados com 4 repetições. Foram realizadas 6 aplicações de cada fungicida, iniciando-se preventivamente e repetindo-se as aplicações a cada 14 dias. As aplicações foram realizadas com equipamento de pressão constante (CO₂) provido de barra de 6 pontas tipo XR11001VS, utilizando pressão de 270 kPa e volume da calda de 150 L ha⁻¹. Foram mensuradas a severidade da mancha-de-ramulária no momento e aos 7, 14 e 21 dias após a última aplicação, totalizando 9 avaliações, a partir das quais foi calculada a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD). Também foram determinados a produtividade do algodão em caroço e as características da qualidade tecnológica da fibra, tais como micronaire, comprimento, resistência e uniformidade, através do equipamento HVI. A mancha-de-ramulária foi a principal responsável pelas variações obtidas na produtividade do algodoeiro e os danos variaram de 14,8 a 31,7%. Todos os fungicidas avaliados reduziram a AACPD em relação ao tratamento testemunha e proporcionaram uma maior produtividade do algodão em caroço. Os fungicidas pertencentes ao grupo químico das estrobilurinas demonstraram ter baixa eficiência no controle da doença quando aplicados isoladamente. A mancha-de-ramulária reduziu a qualidade da fibra do algodoeiro, impactando negativamente o índice micronaire, o comprimento, a resistência e a uniformidade das fibras.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, controle de doenças, estrobilurina, triazol, carboxamida, danos.

RAMULARIA LEAF SPOT AFFECTING YIELD AND FIBER QUALITY IN COTTON SUBMITTED TO FUNGICIDE APPLICATION

ABSTRACT

Application of fungicides is the major practice used for ramularia leaf spot (*R. gossypii*) control in Brazilian cotton, however, literature available about the efficiency of fungicides is poor. Field trials were carried out during the 2014/15 and 2016/17 seasons in Planaltina/DF and Cristalina/GO, Brazil, aiming to evaluate the efficiency of fungicides to control of ramularia leaf spot, and on the cotton yield and cotton fiber quality. Sixteen treatments with fungicides and a non-treated control were evaluated in three field trials, carried out under a randomized complete block design with four replicates. Each fungicide treatment was sprayed six times, starting preventively and respraying every fourteen days. The applications were performed with a constant pressure (CO₂) equipment with a 6 nozzle (XR11001VS) boom spray, using a pressure of 270 kPa and a volume of 150 L ha⁻¹. Disease severity was assessed at the time of each application and at 7, 14 and 21 days after the last application, totaling 9 evaluations, from which the area under the disease progress curve (AUDPC) was calculated. In addition, cotton yield and cotton fiber quality (micronaire, length, strength and uniformity) were determined through the HVI equipment. Ramularia leaf spot accounted for most of the variations in cotton yield damage ranged from 14.8% to 31.7%. All the fungicides reduced the AUDPC compared to non-treated plot and obtained higher yield. The QoI fungicides were ineffective in controlling the disease when sprayed alone. Ramularia leaf spot reduced cotton fiber quality, negatively affecting the characteristics, micronaire, length, strength and fiber uniformity.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, disease control, QoI, DMI, carboxamide, losses.

1. INTRODUÇÃO

A mancha-de-ramulária (*R. gossypii*) ocorria no final do ciclo do algodoeiro e era considerada uma doença secundária até a década de 1990. Entretanto, com o aumento da área cultivada no Centro-Oeste e a utilização de cultivares suscetíveis, essa doença tem ocorrido cada vez mais cedo e atualmente é considerada a principal doença do algodoeiro no Brasil (Suassuna et al., 2008).

A doença causa desfolha precoce nas plantas atacadas e como consequência reduz sua capacidade fotossintética, afetando a produtividade e a qualidade da fibra. Os danos à produtividade variam conforme a cultivar utilizada, momento da infecção e severidade da doença. Reduções em produtividade variando de 30 a 75% podem ocorrer no Brasil em função da mancha-de-ramulária (Suassuna et al., 2008; Zandoná et al., 2012; Novaes et al., 2011).

O início da infecção ocorre a partir de esporos produzidos sobre restos culturais de algodão, constituindo-se no inóculo primário. A doença é favorecida pela alternância entre períodos úmidos noturnos e períodos secos diurnos, e temperaturas variáveis entre 25 e 30°C e umidade relativa acima de 80% (Rathaiiah, 1977; Paiva, 2001; Iamamoto, 2003). Essas condições frequentemente ocorrem no Cerrado Brasileiro e se intensificam a partir do fechamento das entre linhas do algodoeiro (Suassuna et al., 2008).

A mancha-de-ramulária pode ser controlada através da rotação de culturas, adubação equilibrada, resistência genética, planejamento da época de semeadura, manejo cultural e aplicação de fungicidas (Chitarra et al., 2005; Rocha et al., 2005; Suassuna et al., 2008). A resistência genética é a forma mais econômica e eficiente de controle, entretanto, a maior parte das cultivares utilizadas atualmente apresentam suscetibilidade à doença média a alta (Cia et al., 2009).

Por esta razão, o uso de fungicidas é a principal prática de controle da mancha-de-ramulária no Brasil (Suassuna & Coutinho, 2007; Aquino et al., 2008). Em média, são realizadas sete aplicações de fungicidas no algodoeiro, das quais mais de 90% para o controle da mancha-de-ramulária (Grupo Kleffmann, 2016). Apesar de existirem 94 marcas comerciais e 23 ingredientes ativos (i.a.) de fungicidas registrados para a mancha-de-ramulária (BRASIL, 2018), mais de 50% do volume de fungicidas aplicados se restringe a três ingredientes ativos.

O uso contínuo de fungicidas faz com que a seleção de populações do fungo resistentes a fungicidas seja alta. Há grande preocupação com a possibilidade de que a pressão de seleção exercida por alguns grupos químicos resulte na seleção de populações resistentes e, conseqüentemente, na perda da eficiência de tais grupos (Frac, 2009; Ishii & Hollomon 2015). Já foram identificados isolados de *R. areola* com baixa sensibilidade à estrobilurinas (Frac, 2009).

A utilização de práticas de manejo da mancha-de-ramulária é imprescindível para a sustentabilidade da cadeia produtiva do algodão no Brasil. Os fungicidas, por serem ferramentas importantes no manejo integrado, devem ser utilizados de forma racional. Para isso, é indispensável o conhecimento sobre a eficiência de controle da doença com os ingredientes ativos e grupos químicos dos fungicidas disponíveis. A identificação dos princípios ativos eficientes é o primeiro passo para a construção de um programa de manejo integrado que priorize, além do controle eficiente da mancha-de-ramulária, a redução das aplicações de fungicidas. Essa condição favoreceria a redução da contaminação ambiental e reduziria a pressão de seleção sobre as populações de *R. areola*, aumentando a vida útil dos fungicidas e reduzindo os custos de controle.

Em função da importância da doença no Brasil e da carência de publicações científicas nessa área, o presente trabalho teve por objetivo avaliar a eficiência de fungicidas no controle

da mancha-de-ramulária em algodoeiro, mensurar os danos causados sobre a produtividade e verificar se existe relação entre a mancha-de-ramulária e a qualidade da fibra do algodão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos locais

Foram conduzidos três experimentos de campo, sendo o primeiro em Planaltina/DF na safra 2014/15 (latitude 15°39'55.7"S, longitude 47°19'51.4"W e altitude de 868 m), o segundo em Cristalina/GO na safra 2014/15 (16°12'37,7"S, 47°37'50,4"W e altitude de 1009 m), e o terceiro em Planaltina/DF na safra 2016/17 (15°40'01.8"S, 47°20'03.7"W e altitude de 874 m). Esses experimentos serão referidos apenas como Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.

O solo (Tabela 5) dos experimentos em Planaltina/DF foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, e possui em sua composição 491 g kg⁻¹ de argila, 300 g kg⁻¹ de silte e 209 g kg⁻¹ de areia em 2015 e 488 g kg⁻¹ de argila, 305 g kg⁻¹ de silte e 207 g kg⁻¹ de areia em 2017. O solo de Cristalina/GO foi classificado como Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico e possui 762 g kg⁻¹ de argila, 187 g kg⁻¹ de silte e 51 g kg⁻¹ de areia.

Tabela 5. Propriedades químicas do solo (0 - 20 cm) em locais de condução de experimentos de controle químico da mancha-de-ramulária do algodoeiro em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.

Local/Ano	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	m	V	M.O.	S-SO ₄ ²⁻	P
		----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----	g kg ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----		
Planaltina/2015	6,00	0,01	5,83	1,84	0,65	11,80	0,10	70,50	35,00	9,00	24,15
Cristalina/2015	5,30	0,00	2,40	0,90	0,22	6,12	0,00	57,52	34,00	26,00	5,40
Planaltina/2017	5,70	0,01	3,74	1,14	0,74	9,10	0,20	61,80	36,00	11,00	21,69

* m – saturação por alumínio; V – saturação por bases; M.O. – matéria orgânica do solo.

O clima onde foram instalados os experimentos é caracterizado como tropical com estação seca definida, com precipitação média anual de 1446 mm, concentrada nos meses de

outubro a maio. As temperaturas médias anuais são de 28,6 (máxima) e 16,8° C (mínima). Os dois locais são explorados pela atividade agropecuária há mais de 20 anos e atualmente são cultivados sob o sistema de plantio direto para a produção de soja, milho, feijão e algodão. Os três experimentos foram instalados em áreas que não haviam recebido cultivo de algodoeiro na safra anterior, mas que já haviam sido cultivadas com a cultura no passado, onde foi verificada a ocorrência da mancha-de-ramulária.

2.2. Semeadura e manejo do algodoeiro

A semeadura dos experimentos foi realizada no início de janeiro, utilizando as cultivares BRS 293, BRS 336 e FM 983 GLT para as áreas de Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017, respectivamente. Foi utilizada semeadora Stara SHM 11/13 nos ensaios de Planaltina/DF e semeadora John Deere DB40 nos ensaios de Cristalina/GO. O espaçamento entre linhas foi de 0,76 m, com 8 sementes m⁻¹ (~ 104.000 plantas ha⁻¹). As práticas de manejo da cultura, incluindo adubação, manejo de plantas daninhas, manejo de pragas e uso de regulador de crescimento foram realizadas de acordo com Beltrão & Azevedo (2008).

2.3. Delineamento experimental e tratamentos

Os experimentos foram instalados seguindo o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas experimentais foram compostas por 4 linhas de algodão de 5 m de comprimento (3 m x 5 m), totalizando 15 m². A área útil de cada parcela experimental foi composta por duas linhas centrais de 4 m de comprimento, excluindo-se 0,5 m das extremidades de cada parcela como bordadura, totalizando uma área útil de 6,09 m². O ensaio foi repetido três vezes e os tratamentos utilizados estão descritos na Tabela 6.

Tabela 6. Princípios ativos, produtos comerciais e doses aplicadas na cultura do algodoeiro em experimentos conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO nas safras 2014/15 e 2016/17.

Princípio Ativo	Produto Comercial	Concentração g.i.a. kg ⁻¹	Dose p.c. ¹ mL ha ⁻¹	Dose i.a. ² g ha ⁻¹
-----------------	-------------------	---	---	--

Testemunha	Testemunha	-	-	-
Azoxistrobina (azox)	Priori	250	280	70
Picoxistrobina	Oranis	500	250	125
Piraclostrobina (pira)	Comet	250	400	100
Difenoconazol	Score	250	180	45
Epoxiconazol	Soprano 125 SC	125	400	50
Tetraconazol	Eminent	125	450	56,25
Metconazol	Caramba	90	900	81
azox+difenoconazol	Amistar Top	200+125	350	70+43,75
azox+tetraconazol	Domark Excell	100+80	700	70+56
pira+metconazol	Opera Ultra	130+80	770	100+61,6
trifloxistrobina (trif) +protioconazol	Fox	150+175	400	60+70
azox+benzovindiflupyr	Elatus	300+150	230	69+34,5
pira+fluxapiraxade (flux)	Orkestra SC	333+167	300	99,9+50,1
pira+epoxiconazol+flux	Ativum EC	81+50+50	800	64,8+40+40
trif+protioconazol+bixafen	Fox Xpro	150+175+125	400	60+70+50
hidróxido de fentina	Mertin 400	400	700	280

¹Dose p.c. – dose de produto comercial; ² Dose i.a. – dose de ingrediente ativo.

2.4. Aplicação dos tratamentos fungicidas

Foram realizadas seis aplicações de cada tratamento ao longo do ciclo da cultura, iniciando-se preventivamente e reaplicando-se a cada 14 dias. As datas das aplicações, estágio fenológico do algodoeiro e condições meteorológicas no momento de cada aplicação são apresentados na tabela 7. A aplicação dos fungicidas foi realizada com pulverizador de precisão e pressão constante (CO₂) (Figura 2), provido de barra de pulverização com seis pontas do tipo Teejet XR11001, de jato plano de faixa ampliada, calibrando o volume de calda para 150 L ha⁻¹. A pressão de trabalho foi constante (270 kPa) e o ajuste do volume de calda se deu pela velocidade de aplicação.



Figura 2. Aplicação dos tratamentos fungicidas na cultura do algodoeiro.

O equipamento possui dois manômetros, sendo um na saída do cilindro de CO₂ e outro na barra de pulverização, o que permite monitoramento constante da pressão de trabalho. Além disso, o sistema trabalha com volume de calda exata para a área a ser aplicada e, portanto, permite a identificação instantânea caso ocorra algum problema na aplicação.

Tabela 7. Data, estágio fenológico do algodoeiro e condições meteorológicas registradas no momento das aplicações dos fungicidas para o controle da mancha-de-ramulária em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.

Aplicação	Data	Idade (dias) ¹	Fenologia	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)	Nebulosidade (%)
Planaltina/2015							
1	28/02/2015	54	B7	24,2	79	2,4	60
2	14/03/2015	68	F1	26,1	74	3,9	30
3	29/03/2015	83	F4	24,9	61	1,9	45
4	13/04/2015	98	FC	24,6	73	1,4	60
5	27/04/2015	112	C2	26,1	59	2,0	50
6	12/05/2015	127	C4	19,0	92	1,8	15
Cristalina/2015							
1	20/02/2015	46	B6	25,0	71	2,2	30
2	06/03/2015	60	F1	24,6	66	1,5	60
3	21/03/2015	75	F3	24,4	71	2,3	35
4	04/04/2015	89	F7	23,4	60	1,8	45
5	17/04/2015	102	FC	27,2	80	2,0	75
6	01/05/2015	116	C3	25,1	55	1,3	60
Cristalina/2017							
1	24/02/2017	50	B6	25,4	61	1,4	45
2	10/03/2017	64	F1	26,4	68	2,0	30

3	25/03/2017	79	F3	27,2	69	2,1	5
4	08/04/2017	93	F5	26,1	76	2,6	5
5	21/04/2017	106	C1	25,4	78	0,5	90
6	06/05/2017	121	C4	25,3	59	3,6	5

¹Dias após a emergência. ²Estádios fenológicos conforme descrito por Marur & Ruano (2004). *Os dados das condições de ambiente foram obtidos por termohigroanemômetro digital portátil, no momento da aplicação dos tratamentos.

2.5. Condições de ambiente durante a condução dos experimentos

Os dados meteorológicos foram coletados de estações meteorológicas automatizadas localizadas a uma distância inferior a 1.000 m de cada experimento (Figura 3). A precipitação acumulada ao longo do ciclo da cultura do algodoeiro foi de 900,9 mm em Planaltina/2015, 701,6 mm em Cristalina/2015 e 688,4 mm em Planaltina/2017. As temperaturas médias registradas nesses experimentos foram de 22,3°C, 18,0°C e 22,7°C, respectivamente.

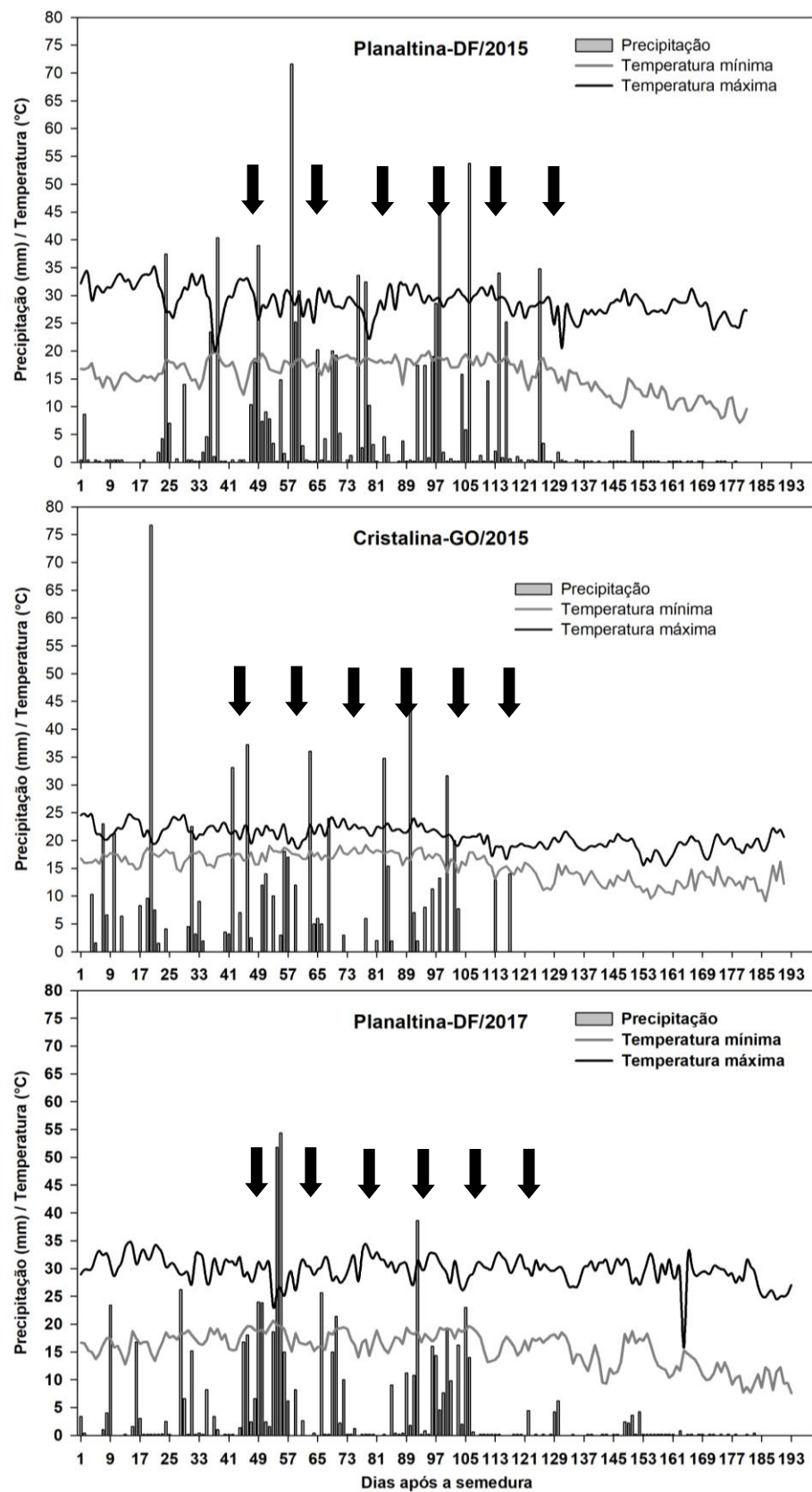


Figura 3. Condições de ambiente (precipitação, temperatura mínima e temperatura máxima) em experimentos de controle químico da mancha-de-ramulária do algodoeiro conduzidos em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017. *Setas indicam os momentos de aplicação dos tratamentos

2.6. Variáveis mensuradas

2.6.1. Severidade da mancha-de-ramulária

As avaliações de severidade da ramulária foram realizadas utilizando-se escala proposta por Aquino (2006) (Anexo I) e tomando por base as 2 linhas centrais de cada parcela, onde foram consideradas as 50 plantas centrais. As avaliações foram realizadas previamente a cada aplicação dos tratamentos fungicidas e aos 7, 14 e 21 dias após a sexta aplicação, totalizando 9 avaliações em cada experimento. Com base nas avaliações de severidade da mancha-de-ramulária foi calculada a Área Abaixo da Curva de Progresso da Ramulária (AACPD), que foi obtida pela soma das áreas trapezoidais da curva (Campbell & Madden, 1990).

2.6.2. Produtividade de algodão em caroço

A produtividade do algodão em caroço foi determinada pela colheita manual de todos os capulhos da área útil das parcelas experimentais, compostas pelas 2 linhas centrais x 4 m de comprimento (~6 m²). Posteriormente foi realizada a pesagem do material obtido e os valores foram transformados para kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

2.6.3. Qualidade tecnológica da fibra

Após a pesagem do algodão em caroço obtido na colheita, foram selecionados aleatoriamente 20 capulhos por parcela experimental para a realização das análises de qualidade da fibra. Esse material foi acondicionado em sacos de papel e posteriormente foi realizado o descaroçamento mecânico, em que a pluma é separada dos caroços (sementes) de algodão.

Após o processo de descaroçamento a pluma obtida foi analisada no laboratório da Associação Goiana dos Produtores de Algodão (AGOPA), que possui o equipamento HVI (*High Volume Instrument*) conhecido como Instrumento de Alto Volume. Dentre as características obtidas através da análise da qualidade da fibra, foram considerados para efeito

deste trabalho o micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra, em função de sua importância para a definição do preço de comercialização do algodão.

2.7. Análise dos dados

O delineamento experimental, os tratamentos aplicados e a metodologia de aplicação empregados foram rigorosamente os mesmos nos três experimentos, conduzidos em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017. Com base nesses pressupostos e considerando que a relação entre o maior e menor quadrado médio residual dos experimentos não foi discrepante, optou-se por submeter os dados a análise conjunta.

De acordo com Pimentel Gomes (1976) e Campos (1984) a relação entre os quadrados médios residuais deve ser menor que 4:1 para possibilitar a análise conjunta; para Banzatto e Kronka (2006) essa relação não deve ultrapassar 7:1. Os quadrados médios residuais foram calculados para os parâmetros AACPD, produtividade do algodão em caroço, índice micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra e são apresentados na Tabela 8.

A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software estatístico AgroEstat (Barbosa & Maldonado, 2015) e os gráficos e regressões foram gerados no software SigmaPlot versão 10.0 para ambiente Windows.

Tabela 8. Quadrados Médios Residuais (QMr) obtidos para as variáveis AACPD, produtividade, micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão e a relação entre o maior e menor QMr para cada parâmetro.

Parâmetro	Quadrados Médios Residuais (QMr)			Maior QMr/ Menor QMr
	Planaltina/2015	Cristalina/2015	Planaltina/2017	
AACPD ¹	2160,5	787,5	935,7	2,74
Produtividade	58224,1	52803,9	131392,5	2,49
Micronaire	0,0484	0,0166	0,0163	2,97
Comprimento	0,3636	0,1384	0,2013	2,63
Resistência	0,4530	0,3217	0,7074	2,20
Uniformidade	0,5172	0,3704	0,5398	1,46

¹AACPD – área abaixo da curva de progresso da doença.

Satisfeitos os pressupostos para permitir a análise conjunta dos 3 experimentos, os dados de AACPD e produtividade foram submetidos à análise conjunta e as médias obtidas comparadas pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$). As características de qualidade da fibra (micronaire, comprimento, resistência e uniformidade) foram submetidas à análise de regressão em função da variável AACPD. Os dados foram testados em relação ao modelo linear de regressão “ $y = a + bx$ ”, onde “ y ” é o parâmetro de qualidade da fibra e “ x ” a AACPD.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As condições de ambiente nos três experimentos foram favoráveis ao desenvolvimento do algodoeiro, o que aliado ao uso de cultivares suscetíveis e ao histórico de ocorrência da doença nas áreas favoreceu a alta severidade da mancha-de-ramulária. A doença ocorreu nos três experimentos e com alta severidade, permitindo assim avaliar a eficiência dos tratamentos fungicidas.

As variáveis AACPD, produtividade, micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra foram afetadas significativamente pelos fungicidas aplicados e pelo local/ano do experimento, como resultado das diferenças de controle da mancha-de-ramulária obtidas (Tabela 9).

Tabela 9. Resumo da análise de variância para cada parâmetro e seu respectivo p-valor.

Causas da Variação	GL	“p-valor”					
		AACPD	Prod.	Micronaire	Comprimento	Resistência	Uniformidade
Blocos	9	0,4368	<0,0001*	0,7370	0,6526	0,0693	0,3480
Tratamentos (T)	16	<0,0001*	<0,0001*	0,0028*	0,0003*	<0,0001*	0,0018*
Experimentos (E)	2	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*	<0,0001*
Resíduo	144	-	-	-	-	-	-
Total	203	-	-	-	-	-	-

*Significativo estatisticamente ($p < 0.05$)

3.1. Área Abaixo da Curva de progresso da Ramulária (AACPD)

A AACPD foi afetada pelos tratamentos e experimentos avaliados, entretanto não houve interação entre esses dois fatores. Esse resultado indica que o comportamento dos fungicidas foi semelhante nos três experimentos avaliados. A mancha-de-ramulária foi reduzida significativamente em resposta à aplicação dos fungicidas, independente do fungicida considerado, comparativamente ao tratamento testemunha (Figura 4).

Os fungicidas do grupo das estrobilurinas, representados neste trabalho pelos ingredientes ativos azoxistrobina, piraclostrobina e picoxistrobina foram semelhantes entre si e obtiveram a menor eficiência de controle entre todos os fungicidas testados. Os resultados indicam que esses fungicidas não devem ser aplicados isoladamente para o controle da mancha-de-ramulária. Além disso, já foi demonstrada a existência de isolados de *R. gossypii* com baixa sensibilidade a fungicidas do grupo das estrobilurinas (Frac, 2009).

Os fungicidas triazóis, representados por difenoconazol, epoxiconazol, tetraconazol e metconazol, apresentaram desempenho superior estatisticamente ao grupo das estrobilurinas e comparável a alguns fungicidas com a mistura formulada de estrobilurina + triazol, como azoxistrobina + difenoconazol, piraclostrobina + metconazol e trifloxistrobina + protioconazol (Figura 4). Apesar da baixa eficiência das estrobilurinas aplicadas isoladamente, sua associação com triazóis é positiva, uma vez que a aplicação de triazóis de forma isolada deve ser evitada em função do risco de seleção de populações de *R. areola* resistentes a esse grupo.

A melhor eficiência geral foi obtida pela aplicação de hidróxido de fentina, semelhante estatisticamente à piraclostrobina + epoxiconazol + fluxapiróxade, piraclostrobina + fluxapiróxade e azoxistrobina + tetraconazol (Figura 4). Esses resultados evidenciam a existência de fungicidas de pelos menos três grupos (triazol, carboxamida e organoestânico) com boa eficiência de controle sobre a mancha-de-ramulária.

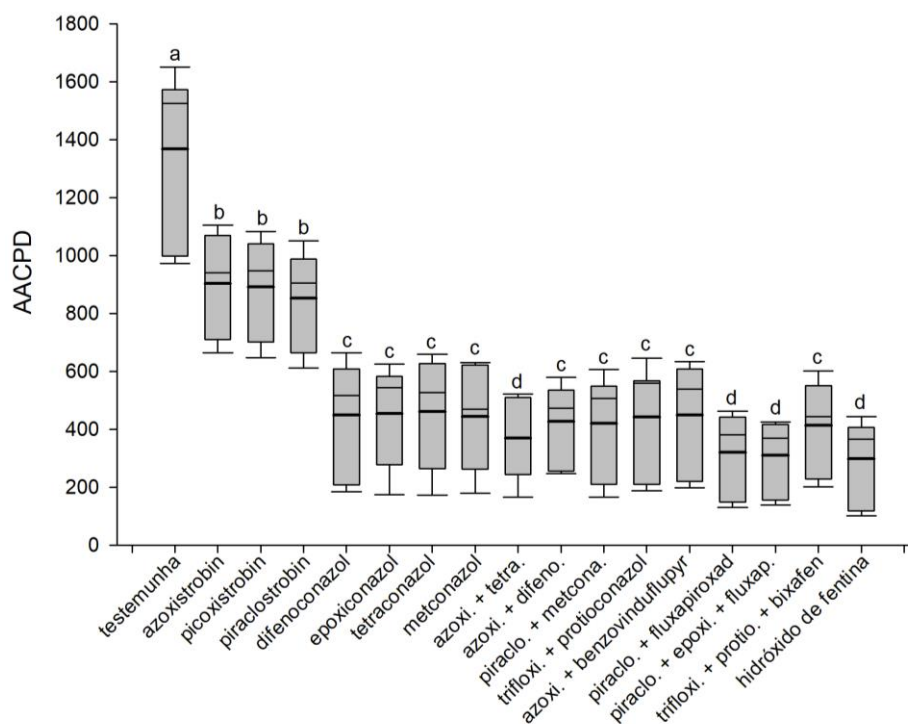


Figura 4. Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em algodoeiro submetido a tratamento com fungicidas. Box Plot representam resultados obtidos em 3 experimentos, conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO, durante as safras 2014/15 e 2016/17. Letras comparam tratamentos fungicidas pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

Estudos semelhantes foram conduzidos para verificar a eficiência de fungicidas em diferentes regiões do Brasil. Lopes et al. (2017) verificaram que o hidróxido de fentina foi mais eficiente contra a mancha-de-ramulária no Mato Grosso, comparativamente a trifloxistrobina + protioconazol e difenoconazol. Silva et al. (2017) relataram que o tetraconazol foi eficiente na redução da severidade da doença em Mato Grosso, Bahia e Goiás.

3.2. Produtividade do algodão em caroço

A mancha-de-ramulária foi a principal responsável pelas variações na produtividade do algodoeiro (Figura 5). As regressões ajustadas demonstram que há relação negativa entre a AACPD e a produtividade do algodão em caroço, com decréscimo na produtividade à medida

que a AACPD aumenta. Houve redução de 0,85 kg ha⁻¹ para cada ponto de incremento na AACPD. Os coeficientes de determinação obtidos indicam ainda que de 55 a 91% da variação na produtividade pode ser explicada pelas variações na AACPD.

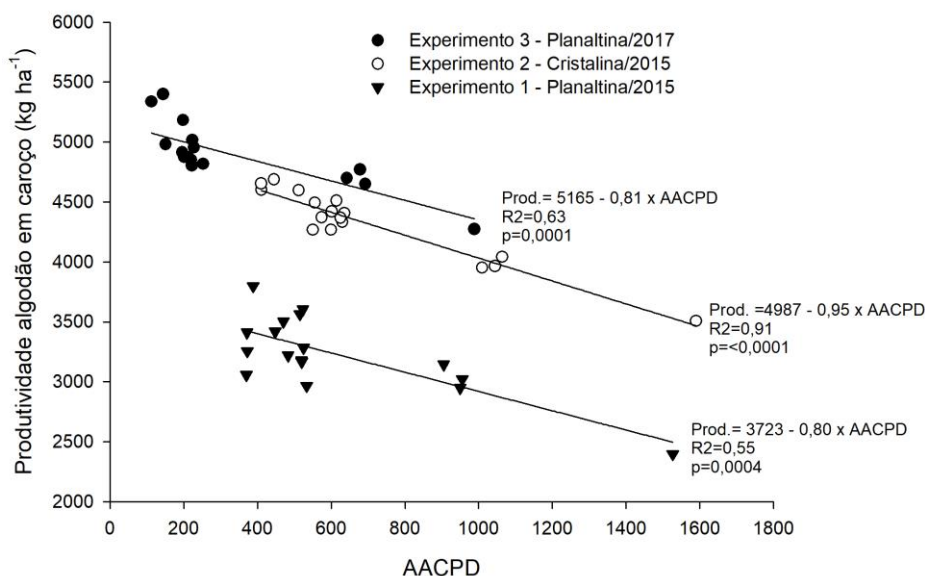


Figura 5. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e a produtividade do algodoeiro em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.

A produtividade do algodoeiro foi afetada pelos fungicidas testados e pelo local do experimento. A redução na produtividade pela não aplicação de fungicidas variou de 9 a 59% considerando os ensaios isolados e, na média deles, houve redução de 15 a 32% (Figura 6). Isso evidencia o potencial de dano da doença à produtividade da cultura.

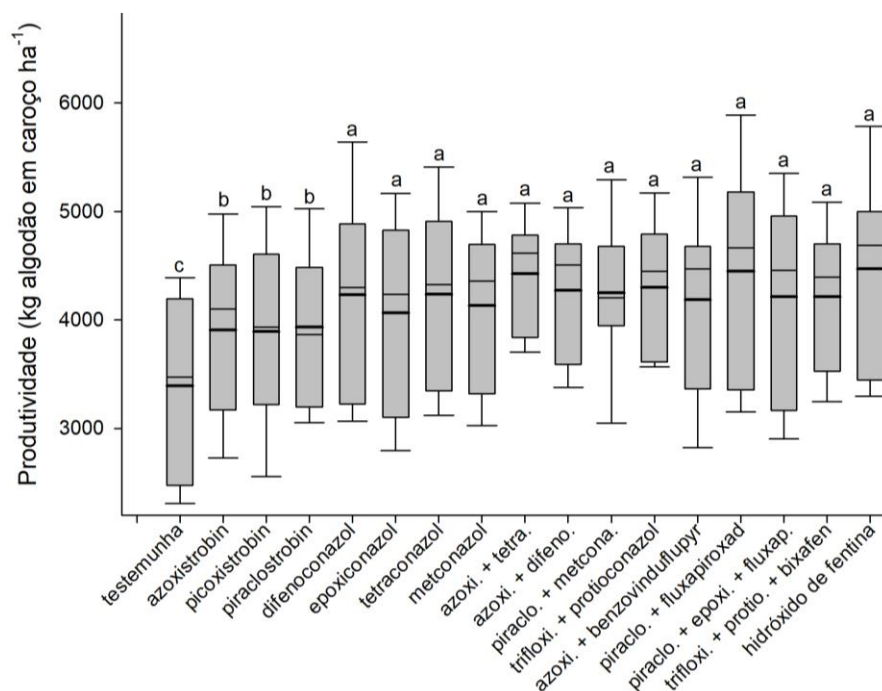


Figura 6. Produtividade de algodão em caroço submetido a fungicidas, em experimentos conduzidos durante as safras 2014/15 e 2016/17 em Planaltina/DF e Cristalina/GO. *Dados apresentados representam a média de 3 experimentos.

Gilio et al. (2017) obtiveram reduções de produtividade variando de 19,86% e 38,83% em cultivares resistentes e suscetíveis, respectivamente, em função do ataque da mancha-de-ramulária. Dias & Theodoro (2017), avaliando a eficiência de diferentes programas de controle sobre a mancha-de-ramulária nas cultivares FMT 701, FMT 705 e FMT 709, encontraram variações de produtividade em relação ao tratamento testemunha de até 27,2%.

Os tratamentos com aplicação de fungicida produziram mais que a testemunha sem controle. Entre os diferentes fungicidas testados, os pertencentes ao grupo das estrobilurinas foram os que possibilitaram os menores incrementos, que na média dos ensaios foi de 15,2%. Os demais fungicidas foram semelhantes estatisticamente entre si, proporcionando incremento médio de 25,7% na produtividade em relação ao tratamento testemunha.

Os ganhos em produtividade obtidos pela aplicação de fungicidas justificam em parte o grande número de aplicações que tem sido realizadas na cultura atualmente. No presente

trabalho, houve ganho médio de 805 kg ha⁻¹ de algodão em caroço, que se convertido para valores monetários sobrepõe o valor investido nas aplicações de fungicidas.

Entretanto, essa condição não deve estimular o emprego de fungicidas sem os critérios técnicos necessários para a obtenção de alta eficiência e com reduzidos impactos ambientais. A utilização de produtos mais eficientes é baseada em critérios técnicos bem definidos e pode resultar em menor número de aplicações, redução dos custos e redução dos impactos ambientais, sem necessariamente comprometer a eficiência de controle e produtividade.

3.3. Qualidade da fibra: micronaire, comprimento, resistência e uniformidade

As variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra foram afetados significativamente pelos tratamentos e experimentos, porém não houve interação entre esses fatores. As regressões ajustadas entre a AACPD e as variáveis de qualidade de fibra mostraram que a maior parte das variações observadas ocorreram em função dos gradientes de doença obtidos pela aplicação dos fungicidas.

O modelo de equação linear ($y=a+bx$) se mostrou adequado para os dados obtidos e o ajuste foi significativo para todas as variáveis nos três experimentos, conforme pode ser observado na Tabela 10. Os coeficientes de determinação obtidos indicam que na maioria dos casos as variações observadas nos valores das variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra foram explicados pelas variações na AACPD.

Os coeficientes angulares das equações foram maiores nos experimentos onde houve maior AAPCR (Planaltina/2015 e Cristalina/2015), mostrando que o efeito da doença sobre as variáveis de qualidade da fibra varia em função da intensidade da doença (Figura 7). Quanto maior o coeficiente angular, maior a inclinação de uma reta e conseqüentemente maior será o impacto sobre uma variável dependente y à medida em que uma variável independente x é alterada.

Tabela 10. Resumo geral da análise estatística e modelo de regressão utilizados para estudar a relação entre a Área Abaixo da Curva de Progresso da Ramulária (AACPD) e as variáveis de qualidade de fibra micronaire, comprimento, resistência e uniformidade.

Resumo do modelo					
Local	Parâmetro	p-valor	R²	R² ajustado	Erro padrão
Planaltina 2015	Micronaire	0,0042	0,4659	0,4303	0,0180
	Comprimento	0,0074	0,4230	0,3845	0,1751
	Resistência	0,0147	0,3693	0,3273	0,2579
	Uniformidade	0,0002	0,3303	0,2857	0,3791
Cristalina 2015	Micronaire	0,0003	0,6426	0,6187	0,0914
	Comprimento	<0,0001	0,7617	0,7458	0,1135
	Resistência	<0,0001	0,6789	0,6575	0,1783
	Uniformidade	0,02	0,6779	0,6565	0,1421
Planaltina 2017	Micronaire	0,0006	0,5021	0,4689	0,0770
	Comprimento	<0,0001	0,6546	0,6316	0,2868
	Resistência	<0,0001	0,7549	0,7386	0,2015
	Uniformidade	<0,0001	0,7549	0,7386	0,2015

Ainda considerando o coeficiente angular, pode-se inferir que o índice micronaire foi menos afetado que as demais variáveis pelas diferenças na AACPD, pois apresentou nos 3 experimentos os menores coeficientes angulares. A característica resistência da fibra foi a mais afetada pela AACPD e, o comprimento e a uniformidade, apresentaram comportamento intermediário, com maior variação entre os experimentos.

No presente trabalho os dados obtidos demonstraram de forma consistente que o aumento na severidade da doença, nesse caso representada pela AACPD, ocasionou redução na qualidade da fibra do algodão, marcadamente sobre as variáveis índice micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra.

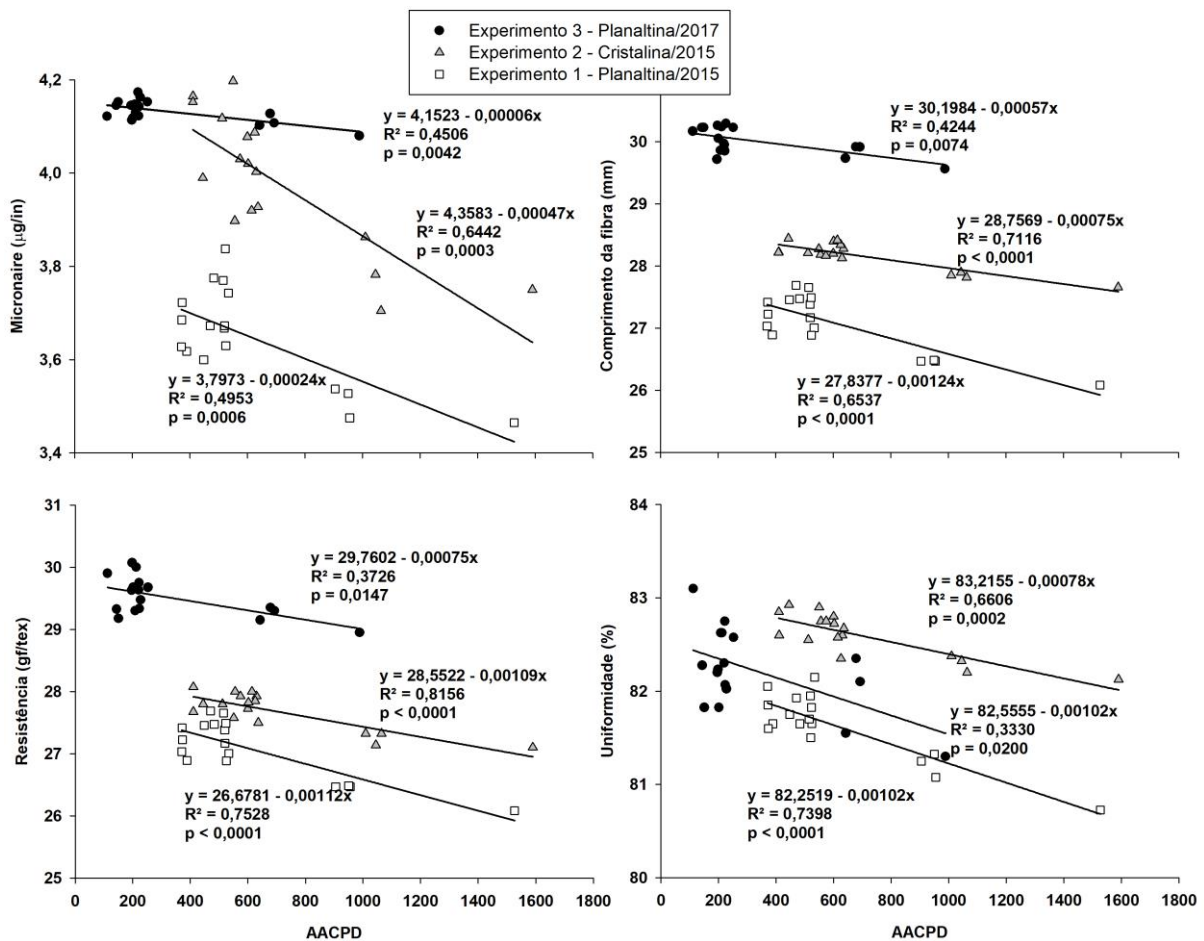


Figura 7. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão em experimentos de controle químico conduzidos em Planaltina/2015, Cristalina/2015 e Planaltina/2017.

Outros autores têm estudado a relação entre a qualidade da fibra e a ocorrência da mancha-de-ramulária em algodoeiro. Dias & Theodoro (2017) relataram redução no índice micronaire da fibra em algodoeiro em parcelas não tratadas com fungicida e sob ocorrência da mancha-de-ramulária. Silva (2014), estudando o efeito do controle biológico sobre características da fibra, concluiu que *Trichoderma harzianum* e *Trichoderma asperellum* não afetaram a resistência, o comprimento e índice micronaire. Gilio et al. (2017) observou que a ramulária afetou negativamente a resistência da fibra, porém não teve efeito sobre o micronaire, uniformidade e comprimento.

A qualidade final da fibra depende de diversos fatores intrínsecos e extrínsecos, incluindo a genética da cultivar, fatores ambientais abióticos tais como temperatura, umidade relativa, radiação solar e fatores bióticos como doenças, pragas e plantas invasoras (Freire, 2015). Especificamente em relação às doenças, sabe-se que a alta severidade da mancha-de-ramulária provoca desfolha no baixeiro e acelera o processo de abertura de maçãs, comprometendo a produtividade e reduzindo a qualidade das fibras (Suassuna & Coutinho, 2015).

A fibra do algodão é constituída por celulose (~ 90% do seu peso seco), umidade, pectinas, goma, graxa e matéria orgânica. Porém, o conteúdo inicial de celulose é baixo e o processo de formação da fibra é longo, iniciando na pré-antese e se estendendo por até 50-70 dias (Beltrão et al., 2008; Sestren & Lima, 2015). Por ser um carboidrato, o processo de deposição de celulose depende diretamente da capacidade fotossintética da planta, que é afetada pela ocorrência da mancha-de-ramulária (Curvêlo et al., 2013). Desta forma, este fato pode explicar as alterações nas características de qualidade da fibra em função da ocorrência da mancha-de-ramulária no algodoeiro.

4. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos demonstraram que todos os fungicidas reduziram significativamente a AACPD em relação ao tratamento testemunha e proporcionaram maior produtividade do algodão em caroço. Os fungicidas pertencentes ao grupo químico das estrobilurinas foram pouco efetivos sobre o controle da doença quando aplicados isoladamente. A mancha-de-ramulária foi a principal responsável pelas reduções na produtividade do algodoeiro obtidas e reduziu a qualidade da fibra do algodoeiro, impactando negativamente as variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade das fibras.

LITERATURA CITADA

- AQUINO, L. A. 2006. Escala diagramática e controle alternativo da mancha de ramularia do algodoeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- AQUINO, L. A.; BERGER, P. G.; RODRIGUES, F. A.; ZAMBOLIM, L.; HERNANDEZ, J. F. R. & MIRANDA, L. M. 2008. Elaboração e validação de escala diagramática para quantificação da mancha de ramulária do algodoeiro. *Summa Phytopathologica* 34(4):361-363.
- BANZATTO, D. A. & KRONKA, S. N. 2006. Experimentação agrícola. 4ª ed. Jaboticabal: Funep/ Unesp. 237p.
- BARBOSA, J. C. & MALDONADO JÚNIOR, W. 2015. Experimentação Agronômica e Agroestat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda. 396p.
- BELTRÃO, N. E. M.; SOUZA, J. G.; SANTANA, J. C. F.; AZEVEDO, M. P. A. & LEÃO, A. B. 2008. Fisiologia da fibra do algodoeiro herbáceo. IN: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.181-219.
- BRASIL - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). 2018. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>.
- CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. V. 1990. Monitoring epidemics: Diseases. In: CAMPBELL, C. L. & MADDEN, L. V. (ed.) Introduction to plant disease epidemiology. New York: J. Wiley, p.107-128.
- CAMPOS, H. 1984. Estatística aplicada a experimentação com cana-de-açúcar. Piracicaba: Fealq. 292p.
- CHITARRA, L. G.; MEIRA, S. A. & MENEZES, V. L. 2005. Controle químico da mancha de ramulária do algodoeiro, causada por *Ramularia areola*, em função da idade da planta e da severidade da doença: safra 2003/2004. Embrapa/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Campina Grande, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).
- CIA, E.; FUZATTO, M. G.; MARTINS, A. L.; MICHELOTO, M. D.; ALMEIDA, W. P. & OLIVEIRA, A. B. 2009. Reação de genótipos de algodoeiro à incidência da mancha de ramularia em condições naturais de infestação. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 7. Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 1. CD-ROM.

- CURVÊLO, C. R. S.; RODRIGUES, F. A.; SILVA, L. C.; NASCIMENTO, J. T. & BEGER, P. G. 2013. Mecanismos bioquímicos da defesa do algodoeiro à mancha de ramulária mediados pelo silício. *Bragantia* 72(1):41-51.
- DIAS, A. R.; THEODORO, G. F. 2017. Integração de cultivares resistentes e fungicidas no controle da mancha de ramulária (*Ramularia areola*) e produtividade do algodoeiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 16(3): 221-230.
- FRAC - FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE: A RESISTANCE ACTIVITY UPDATE. 2009. *Outlooks on Pest Management*.
- FREIRE, E. C. 2015. Algodão no Cerrado. 3ª ed. Brasília: Positiva. 956 p.
- GILIO, T. A. S.; DE ARAÚJO, D. V.; ARAÚJO, K. L.; FREGONESE, T. E.; FRANZON, R. C. & PIZZATO, J. A. 2017. Estimated damage caused by ramularia leaf spots on cotton. *African Journal of Agricultural Research*, 12(1):12-19.
- IAMAMOTO, M. M. 2003. Doenças foliares do algodoeiro. 1ª. ed. Jaboticabal: Funep. 41p.
- ISHII, H. & HOLLOWAY D. W. 2015. Fungicide resistance in plant pathogens: principles and a guide to practical management. Tokyo: Springer. 489p.
- LOPES, L. O.; LACERDA, J. J. J.; MIELEZRSKI, F.; RATKE, R. F.; LIRA, D. N. S. & PACHECO, L. P. 2017. Efeito de fungicidas para o controle da *Ramularia areola* na cultura do algodoeiro. *Summa Phytopathologica* 43(3):229-235.
- MARUR, C. J. & RUANO, O. 2004. Escala do algodão – um método para determinação dos estádios de desenvolvimento do algodoeiro herbáceo. *Informações Agronômicas* (Piracicaba), (105), 3-4.
- NOVAES, T. G.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P. & MEHTA, Y. R. 2011. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. *Summa Phytopathologica* 37(2):150-152.
- PAIVA F. A. 2001. Doenças. In: Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Campina Grande: Embrapa Algodão. p. 245-266.
- PIMENTEL GOMES, F. 1976. Curso de estatística experimental. 6ª ed. Piracicaba: Nobel. 430 p.
- RATHAIAH, Y. 1977. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. *Phytopathology* 67(3):351-357.

- ROCHA, C. L.; CARVALHO, C. L. & OLIVEIRA, C. G. 2005. Avaliação de fungicidas no controle de ramulária (*Ramularia areola*) na cultura do algodão. *Fitopatologia Brasileira* 30:582.
- SESTREN, J. A. & LIMA, J. J. 2015. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. Algodão no Cerrado do Brasil. 3ª ed. Brasília: Positiva. 942 p.
- SILVA, J. C. D. 2014. Mancha de ramularia do algodoeiro: agente etiológico, produção de inóculo, resistência de genótipos e controle integrado. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.
- SILVA, J. C.; SUASSUNA, N. D. & BETTIOL, W. 2017. Management of ramularia leaf spot on cotton using integrated control with genotypes, a fungicide and *Trichoderma asperellum*. *Crop Protection* 94(1):28-32.
- SUASSUNA, N. D. & COUTINHO, W. M. 2015. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. Algodão no Cerrado. 3ª ed. Brasília: Positiva. 956 p.
- SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, M. C.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. & CHITARRA, L. G. 2008. Manejo de doenças do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2:985-1032.
- SUASSUNA, N. D. & COUTINHO, W. M. 2007. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. Algodão no cerrado do Brasil. Brasília: Talento. p. 479-521.
- ZANDONÁ, C.; NOVAES, T. G.; NUNES, M. P.; ALMEIDA, W. P.; AGUIAR, P. H.; MORELLO, C. L.; SHUSTER, I. & MEHTA, Y. R. 2012. Mechanism of resistance and presence of different resistance genes to *Ramularia areola* in two cotton genotypes. *Tropical Plant Pathology* 37(3):175-178.

CAPÍTULO 2

**INTEGRAÇÃO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDA PARA O
CONTROLE DA MANCHA-DE-RAMULÁRIA EM ALGODOEIRO**

INTEGRAÇÃO DE RESISTÊNCIA GENÉTICA E FUNGICIDA PARA O CONTROLE DA MANCHA-DE-RAMULÁRIA EM ALGODOEIRO

RESUMO

A integração de diversas práticas de controle é a forma mais segura e eficaz de combater doenças como a mancha-de-ramulária (*R. gossypii*), principal doença fúngica do algodoeiro no Brasil. Os fungicidas têm sido a prática mais amplamente utilizada pelos cotonicultores, apesar de existirem cultivares de algodoeiro com resistência ao fungo *R. gossypii*. O objetivo do presente trabalho foi estudar como a integração entre a resistência genética de cultivares e a aplicação de fungicida afeta o controle da mancha-de-ramulária e a produtividade do algodoeiro. Três experimentos de campo foram conduzidos durante a safra 2016/17 em Planaltina/DF e Cristalina/GO. Foram avaliadas sete cultivares de algodoeiro (FM 983 GLT; FMT 701; BRS 370 RF; FM 944 GL; FM 980 GLT; FM 940 GLT; FM 975 WS) e diferentes regimes de aplicação do fungicida piraclostrobina + fluxapirroxade (99,9 + 50,1 g.i.a. ha⁻¹), que foi aplicado preventiva ou curativamente e utilizando 50 ou 150 L ha⁻¹ de volume de calda, além do tratamento testemunha. Os ensaios foram instalados em esquema de parcelas sub-subdivididas e os tratamentos dispostos no delineamento em blocos casualizados com quatro repetições. As parcelas principais foram representadas pelo local do ensaio, as cultivares representaram as subparcelas e os modos de aplicação do fungicida representaram as sub-subparcelas. Foram realizadas seis aplicações do fungicida em cada cultivar, com intervalo entre aplicações de 14 dias. As aplicações foram realizadas com pulverizador de precisão e pressão constante (CO₂) provido de barra de 6 pontas tipo XR11001VS, utilizando a pressão de 270 kPa. Foram mensuradas a severidade da mancha-de-ramulária, a partir da qual foi calculada a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e a produtividade do algodão em caroço. Os dados obtidos no presente estudo demonstraram grande variabilidade na suscetibilidade de cultivares de algodoeiro à *R. gossypii* e na resposta à aplicação de fungicidas, sendo esse efeito variável em função do local de cultivo. A aplicação de fungicidas de modo preventivo e com volume de calda de 150 L ha⁻¹ foi mais eficiente do que aplicações curativas e com menor volume de calda (50 L ha⁻¹).

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, cultivares, resistência genética, momento de aplicação, volume de calda, manejo integrado de doenças.

INTEGRATION OF GENETIC RESISTANCE AND FUNGICIDE TO CONTROL OF RAMULARIA LEAF SPOT IN COTTON

ABSTRACT

Integration of several practices is the safest and most effective way to control diseases such as the ramularia leaf spot, the major fungal disease of cotton in Brazil. Fungicides have been the most widely used control practice by cotton growers, although cotton cultivars with resistance to the fungus *R. gossypii* are available. This work aimed to evaluate the integration of genetic resistance of cotton cultivars and fungicide application for the control of ramularia leaf spot and cotton yield. Three field trials were carried out during the 2016/17 season in Planaltina/DF and Cristalina/GO. Seven cotton cultivars (FM 983 GLT, FMT 701, BRS 370 RF, FM 944 GL, FM 980 GLT, FM 940 GLT, FM 975 WS) and different mode of application of the fungicide pyraclostrobin + fluxapirroxade (99.9 + 50.1 g.a.i. ha⁻¹), which was applied preventively or curatively and using application volume of 50 or 150 L ha⁻¹ were evaluated. A non-treated plot was also used. Treatments were arranged in a split-split plot design, where the site composed the main plots, the cultivars represented the subplots and the mode of fungicide application represented the sub-subplots. Fungicide was applied six times in cultivar with 14 days of interval. The applications were performed using a constant pressure equipment (CO₂) and a boom sprayer equipped with 6 nozzle XR11001VS, calibrated to a pressure of 270 kPa. The disease severity was assessed and used to calculate the area under the disease progress curve (AUDPC). Cotton yield was also determined. Results obtained showed a great variability regarding the susceptibility of cotton cultivars to *R. gossypii* and that response to the application of fungicides was dependent of cultivar and site of experiments. The fungicide was more efficient when applied in a preventive way and using volume of 150 L ha⁻¹ than curative applications and with a lower volume (50 L ha⁻¹).

Keywords: *Gossypium hirsutum*, integrated disease management, fungicide application timing, genetic resistance, cotton cultivars, preventive, water volume, yield.

1. INTRODUÇÃO

A mancha-de-ramulária (*R. gossypii*) é a principal doença do algodoeiro no Brasil, causando perdas entre 30 e 75% na produtividade (Suassuna et al., 2008; Zandoná et al., 2012; Novaes et al., 2011). O uso do controle químico é comum e em média sete aplicações são efetuadas durante a safra para o controle da doença (Grupo Kleffmann, 2016). O grande número de aplicações de fungicidas exerce seleção sobre as populações do patógeno e, nesse sentido, já foram identificadas populações de *R. areola* com baixa sensibilidade a estrobilurinas (Frac, 2009; Ishii & Hollomon 2015), que foram amplamente utilizadas para o controle da doença.

A utilização de vários métodos de forma conjunta é mais eficiente e duradoura para o controle de doenças (Silva et al., 2017). Para a mancha-de-ramulária, a rotação de culturas, adubação equilibrada, resistência genética, época de semeadura, manejo cultural e aplicação de fungicidas podem reduzir a severidade da doença (Chitarra et al., 2005; Rocha et al., 2005; Suassuna et al., 2008). O uso de cultivares resistentes é um método menos nocivo ao ambiente no controle da mancha-de-ramulária e existem genótipos com resistência horizontal ou vertical disponíveis (Aurangabadkar et al., 1981; Cia et al., 2009; Mukewar et al., 1995; Mukewar & Mayee, 2001; Zandona et al., 2012).

Mesmo existindo genótipos com resistência disponíveis (Cia et al., 2009; Silva et al., 2017), esses materiais nem sempre apresentam a adaptabilidade e estabilidade de produção e qualidade de fibras desejadas (Suinaga et al., 2006). Desta forma, alguns cotonicultores optam por genótipos suscetíveis, o que implica no emprego de outras medidas de controle. Apesar de existirem relatos acerca da reação de cultivares de algodoeiro à *R. areola*, são escassas as informações sobre a integração da resistência genética e outras práticas de controle, em diferentes ambientes de cultivo. O presente estudo visa avaliar o controle integrado da

mancha-de-ramulária em algodoeiro com a utilização de cultivares resistentes e a aplicação de fungicidas.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Caracterização dos locais

Foram conduzidos três ensaios com a cultura do algodoeiro em 2016/17, sendo o ensaio 1 em Planaltina/DF, (latitude 15°40'59.7"S, longitude 47°19'57.7"W e altitude de 868 m), o ensaio 2 em Cristalina/GO (16°11' 37.4" S, 47°32'38.8"W e altitude de 980 m) e o ensaio 3 em Planaltina/DF (15°40'01.2"S, 47°19'58.8"W e altitude de 870 m). Esses ensaios serão referidos como Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2.

O clima tropical nos ensaios apresenta estação seca definida e precipitação anual de 1446 mm, concentrada de outubro a maio. As temperaturas médias anuais variam de 16,8 a 28,6° C. O Latossolo Vermelho Distrófico (Tabela 11) nos ensaios realizados em Planaltina/DF apresentou: 473 g kg⁻¹ de argila, 308 g kg⁻¹ de silte e 219 g kg⁻¹ de areia em Planaltina 1 e 485 g kg⁻¹ de argila, 293 g kg⁻¹ de silte e 222 g kg⁻¹ de areia em Planaltina 2. Em Cristalina/GO o Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico apresentou: 762 g kg⁻¹ de argila, 221 g kg⁻¹ de silte e 81 g kg⁻¹ de areia.

Tabela 11. Propriedades químicas do solo (0 – 20 cm) nas áreas de Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2, onde foram conduzidos experimentos de manejo integrado da mancha-de-ramulária do algodoeiro.

Local/Ano	pH	Al ³⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	CTC	m	V	M.O.	S-SO ₄ ²⁻	P
		----- cmolc dm ⁻³ -----					----- % -----	g kg ⁻¹	----- mg dm ⁻³ -----		
Planaltina 1	5,50	0,02	3,06	0,96	0,55	8,40	0,40	54,40	34,00	16,00	21,10
Cristalina	4,90	0,00	2,10	0,80	0,19	5,99	0,00	51,50	28,00	15,00	7,00
Planaltina 2	5,70	0,01	3,74	1,14	0,74	9,10	0,20	61,80	36,00	11,00	21,60

* m – saturação por alumínio; V – saturação por bases; M.O. – matéria orgânica do solo.

2.2. Semeadura e manejo do algodoeiro

Os ensaios realizados em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 foram semeados em 08/12/2016, 13/01/2017 e 20/02/2017, respectivamente, utilizando-se semeadora Stara SHM 11/13, regulada para espaçamento entre linhas de 0,76 m e para distribuir oito sementes por metro linear. As práticas de manejo da cultura, incluindo adubação, manejo de plantas daninhas, manejo de pragas e uso de regulador de crescimento foram realizadas conforme Beltrão & Azevedo (2008).

2.3. Delineamento experimental e tratamentos

Os ensaios foram instalados em esquema de parcelas sub-subdivididas e os tratamentos dispostos no delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. O local de realização do ensaio compôs as parcelas principais, as cultivares representaram as subparcelas e os modos de aplicação de fungicida representaram as sub-subparcelas. Nas parcelas principais foram testados 3 locais (Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2), nas subparcelas 7 cultivares (FM 983 GLT; FMT 701; BRS 370 RF; FM 944 GL; FM 980 GLT; FM 940 GLT; FM 975 WS) e, nas sub-subparcelas, diferentes modos de aplicação do fungicida piraclostrobina + fluxapirroxade (99,9 + 50,1 g.i.a. ha⁻¹), que foi aplicado preventiva (sem sintomas/sinais da doença) ou curativamente (com sintomas/sinais da doença) e utilizando 50 ou 150 L ha⁻¹ de volume de calda, além do tratamento testemunha (Tabela 12).

Tabela 12. Tratamentos definidos para o manejo integrado da mancha-de-ramulária do algodoeiro em diferentes locais e diferentes modos de aplicação de fungicida, associados a sete cultivares, em ensaios conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO durante a safra 2016/17.

Parcela Principal (Locais)	Subparcelas (cultivares)	Sub-subparcelas (modo de aplicação do fungicida)
Planaltina 1	FM 983 GLT	testemunha sem fungicida
	FMT 701	
Cristalina	BRS 370 RF	fungicida preventivo (50 L ha ⁻¹)
	FM 944 GL	fungicida preventivo (150 L ha ⁻¹)
Planaltina 2	FM 980 GLT	fungicida curativo (50 L ha ⁻¹)
	FM 940 GLT	fungicida curativo (150 L ha ⁻¹)
	FM 975 WS	

As parcelas foram compostas por 4 linhas de algodoeiro de 5 m de comprimento (3,04 x 5 m = ~15 m²). A área útil de cada parcela, utilizada para mensurar as variáveis estudadas, foi composta pelas duas linhas centrais de 4 m de comprimento, excluindo-se 0,5 m das extremidades de cada parcela como bordadura (6 m²).

2.4. Aplicação dos tratamentos fungicidas

As datas das aplicações e condições meteorológicas no momento de cada aplicação são apresentadas na tabela 13.

Tabela 13. Data das aplicações, idade do algodoeiro e condições meteorológicas registradas no momento das aplicações dos tratamentos fungicidas em ensaios de campo conduzidos visando o contole integrado da mancha-de-ramulária em Planaltina/DF e Cristalina/GO, durante a safra 2016/17.

Aplicação	Data	Idade (dias) ¹	Temperatura (°C)	Umidade Relativa (%)	Velocidade do vento (km h ⁻¹)	Nebulosidade (%)
Planaltina 1						
1	04/02/2017	58	24,1	83,8	0,4	85,0
2	22/02/2017	76	22,9	74,7	4,0	5,0
3	08/03/2017	90	30,8	66,3	2,6	15,0
4	18/03/2017	100	23,0	82,5	2,0	80,0
5	01/04/2017	114	22,4	82,3	4,2	90,0
6	17/04/2017	130	22,4	78,4	0,4	0,0
7	29/04/2017	142	28,7	54,2	2,2	10,0
Cristalina						
1	03/03/2017	49	26,9	65,6	2,6	0,0
2	17/03/2017	63	20,8	86,0	1,1	90,0
3	30/03/2017	76	22,9	81,5	0,4	10,0
4	12/04/2017	89	23,1	74,9	0,2	0,0
5	28/04/2017	105	23,5	87,1	2,3	5,0
6	12/05/2017	119	21,1	67,4	2,0	0,0
7	26/05/2017	133	19,4	44,0	1,4	15,0
Planaltina 2						
1	20/04/2017	59	22,5	71,9	3,5	50,0
2	04/05/2017	73	21,7	64,3	3,3	5,0
3	18/05/2017	87	26,8	60,5	1,3	35,0
4	01/06/2017	101	28,3	47,7	1,6	0,0
5	14/06/2017	114	18,6	80,3	0,3	15,0
6	05/07/2017	135	14,6	71,4	5,2	0,0
7	19/07/2017	149	12,8	86,6	1,4	0,0

¹Dias após a emergência. *Dados obtidos através de termohigroanemômetro digital portátil e as variáveis ambientais foram registradas no momento da aplicação dos tratamentos. **A partir da segunda aplicação, os tratamentos preventivos e curativos foram aplicados no mesmo dia e os dados apresentados representam a condição para todos os tratamentos.

O fungicida piraclostrobina + fluxapiroxade foi aplicado seis vezes em todas as cultivares de algodoeiro seguindo os tratamentos descritos na Tabela 12. Após a 1ª aplicação do fungicida, buscou-se manter o intervalo fixo de 14 dias entre as demais aplicações, com pequenas variações em função de condições de ambiente. O intervalo exato entre as aplicações pode ser consultado na Tabela 13. A aplicação dos fungicidas (Figura 8) foi realizada com pulverizador de precisão e pressão constante (CO₂), contendo barra com seis pontas do tipo Teejet XR11001, de jato plano de faixa ampliada e volume de calda de 150 L ha⁻¹. A pressão de trabalho foi constante (270 kPa) e o ajuste do volume de calda se deu pela modificação da velocidade de aplicação. O equipamento possui manômetros na saída do cilindro de CO₂ e na barra de pulverização, permitindo o monitoramento constante da pressão do sistema. Além disso, o sistema trabalha com volume de calda exata para a área a ser aplicada o que permite a identificação instantânea de problemas.



Figura 8. Aplicação dos tratamentos fungicidas na cultura do algodoeiro.

2.5. Condições de ambiente durante a condução dos experimentos

Os dados meteorológicos foram coletados de estações meteorológicas automáticas localizadas ao lado dos ensaios, com exceção do ensaio de Cristalina, onde a precipitação foi estimada por intermédio de pluviômetros convencionais instalados no experimento e as informações de temperatura e umidade foram obtidas de uma estação meteorológica localizada a aproximadamente 15 km do ensaio. A precipitação acumulada ao longo do ciclo do algodoeiro foi de 846,9 mm em Planaltina 1, 646 mm em Cristalina e 607 mm em Planaltina 2. As temperaturas médias nesses ensaios foram de 22,9°C, 21,7°C e 20,9°C e a umidade relativa do ar foi de 78,8%, 79,4% e 73,1%, respectivamente (Figura 9).

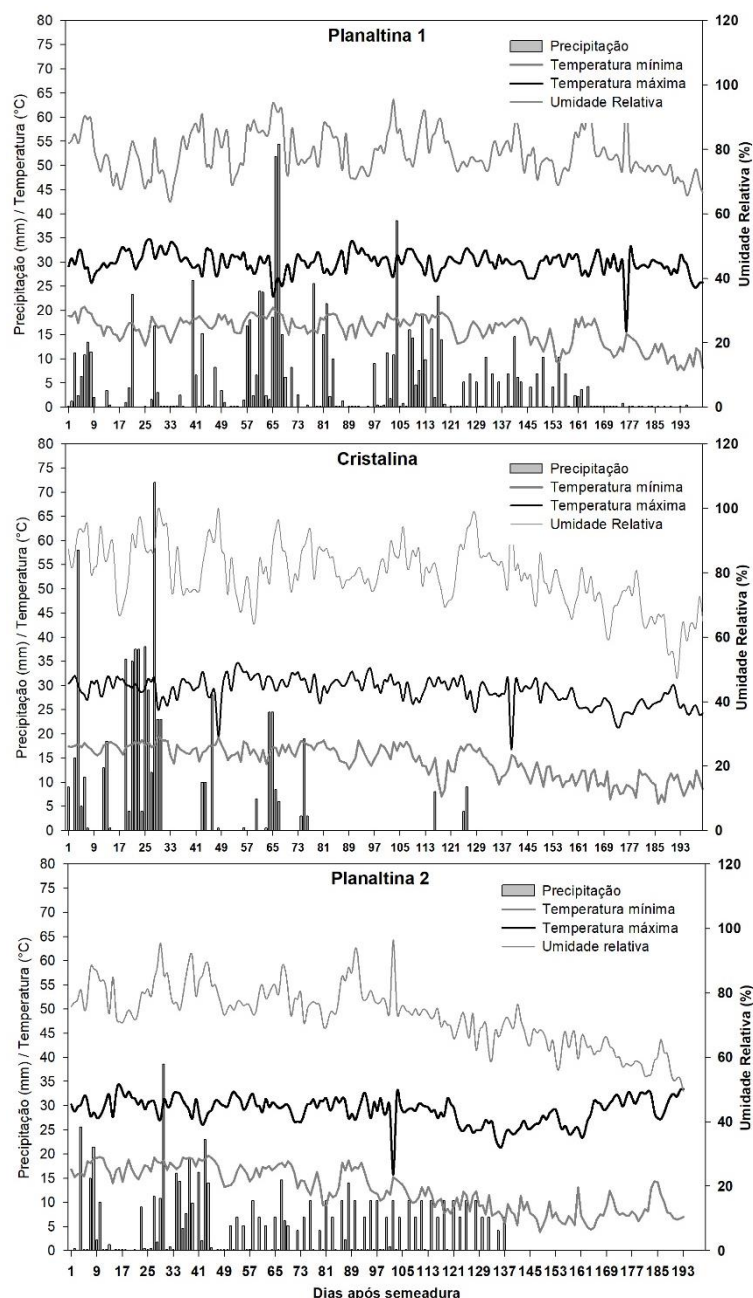


Figura 9. Precipitação, temperatura mínima, máxima e umidade relativa em experimentos para o manejo integrado da mancha-de-ramulária conduzidos em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 durante a safra 2016/17.

2.6. Variáveis mensuradas

2.6.1. Severidade da mancha-de-ramulária

As avaliações de severidade da mancha-de-ramulária foram realizadas utilizando escala proposta por Aquino (2006) (Anexo 1) e tomando por base as 2 linhas centrais de cada

parcela, onde foram consideradas as 50 plantas centrais. Foram realizadas 6 avaliações de severidade da mancha-de-ramulária em Planaltina 1 e 4 avaliações em Cristalina e Planaltina 2, sendo uma avaliação previamente à aplicação dos tratamentos e as demais distribuídas ao longo do ciclo, sendo a última avaliação realizada aos 21 dias após a última aplicação de fungicida.

2.6.2. Produtividade do algodão em caroço

A produtividade do algodão em caroço foi estimada pela colheita manual de todos os capulhos da área útil das parcelas experimentais, compostas pelas 2 linhas centrais de 4 m de comprimento, totalizando 6,08 m². Posteriormente foi realizada a pesagem do material obtido e os resultados obtidos foram transformados em kg ha⁻¹ de algodão em caroço.

2.7. Análise dos dados

A análise estatística dos dados foi realizada considerando um esquema de parcelas sub-subdivididas, com os locais como parcela principal, as cultivares de algodoeiro nas subparcelas e o modo de aplicação de fungicida nas sub-subparcelas. A análise estatística dos dados foi realizada com o auxílio do software estatístico AgroEstat (Barbosa & Maldonado, 2015) e os gráficos foram gerados no software SigmaPlot versão 10.0 para Windows.

3. RESULTADOS

A análise de variância dos dados mostrou que a AACPD e a produtividade do algodoeiro foram afetados significativamente pelo local, cultivares e modo de aplicação do fungicida. Houve interação significativa de local x cultivares, local x fungicidas, cultivares x fungicidas e local x cultivares x fungicidas na variável AACPD e, no caso da produtividade, apenas a interação tripla não foi significativa (Tabela 14).

Tabela 14. Resumo da análise de variância demonstrando o efeito dos locais, cultivares e modo de aplicação de fungicida sobre os parâmetros AACPD e produtividade, em experimentos conduzidos com a cultura do algodoeiro durante a safra 2016/17.

Causas da Variação	GL	AACPD			Produtividade		
		QM	F	p-valor	QM	F	p-valor
Blocos	3	7309	7,06*	0,02	396059	0,98ns	0,4312
Local (L)	2	252023	243,32**	<0,0001	150439998	373,33**	<0,0001
Resíduo	6	1036	-	-	402970	-	-
Parcelas	11	-	-	-	-	-	-
Cultivares (C)	6	115424	52,11**	<0,0001	4675067	53,26**	<0,0001
(L) x (C)	12	59495	26,86**	<0,0001	1129264	12,86**	<0,0001
Resíduo	54	2215	-	-	87779	-	-
Subparcelas	83	-	-	-	-	-	-
Fungicida (F)	4	2778591	5125,57**	<0,0001	2061503	39,58**	<0,0001
(L) x (F)	8	25684	47,38**	<0,0001	183417	3,52**	<0,0007
(C) x (F)	24	9429	17,39**	<0,0001	82002	1,57*	0,0467
(L) x (C) x (F)	48	6045	11,15**	<0,0001	56159	1,08ns	0,3477
Resíduo	252	542	-	-	52078	-	-
Total	419	-	-	-	-	-	-

3.1. Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD)

Houve variação significativa na severidade da mancha-de-ramulária, representada pela AACPD, entre os locais de condução dos ensaios. Os maiores valores de AACPD foram observados nos ensaios de Planaltina 1 e Planaltina 2, que foram semelhantes entre si e superiores aos valores obtidos no ensaio de Cristalina (Figura 10).

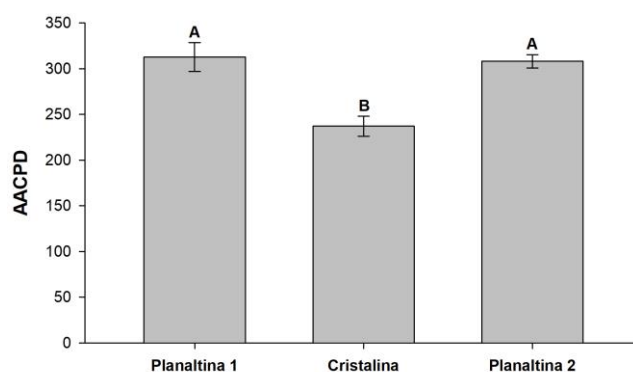


Figura 10. Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em três experimentos conduzidos com algodoeiro na safra 2016/17. *Os valores representam a média de 7 cultivares e 5 modos de aplicação de fungicida. ** As médias foram comparadas pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

A aplicação de fungicida reduziu a AACPD em relação à testemunha nos dois modos de aplicação (preventivo e curativo) e volumes de calda utilizados (50 e 150 L ha⁻¹). Quando o fungicida foi aplicado preventivamente foram obtidos menores valores de AACPD, comparativamente à aplicação curativa. A utilização de maior volume de calda (150 L ha⁻¹) possibilitou melhor controle da doença em relação à aplicação com menor volume (50 L ha⁻¹) (Figura 11).

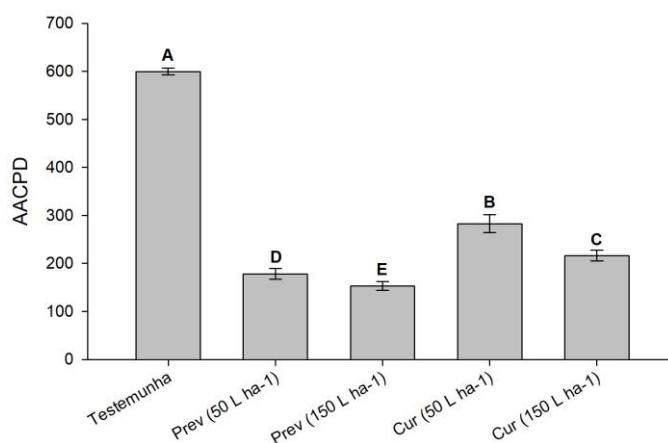


Figura 11. Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em algodoeiro submetido a aplicação de fungicida preventiva (Prev) ou curativamente (Cur) e com volume de calda a 50 ou 150 L ha⁻¹. Média de 3 ensaios com 7 cultivares. Comparação pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

As cultivares apresentaram diferentes níveis de suscetibilidade à mancha-de-ramulária, conforme pode ser verificado pelas AACPD (Figura 12). A cultivar FM 980 GLT apresentou maior AACPD, seguida de FM 940 GLT, FMT 701 e FM 983 GLT, as quais foram semelhantes entre si e apresentaram suscetibilidade intermediária. BRS 370 RF foi a mais resistente, seguida por FM 944 GL e FM 975 WS, as quais foram semelhantes entre si (Figura 2).

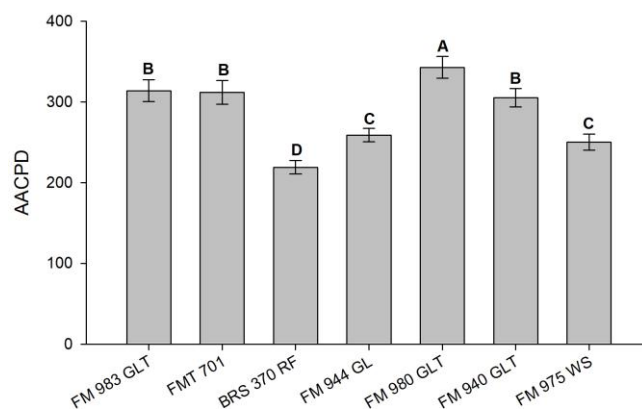


Figura 12. Área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em 7 cultivares de algodoeiro em ensaios durante a safra 2016/17. *Média de 3 experimentos e 5 modos de aplicação de fungicidas. **As barras foram comparadas pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

Em função da interação tripla significativa obtida na análise de variância dos dados, optou-se por estudar a interação cultivares x fungicidas, por ser essa uma informação mais relevante e de maior aplicabilidade prática. Desse modo, os dados foram apresentados desdobrando a interação cultivares x fungicidas, nos ensaios analisados em separado (Tabela 15).

O uso de fungicida reduziu a AACPD nas 7 cultivares avaliadas e nos 3 experimentos, independentemente do modo de aplicação e volume de calda. A aplicação preventiva e com volume de calda de 150 L ha^{-1} proporcionou a menor AACPD, entretanto, a significância estatística em relação aos demais tratamentos foi dependente da cultivar. Quando a aplicação foi realizada de modo preventivo, não houve diferença entre os 2 volumes de calda testados nas cultivares FM 980 GLT, FM 940 GLT e FM 975 WS. Porém, em duas dessas cultivares (FM 980 GLT e FM 975 WS) a AACPD foi maior no volume de 50 L ha^{-1} quando a aplicação foi realizada de modo curativo nos 3 ensaios.

Tabela 15. Interação de cultivares de algodoeiro e fungicidas sobre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 (Safrá 2016/2017).

Cultivar	Testemunha	Fungicida			
		Prev 50 L	Prev 150 L	Cur 50 L	Cur 150 L
Planaltina 1					
FM 983 GLT	842 Aa	223 Da	160 Eb	388 Ba	273 Cb
FMT 701	727 Ab	229 Ca	231 Ca	384 Ba	248 Cb
BRS 370 RF	559 Ac	138 Cb	120 Cb	194 Bc	154 Cc
FM 944 GL	566 Ac	154 Db	140 Db	258 Bb	201 Cc
FM 980 GLT	848 Aa	247 Da	223 Da	441 Ba	333 Ca
FM 940 GLT	558 Ac	162 Cb	155 Cb	255 Bb	212 Bc
FM 975 WS	571 Ac	162 Cb	161 Cb	268 Bb	164 Cc
Cristalina					
FM 983 GLT	432 Ac	152 Bb	86 Cb	147 Be	148 Bb
FMT 701	629 Aa	195 Ca	131 Db	301 Bb	220 Ba
BRS 370 RF	429 Ac	162 Bb	122 Cb	194 Bd	178 Bb
FM 944 GL	539 Ab	135 Db	116 Db	191 Bd	156 Cb
FM 980 GLT	413 Ac	124 Cb	134 Cb	199 Bd	172 Bb
FM 940 GLT	615 Aa	201 Ca	181 Ca	356 Ba	211 Ca
FM 975 WS	406 Ac	121 Cb	118 Cb	238 Bc	147 Cb
Planaltina 2					
FM 983 GLT	784 Aa	237 Db	144 Ec	367 Bb	325 Ca
FMT 701	567 Ac	167 Dd	141 Ec	272 Bd	238 Cb
BRS 370 RF	440 Ad	133 Ce	100 Dd	186 Be	172 Bc
FM 944 GL	649 Ab	163 Dd	140 Ec	254 Bd	221 Cb
FM 980 GLT	774 Aa	265 Da	252 Da	395 Ba	321 Ca
FM 940 GLT	671 Ab	208 Dc	209 Db	353 Bb	232 Cb
FM 975 WS	570 Ac	166 Dd	152 Dc	294 Bc	218 Cb

** Letras maiúsculas comparam fungicidas e minúsculas comparam cultivares pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$)

Considerando os 3 ensaios e comparando os dois volumes de calda testados (50 e 150 L ha^{-1}), o número de casos em que houve diferença significativa entre os volumes foi 87% maior quando o fungicida foi aplicado de modo curativo, comparativamente à aplicação preventiva. Porém, comparando a aplicação preventiva x curativa, houve 18% mais casos de diferença significativa quando a aplicação foi realizada com o menor volume de calda (50 L ha^{-1}).

3.2. Produtividade do algodão em caroço

A produtividade do algodão variou entre os locais dos ensaios, sendo maior em Planaltina 1 (4504 kg ha⁻¹), seguido por Cristalina (2818 kg ha⁻¹) e Planaltina 2 (2616 kg ha⁻¹) (Figura 13).

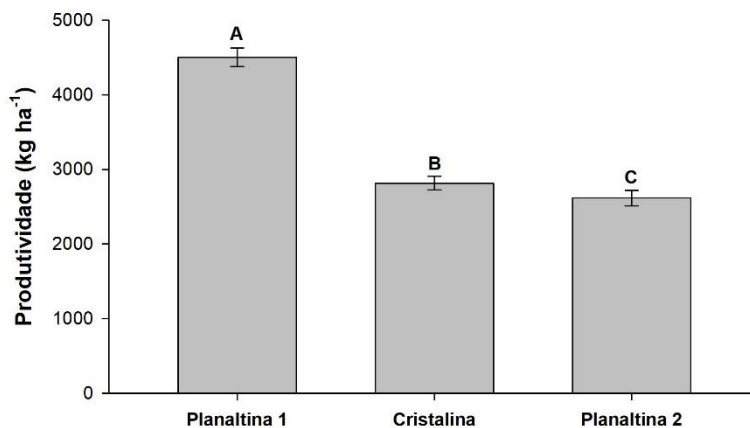


Figura 13. Produtividade do algodão em caroço em experimentos de controle integrado da mancha-de-ramulária, envolvendo cultivares e fungicida e conduzidos durante a safra 2016/17. Média de 7 cultivares e 5 modos de aplicação de fungicida. Comparação pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

As cultivares de algodoeiro alcançaram diferentes produtividades, sendo a maior obtida por FM 944 GL e FM 975 WS, que foram semelhantes, e na sequência por BRS 370 RF. As cultivares FM 983 GLT, FMT 701 e FM 940 GLT compõem o terceiro grupo e FM 980 GLT foi a de menor produtividade (Figura 14).

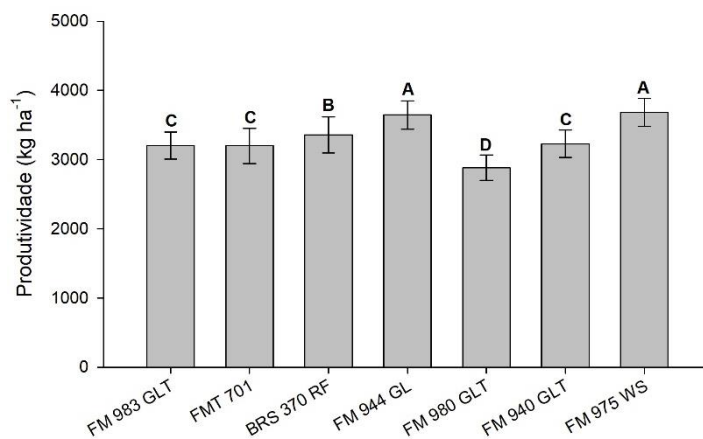


Figura 14. Produtividade de algodão em caroço em 7 cultivares de algodoeiro em experimentos de controle integrado da mancha-de-ramulária (Safrá 2016/17). Média de 3 experimentos e 5 modos de aplicação de fungicidas. Médias comparadas pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

O modo de aplicação de fungicida afetou a produtividade do algodoeiro. Todos os tratamentos com fungicida produziram mais que a testemunha e a maior produtividade foi obtida no tratamento com aplicação preventiva empregando volume de 150 L ha⁻¹. Não houve diferença em produtividade entre os tratamentos com aplicação de fungicida de modo preventivo e volume de 50 L ha⁻¹ e curativo nos volumes de 150 L ha⁻¹ e 50 L ha⁻¹ (Figura 15).

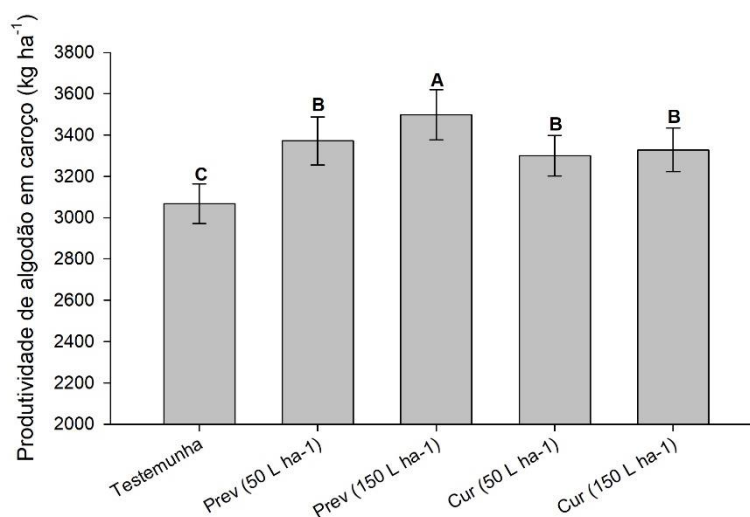


Figura 15. Produtividade do algodoeiro com aplicação de fungicida de modo preventivo (Prev) ou curativo (Cur) e com dois volumes de calda (50 ou 150 L ha⁻¹), Média de 3 ensaios com 7 cultivares. **Médias comparadas pelo teste de Skott Knott ($p < 0.05$).

Houve interação significativa entre a cultivar e modo de aplicação de fungicida, apenas para o experimento em Planaltina 1. A produtividade de algodão em caroço foi maior nos tratamentos com fungicidas nos três experimentos e nas sete cultivares avaliadas (Tabela 16). Em Planaltina 1, o melhor tratamento foi fungicida aplicado preventivamente com volume de 150 L ha⁻¹, sendo os demais tratamentos com fungicida semelhantes entre si. Em Cristalina e Planaltina 2, não houve diferença entre a aplicação preventiva e curativa a 150 ou 50 L ha⁻¹.

Tabela 16. Interação entre cultivares e fungicidas afetando a produtividade do algodão em caroço em ensaios em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2 durante a safra 2016/2017.

Cultivar	Testemunha	Fungicida			
		Prev 50 L	Prev 150 L	Cur 50 L	Cur 150 L
Planaltina 1					
FM 983 GLT	3715 Bb	4266 Ab	4537 Ab	4391 Aa	4293 Ac
FMT 701	4319 Ca	4825 Ba	5191 Aa	4706 Ba	4663 Bb
BRS 370 RF	4287 Ba	4616 Aa	4632 Ab	3951 Bb	4141 Bc
FM 944 GL	4365 Ba	4646 Ba	5012 Aa	4550 Ba	4525 Bb
FM 980 GLT	3721 Bb	4017 Ab	4389 Ab	4159 Ab	4114 Ac
FM 940 GLT	4227 Aa	4655 Aa	4731 Ab	4433 Aa	4490 Ab
FM 975 WS	4677 Ba	5064 Ba	5362 Aa	4934 Ba	5043 Ba
Cristalina					
FM 983 GLT	2734 Aa	2928 Ab	2987 Ab	2854 Ab	2975 Ab
FMT 701	2120 Bb	2685 Ab	2615 Ac	2389 Bc	2576 Ac
BRS 370 RF	2605 Aa	2778 Ab	2835 Ac	2681 Ab	2714 Ac
FM 944 GL	3016 Aa	3275 Aa	3384 Aa	3252 Aa	3349 Aa
FM 980 GLT	2340 Ab	2551 Ab	2619 Ac	2455 Ac	2432 Ac
FM 940 GLT	2734 Aa	2864 Ab	3028 Ab	2907 Ab	2889 Ab
FM 975 WS	2817 Ba	2819 Bb	2884 Bc	3460 Aa	3078 Bb
Planaltina 2					
FM 983 GLT	2270 Ab	2455 Ac	2566 Ab	2510 Ab	2508 Ab
FMT 701	2317 Ab	2416 Ac	2492 Ab	2284 Ab	2379 Ab
BRS 370 RF	2897 Ba	3078 Bb	3296 Aa	2872 Ba	2954 Ba
FM 944 GL	2667 Ca	3398 Aa	3205 Aa	2998 Ba	3012 Ba
FM 980 GLT	1805 Bc	2113 Ac	2155 Ab	2113 Ab	2245 Ab
FM 940 GLT	2132 Ab	2309 Ac	2414 Ab	2286 Ab	2319 Ab
FM 975 WS	2650 Ba	3053 Ab	3106 Aa	3115 Aa	3191 Aa

Letras maiúsculas comparam fungicidas e letras minúsculas cultivares pelo teste de Skott Knott (p<0.05)

4. DISCUSSÃO

A escassez de informações acerca da reação de cultivares de algodoeiro à mancha-de-ramulária em diferentes ambientes e sua relação com a efetividade do controle químico são obstáculos na busca por maior eficiência no controle da doença. O presente trabalho contribui nesse sentido por apresentar resultados com métodos de uso comum nas áreas de produção de algodão no Brasil. As variações entre os experimentos de Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2, que chegaram a 31,9% na AACPD e 72,1% na produtividade, eram esperadas, uma vez que a mudança no local ou mesmo da época de cultivo implica em mudança nas condições de ambiente às quais as plantas são submetidas (Amorim Neto et al., 2001).

A intensidade da mancha-de-ramulária e a produtividade do algodoeiro são afetados de forma direta pelas condições de ambiente, especialmente temperatura e precipitação (Rathaiyah, 1977; Paiva et al., 2001; Suassuna & Coutinho, 2007; Soares, 2015; Ascari et al., 2016). No presente trabalho, os registros das condições meteorológicas mostraram grandes variações na precipitação, temperatura e umidade relativa entre os experimentos (Figura 9), o que certamente afetou a intensidade da doença e a produtividade.

A maior intensidade da mancha-de-ramulária e a maior produtividade ocorreram em Planaltina 1, onde também ocorreu a maior precipitação acumulada (846,9 mm). A menor precipitação foi em Cristalina, porém a produtividade foi maior do que a observada em Planaltina 2. Amorim Neto et al. (2001) verificaram variações de 50% na produtividade do algodoeiro em função da data e do local de plantio. Outros fatores atuam sobre a produtividade, como a mancha-de-ramulária mesmo quando controlada, que condicionou a produtividade no presente experimento.

Reduções na produtividade do algodoeiro em função da mancha-de-ramulária tem sido demonstradas (Utiamada et al., 2003; Gilio et al., 2017; Dias & Theodoro, 2017). Neste estudo, o controle da mancha-de-ramulária resultou em aumento na produtividade de 9,7, 9,6 e 12% em Planaltina 1, Cristalina e Planaltina 2, respectivamente. Considerando os

tratamentos individualmente, há variações desde ausência de incremento produtivo até 27,4% maior em função da aplicação do fungicida.

A literatura disponível sobre a resposta de cultivares ao controle químico mostra uma variação nos resultados, em função principalmente do local, cultivar e severidade da doença (Silva, 2014; Gilio et al., 2017; Lopes et al., 2017). Essa variação na resposta das cultivares ao controle químico parece estar relacionada tanto à suscetibilidade inerente de cada cultivar à mancha-de-ramulária quanto à adaptabilidade da mesma às condições de ambiente de cada ano e local.

Um terceiro aspecto a considerar é a possibilidade de existência de variabilidade genética na população de *R. gossypii*, conforme já mencionado por outros autores (Giroto et al., 2013; Pezenti et al., 2013). A possibilidade de existência de variabilidade na população do fungo pode interferir na reação de resistência da cultivar e na eficiência dos fungicidas em controlar a doença em cada local. Apesar de não ser objetivo do presente estudo verificar se há variabilidade do patógeno, a reação diferencial das cultivares e as variações na eficiência dos fungicidas também apontam para essa possibilidade.

A maior eficiência nos tratamentos em que o fungicida foi aplicado de modo preventivo remete ao modo de ação do mesmo. Os princípios ativos piraclostrobina e fluxapiróxade pertencem aos grupos estrobilurina e carboxamida, respectivamente. Ambos os grupos atuam na mitocôndria do fungo, bloqueando a transferência de elétrons e impedindo a produção de ATP a partir do processo de respiração, com ação predominantemente preventiva. As estrobilurinas são inibidores extracelulares de quinona e atuam no citocromo bc1 (ubiquinol oxidase) no sítio Q_o, no complexo III da respiração. As carboxamidas são inibidores de succinato-desidrogenase e atuam sobre essa enzima no complexo II da respiração.

Trabalhos anteriores que comparem aplicações preventivas e curativas são escassos, especialmente considerando diferentes cultivares e ambientes de cultivo. Dias & Theodoro

(2017) testaram diferentes programas de controle em três cultivares de algodão em Chapadão do Sul, Mato Grosso do Sul, e não verificaram efeito positivo da antecipação na aplicação de fungicidas, atribuindo esse resultado ao fato de que as aplicações iniciadas mais tardiamente coincidiram com o início da doença.

Independentemente da eficiência inerente ao fungicida aplicado, a tecnologia de aplicação empregada é fundamental para o controle obtido. Os fungicidas sistêmicos disponíveis são, em sua maioria, capazes de se translocar apenas de modo acropetal e não conseguem acessar o floema das plantas (Azevedo, 2007). Portanto, é indispensável que se consiga promover uma cobertura do dossel da planta com o fungicida, inclusive das folhas do terço inferior, local onde normalmente as doenças tem início e ocorrem mais severamente.

O presente trabalho demonstrou que a redução no volume de calda resultou em queda na eficiência de controle da mancha-de-ramulária. Esse efeito é dependente da cultivar, uma vez que além da suscetibilidade, cada cultivar possui características de arquitetura próprias e que podem afetar a deposição de calda no dossel da planta. Adicionalmente, as características de arquitetura condicionam o microclima no interior do dossel e, indiretamente, podem afetar a evolução da doença.

5. CONCLUSÕES

Os dados obtidos no presente estudo demonstraram grande variabilidade na suscetibilidade das cultivares de algodoeiro à *R. gossypii* e na resposta à aplicação de fungicidas, sendo esse efeito variável em função do local de cultivo. A aplicação de fungicidas de modo preventivo e com volume de calda de 150 L ha⁻¹ foi mais eficiente do que aplicações curativas e com menor volume de calda (50 L ha⁻¹).

LITERATURA CITADA

- AMORIM NETO, M. S.; ARAÚJO, A. E.; CARAMORI, P. H.; GONÇALVES S. L.; WREGE, M. S.; LAZZAROTO C.; LAMAS F. M. & SANS L. M. A. 2001. Zoneamento agroecológico e definição de época de semeadura do algodoeiro no Brasil. *Revista Brasileira de Agrometeorologia* 9(3):422-428.
- ASCARI, J. P.; ARAÚJO, D. V. D.; DIAS, L. D. E.; BAGATINI, G. J. & MENDES, I. R. N. 2016. Severity of ramularia leaf spot and seed cotton yield in different sowing times. *Revista Caatinga* 29(3):603-610.
- AQUINO, L. A. 2006. Escala diagramática e controle alternativo da mancha de ramularia do algodoeiro. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, Brasil.
- AURANGABADKAR, J. H.; SHUKLA, V. N. & WANGIKAR, P. D. 1981. Reaction of some cotton varieties against grey mildew caused by *Ramularia areola*. *Indian Phytopathology* 34(2):244.
- AZEVEDO, L. A. S. 2007. Fungicidas sistêmicos – teoria e prática. Campinas, Emopi, 1, 284p.
- BARBOSA, J. C. & MALDONADO JÚNIOR, W. 2015. Experimentação Agrônômica e Agroestat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agrônômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda. 396p.
- BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.181-219.
- CHITARRA, L. G.; MEIRA, S. A. & MENEZES, V. L. 2005. Controle químico da mancha de ramulária do algodoeiro, causada por *Ramularia areola*, em função da idade da planta e da severidade da doença: safra 2003/2004. Embrapa/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, Campina Grande, 2005. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 58).
- CIA, E.; FUZATTO, M. G.; MARTINS, A. L.; MICHELOTO, M. D.; ALMEIDA, W. P. & OLIVEIRA, A. B. 2009. Reação de genótipos de algodoeiro à incidência da mancha de ramularia em condições naturais de infestação. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 7. Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura brasileira e expansão dos mercados: Anais... Campina Grande: Embrapa Algodão. 1. CD-ROM.
- DIAS, A. R.; THEODORO, G. F. 2017. Integração de cultivares resistentes e fungicidas no controle da mancha de ramulária (*Ramularia areola*) e produtividade do algodoeiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 16(3): 221-230.

- FRAC - FUNGICIDE RESISTANCE ACTION COMMITTEE: A RESISTANCE ACTIVITY UPDATE. 2009. Outlooks on Pest Management.
- GILIO, T. A. S.; DE ARAÚJO, D. V.; ARAÚJO, K. L.; FREGONESE, T. E.; FRANZON, R. C. & PIZZATO, J. A. 2017. Estimated damage caused by ramularia leaf spots on cotton. African Journal of Agricultural Research, 12(1):12-19.
- GIROTTI, L.; MARANGONI, M. S.; MATOS, J. N.; GALBIERI, R.; ALMEIDA, W. P. & MEHTA, Y. R. 2013. Identification of Phenotypic and Genotypic Variability among the Isolates of *Ramularia areola* of Brazilian Cotton. American Journal of Plant Sciences 4:1893-1898.
- ISHII, H. & HOLLOMON D. W. 2015. Fungicide resistance in plant pathogens: principles and a guide to practical management. Tokyo: Springer. 489p.
- LOPES, L. O.; LACERDA, J. J. J.; MIELEZRSKI, F.; RATKE, R. F.; LIRA, D. N. S.; PACHECO, L. P. 2017. Efeito de fungicidas para o controle da *Ramularia areola* na cultura do algodoeiro. Summa Phytopathologica 43(3):229-235.
- MUKEWAR, P. M. & MAYEE, C. D. 2001. Grey mildew immune cotton germplasm lines registered. Indian Phytopathology 54(1):141.
- MUKEWAR, P. M.; SHEO, R.; SINGH, V. V. & ANAP, G. R. 1995. Screening of tree cotton (*Gossypium arboreum*) germplasm to grey mildew caused by *Ramularia areola*. Indian Journal of Agricultural Science 65(4):298-300.
- NOVAES, T. G.; ALMEIDA, W. P.; SCHUSTER, I.; AGUIAR, P. & MEHTA, Y. R. 2011. Herança de resistência do algodoeiro a *Ramularia areola*. Summa Phytopathologica 37(2):150-152.
- PAIVA F. A. 2001. Doenças. In: Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, Campina Grande: Embrapa Algodão. p. 245-266.
- PEZENTI, L. F.; BARBOSA, J.; VIEIRA, M. A.; MARANGONI, M. S.; VOLPONIL, J.; ALMEIDA, W. P.; GALBIERI, R. & MEHTA, Y. R. 2013. Phenotypic variability among isolates of *Ramularia areola* from Brazilian cotton. Tropical Plant Pathology 38(4):329-331.
- RATHAIAH, Y. 1977. Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. Phytopathology 67(3):351-357.
- ROCHA, C. L.; CARVALHO, C. L. & OLIVEIRA, C. G. 2005. Avaliação de fungicidas no controle de ramulária (*Ramularia areola*) na cultura do algodão. Fitopatologia Brasileira 30:582.

- SILVA, J. C.; SUASSUNA, N. D. & BETTIOL, W. 2017. Management of ramularia leaf spot on cotton using integrated control with genotypes, a fungicide and *Trichoderma asperellum*. *Crop Protection* 94(1):28-32.
- SILVA, J. C. D. 2014. Mancha de ramularia do algodoeiro: agente etiológico, produção de inóculo, resistência de genótipos e controle integrado. Tese de doutorado, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, Brasil.
- SOARES, L. C. D. S. 2015. Efeito da temperatura e chuva sobre a qualidade da fibra e produtividade de algodão no estado de Mato Grosso. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, M. C.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. & CHITARRA, L. G. 2008. Manejo de doenças do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2:985-1032.
- SUASSUNA, N. D. & COUTINHO, W. M. 2007. Manejo das principais doenças do algodoeiro no cerrado brasileiro. In: FREIRE, E. C. Algodão no cerrado do Brasil. Brasília: Talento. p. 479-521.
- SUINAGA, F. A.; BASTOS, C. S. & RANGEL, L. E. P. 2006. Phenotypic adaptability and stability of cotton cultivars in Mato Grosso State, Brazil. *Pesquisa Agropecuária Tropical* 36(3):145-150.
- UTIAMADA, C. M.; LOPES, J. C.; SATO, L. N.; ROIM, F. L. B.; KAJIHARA, L. & OCCHIENA, E. M. 2003. Controle químico da ramularia (*Ramularia areola*) e ferrugem (*Phakospora gossypii*) na cultura do algodoeiro. In: Congresso Brasileiro do Algodão, 4.
- ZANDONÁ, C.; NOVAES, T. G.; NUNES, M. P.; ALMEIDA, W. P.; AGUIAR, P. H.; MORELLO, C. L.; SHUSTER, I. & MEHTA, Y. R. 2012. Mechanism of resistance and presence of different resistance genes to *Ramularia areola* in two cotton genotypes. *Tropical Plant Pathology* 37(3):175-178.

CAPÍTULO 3

**RELAÇÃO ENTRE A MANCHA-DE-RAMULÁRIA E QUALIDADE DA FIBRA EM
ALGODOEIRO**

RELAÇÃO ENTRE A MANCHA-DE-RAMULÁRIA E QUALIDADE DA FIBRA EM ALGODOEIRO

RESUMO

A qualidade da fibra do algodão é um ponto crítico para os cotonicultores, pois define o preço e condições de comercialização. A mancha-de-ramulária (*R. gossypii*) é a principal doença do algodoeiro no Brasil e pode provocar danos de até 75% à produtividade. Entretanto, são escassos na literatura trabalhos que mostrem a relação entre a intensidade de doenças foliares e a qualidade da fibra do algodão. O objetivo do presente trabalho foi verificar se a mancha-de-ramulária afeta a qualidade da fibra do algodoeiro em diferentes cultivares e locais de cultivo. Experimentos de campo foram conduzidos durante a safra 2016/17 em Planaltina/DF e Cristalina/GO, utilizando sete cultivares de algodoeiro (FM 983 GLT; FMT 701; BRS 370 RF; FM 944 GL; FM 980 GLT; FM 940 GLT; FM 975 WS), as quais foram submetidas à aplicação de fungicidas preventiva e curativamente e com volume de calda de 50 e 150 L ha⁻¹, o que resultou em diferentes níveis de severidade da doença em cada cultivar. As variáveis analisadas foram a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as variáveis de qualidade de fibra micronaire, comprimento, resistência e uniformidade. As variáveis de qualidade da fibra foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) para testar o efeito de cultivares e ajustadas ao modelo de regressão linear $y = a + bx$, onde a AACPD representou a variável independente “x” e as variáveis de qualidade representaram a variável dependente “y”, para estudar o efeito da intensidade da doença. Os dados obtidos no presente trabalho demonstraram que a mancha-de-ramulária reduziu a qualidade da fibra do algodoeiro, afetando negativamente as variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade de comprimento da fibra. Adicionalmente, as variáveis de qualidade da fibra foram fortemente influenciadas pela genética da cultivar e pelas condições de ambiente de cada local de cultivo.

Palavras-chave: *Gossypium hirsutum*, micronaire, comprimento, resistência, uniformidade da fibra, cultivar, fungicida, *R. gossypii*.

RELATION OF RAMULARIA LEAF SPOT AND COTTON FIBER QUALITY

ABSTRACT

Cotton fiber quality is a critical point for cotton growers because it defines the price and commercialization conditions. Ramularia leaf spot is the main disease of cotton in Brazil and can cause losses of up to 75% to the yield. In despite of that, there are few studies in the literature that show the relationship between the disease severity and cotton fiber quality. This work aimed to verify if ramularia leaf spot affects cotton fiber quality in different cultivars and sites. Field trials were carried out in Planaltina/DF and Cristalina/GO during the 2016/17 season, using seven cotton cultivars (FM 983 GLT; FMT 701; BRS 370 RF; FM 944 GL; FM 980 GLT; FM 940 GLT; FM 975 WS), which were submitted to preventive or curative application of fungicide and with a volume of 50 or 150 L ha⁻¹, what resulted in different levels of disease severity in each cultivar. The variables assessed were the area under the disease progress curve (AUDPC) and fiber micronaire, length, strength and uniformity. The fiber quality variables were compared by the Tukey test ($p < 0.05$) to verify the effect of cultivars and adjusted to the linear regression model $y = a + bx$, where AUDPC represents the independent variable "x" and fiber quality variables represent the dependent variable "y", in order to study the effect of disease severity. Results obtained demonstrated that ramularia leaf spot reduced the cotton fiber quality, with negative effects over the variables micronaire, length, strength and uniformity. Additionally, the fiber quality variables were strongly affected by the genetics of the cultivar and environmental conditions of each growing site.

Keywords: *Gossypium hirsutum*, cotton fiber quality, micronaire, length, strength, uniformity, cotton cultivar, fungicide, *R. gossypii*.

1. INTRODUÇÃO

O algodoeiro apresenta diversas características de cultivo que o diferenciam das demais espécies exploradas na agricultura e, nesse sentido, a qualidade da fibra obtida é de fundamental importância para a comercialização e industrialização do algodão. Além dos aspectos agrônômicos da cultura em si, existem também características tecnológicas das fibras que necessitam atender os padrões mínimos exigidos pela indústria têxtil (Sestren & Lima, 2015).

A fibra de algodão destaca-se entre as fibras naturais em função de suas características de comprimento, uniformidade de comprimento, finura, maturidade, resistência, alongamento, cor, brilho e sedosidade. Essas características se transferem para o fio e tecidos produzidos e fazem com que o algodão seja a fibra natural mais consumida pela indústria têxtil (Santana et al., 2008).

Ainda que a fibra utilizada para a indústria têxtil seja inerte, durante o seu processo de formação é uma célula viva, formada na epiderme das sementes e resultante de um processo biológico complexo que dura em torno de 50 a 70 dias (Freire, 2015; Sestren & Lima, 2015). O tipo de solo, clima, época de plantio, genética de cultivares, nutrição e controle de doenças, pragas e plantas daninhas são fatores que, individualmente ou em conjunto, determinam a qualidade final da fibra obtida (Suassuna et al., 2008; Freire, 2015).

A formação ocorre em duas fases, começando pelo alongamento da fibra e formação da parede primária, que dura em torno de 30 dias, e posteriormente pelo engrossamento e deposição da parede secundária, o que se prolonga por aproximadamente 20 dias (Freire, 2015). Na fase inicial de desenvolvimento da fibra, o conteúdo de celulose é baixo e os teores de proteínas e carboidratos solúveis são altos, proporção essa que vai se invertendo à medida em que a fibra se desenvolve até que, na maturidade, a constituição da fibra seja de mais de 90% de celulose (Beltrão et al., 2008; Santana et al., 2008; Freire, 2015).

A ocorrência de doenças pode comprometer a capacidade fotossintética da planta e por consequência afetar a produção de carboidratos. Estes, por serem precursores da celulose (Taiz et al., 2017), estão diretamente relacionados com a qualidade da fibra do algodoeiro. No caso específico da mancha-de-ramulária (*R. gossypii* G. F. Atk), a agressividade com que a doença ataca as folhas pode ocasionar desfolha precoce, morte antecipada das plantas e podridão total ou parcial de maçãs, comprometendo o processo de produção da fibra (Freire, 2015).

Entretanto, o potencial de dano da mancha-de-ramulária sobre o algodoeiro varia entre cultivares e conforme as condições de ambiente do local de cultivo. De forma semelhante, o impacto da mancha-de-ramulária sobre a qualidade da fibra do algodoeiro pode variar entre cultivares e dentro de uma mesma cultivar, a depender das condições de ambiente e da sua interação com o genótipo de cada cultivar.

Existem diversas publicações na literatura relatando características de qualidade da fibra em cultivares de algodoeiro, entretanto, são escassas as publicações que evidenciam o potencial da mancha-de-ramulária para afetar a qualidade da fibra em diferentes cultivares e ambientes. O objetivo do presente trabalho foi estudar a relação entre a mancha-de-ramulária e os parâmetros de qualidade micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra do algodão.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Obtenção dos dados de AACPD e qualidade de fibra

As amostras de fibra de algodão utilizadas para análise foram obtidas de experimentos de campo descritos no capítulo II, conduzidos durante a safra 2016/17 em Planaltina/DF e Cristalina/GO, avaliando o efeito de diferentes programas de controle de doenças com fungicidas em 7 cultivares de algodoeiro. Os dados de área abaixo da curva de progresso da

ramulária (AACPD), foram calculados a partir dos dados de severidade da mancha-de-ramulária extraídos destes mesmos experimentos. A metodologia de instalação e condução, manejo e aplicação dos tratamentos desses experimentos está descrita no item 3.2 do capítulo II.

Após a colheita desses experimentos, foram selecionados aleatoriamente 20 capulhos por parcela experimental para a realização das análises de qualidade da fibra. Esse material foi acondicionado em sacos de papel e posteriormente foi submetido ao processo de descaroçamento, em que a fibra do algodão é separada dos caroços (sementes), utilizando equipamento adaptado para pequenas amostras (Figura 16-A, 16-B e 16-C). Esse processo é análogo ao que se faz nas algodozeiras durante o beneficiamento do algodão.

Após o processo de descaroçamento as fibras obtidas foram encaminhadas ao laboratório de análises da Associação Goiana dos Produtores de Algodão (AGOPA), que realizou as análises de qualidade das fibras, empregando o HVI Uster® 1000 (*High Volume Instrument*) o Instrumento de Alto Volume (Figura 16-D). Dentre as características obtidas através da análise de HVI, foram selecionados o micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra, em função da importância que possuem na determinação do preço de comercialização do algodão.

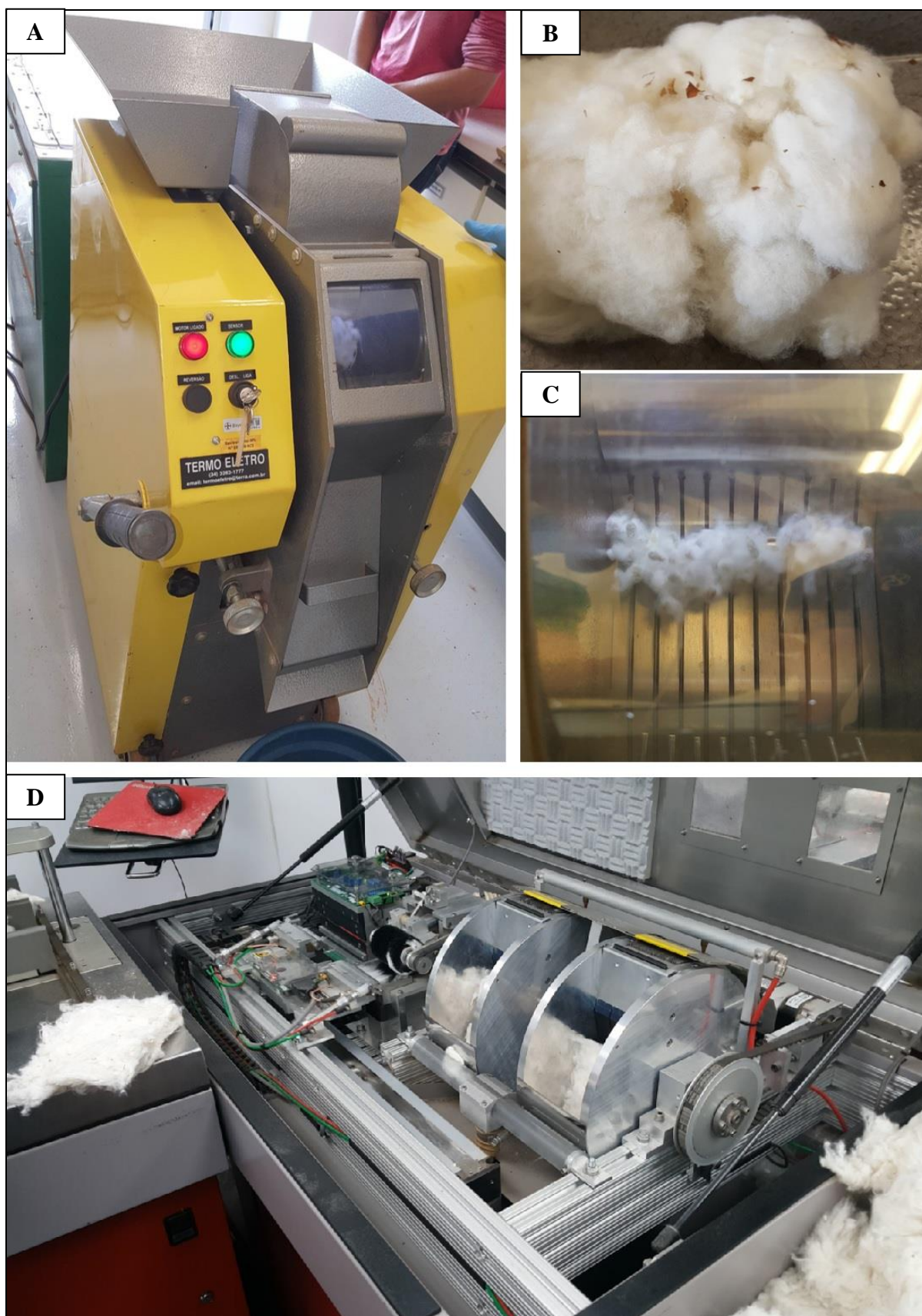


Figura 16. Equipamento utilizado para separar a pluma dos caroços (sementes) (A), pluma de algodão (B), caroços (C) e detalhe do equipamento HVI (*High Volume Instrument*) (D).

Os dados obtidos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$) para estudar o efeito das cultivares de algodoeiro sobre as variáveis de qualidade de fibra selecionadas. Para estudar a relação entre a intensidade da mancha de ramulária (AACPD) e a qualidade da fibra, os dados foram ajustados ao modelo de regressão linear $y = a + bx$, onde a AACPD representa a variável independente “x” e as variáveis de qualidade representam a variável dependente “y”. Foi realizada análise de correlação entre os dados obtidos em Planaltina e Cristalina para estudar a relação entre os resultados obtidos.

As análises estatísticas dos dados foram realizadas com o auxílio do software estatístico AgroEstat (Barbosa & Maldonado, 2015) e os gráficos e regressões foram gerados no software SigmaPlot versão 10.0 para ambiente Windows.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As variáveis micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra foram afetados de forma significativa por cultivares de algodoeiro e pela severidade (AACPD) da mancha-de-ramulária. Um resumo da análise de variância para o efeito de cultivares (Tabela 17) e AACPD (Tabela 18) sobre as variáveis de qualidade da fibra do algodão são apresentados.

Os valores médios obtidos para as variáveis de qualidade da fibra foram 4,35 (micronaire), 30,0 mm (comprimento), 30,5 gf/tex (resistência) e 83,5% (uniformidade) para o experimento de Planaltina/DF, e 3,95 (micronaire), 29,4 mm (comprimento), 29,9 gf/tex (resistência) e 83,5% (uniformidade) para Cristalina/GO. Esses valores estão próximos aos padrões de qualidade estabelecidos para fibra do algodão e buscados pela indústria, que são micronaire entre 3,7 e 4,2, comprimento da fibra igual ou superior a 29,5 mm, resistência superior a 29,5 gf/tex e uniformidade de comprimento superior a 84% (Brasil, 2016).

Tabela 17. Resumo da análise de variância dos dados de micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão em diferentes cultivares de algodoeiro em experimentos conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO.

Parâmetro	QM	F	P
----- Planaltina/DF -----			
Micronaire	0,6756	51,03**	< 0,0001
Comprimento	9,8954	118,39**	< 0,0001
Resistência	24,8345	67,60**	< 0,0001
Uniformidade	7,0506	41,51**	< 0,0001
----- Cristalina/GO -----			
Micronaire	0,4651	16,69**	< 0,0001
Comprimento	3,1687	8,49**	< 0,0001
Resistência	12,3937	13,94**	< 0,0001
Uniformidade	3,2135	1,89NS	0,1037

Tabela 18. Resumo da análise de variância dos dados de micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão sob diferentes níveis de severidade da mancha-de-ramulária em experimentos conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO.

Parâmetro	QM	F	P
----- Planaltina/DF -----			
Micronaire	1,8431	45,79**	< 0,0001
Comprimento	12,5712	25,09**	< 0,0001
Resistência	5,2402	3,38NS	0,0682
Uniformidade	17,8437	34,91**	< 0,0001
----- Cristalina/GO -----			
Micronaire	0,3981	4,86*	0,0318
Comprimento	18,8642	34,15**	< 0,0001
Resistência	14,2135	4,93*	0,0306
Uniformidade	27,2664	13,58**	0,0005

A amplitude foi grande nos valores obtidos para cada uma dessas variáveis, ficando entre 3,5 a 4,9 para micronaire, 28,2 a 31,5 mm para comprimento, 26,8 a 33,1 gf/tex para resistência e 82,0 a 85,8% para a uniformidade da fibra em Planaltina/DF. Em Cristalina/GO, os valores obtidos variaram de 3,1 a 4,5 para micronaire, 26,8 a 31,2 mm para comprimento, 24,5 a 33,5 gf/tex para resistência e 75,5 a 87,2% para a uniformidade da fibra em

Cristalina/GO. A maior parte das variações observadas ocorreu por efeito das cultivares de algodoeiro e pelas variações nos níveis da mancha-de-ramulária.

Ainda que não tenha sido objetivo do presente estudo comparar os dois locais de condução dos experimentos, o conhecimento sobre a relação dos resultados obtidos nos diferentes locais é de importância agrônômica considerável. Nesse sentido, a análise de correlação dos dados obtidos mostrou que houve correlação positiva significativa para micronaire, comprimento, resistência e uniformidade entre os experimentos de Planaltina/DF e Cristalina/GO (Tabela 19).

Tabela 19. Coeficientes de correlação linear entre as variáveis de qualidade da fibra micronaire, comprimento, resistência e uniformidade entre os experimentos de Planaltina/DF e Cristalina/GO.

Parâmetro	Coeficiente de correlação	p-valor
Micronaire	0,46522**	0,0049
Comprimento (mm)	0,65968**	<0,0001
Resistência (gf/tex)	0,56812**	0,0004
Uniformidade (%)	0,58488**	0,0002

Os maiores valores de micronaire foram obtidos pelas cultivares FMT 701 e BRS 370 RF em Planaltina/DF e pelas cultivares FMT 701 e FM 975 WS em Cristalina/GO. Para a variável comprimento da fibra, destacaram-se FM 983 GLT, FM 944 GL e FM 975 WS, as quais obtiveram os maiores valores em Planaltina, com as duas últimas cultivares apresentando maiores valores de comprimento também em Cristalina. As cultivares FMT 701 e FM 944 GL também apresentaram a maior resistência e uniformidade de fibras em Planaltina, sendo a maior resistência proveniente destas cultivares e da FM 975 WS em Cristalina (Figura 17).

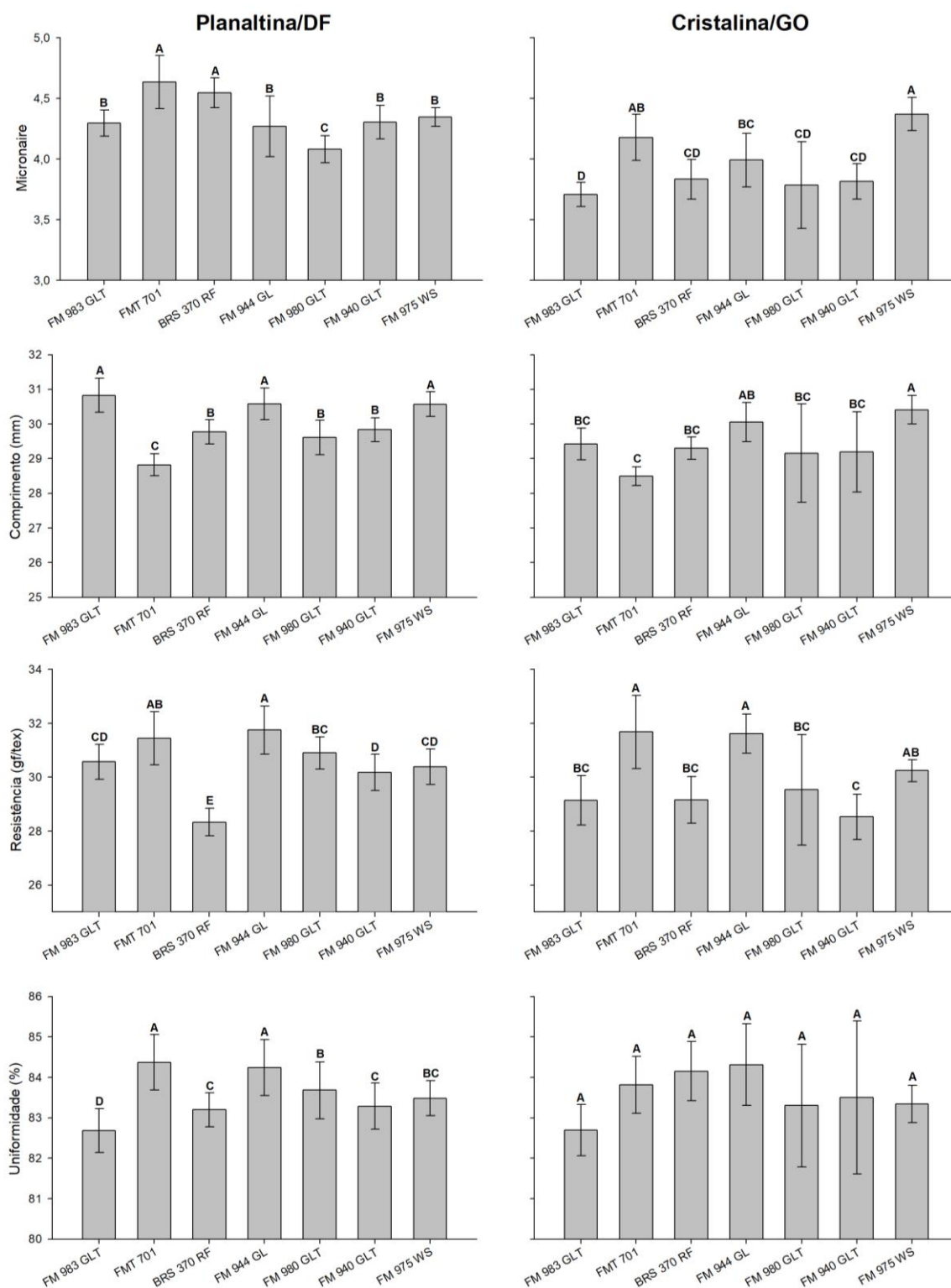


Figura 17. Características de qualidade da fibra (micronaire, comprimento, resistência e uniformidade) para cultivares de algodoeiro em experimentos de controle da mancha-de-ramulária conduzidos em Planaltina/DF e Cristalina/GO, 2017. *As médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p < 0.05$).

Dias & Theodoro (2017) relataram que o índice de micronaire variou significativamente entre as cultivares FMT 701, FMT 705 e FMT 709. Campbell & Jones (2005), estudando a interação entre genótipos de algodoeiro e ambientes e seu efeito sobre a produtividade e qualidade da fibra, concluíram que genótipos que apresentam fibras mais resistentes são menos afetados pelo fator ambiente do que genótipos que naturalmente produzem fibras menos resistentes. Entretanto, o oposto ocorreu para produtividade, ou seja, genótipos mais produtivos são afetados em maior proporção pela mudança de ambiente em comparação à genótipos de menor teto produtivo.

As características finais de qualidade da fibra são fortemente influenciadas pela genética de cada cultivar, mas que além disso dependem também da sua interação com as condições de ambiente do local de cultivo. O desempenho superior de uma determinada cultivar para uma dada variável em um local não assegura esse mesmo desempenho caso as condições de ambiente de outro local de cultivo sejam diferentes.

Para Santana et al. (2008) os fatores do ambiente têm efeito marcante sobre a qualidade da fibra do algodão, especialmente a temperatura, umidade relativa do ar e radiação solar. Wanjura & Barker (1985) afirmam que a temperatura do ar é a variável do ambiente que mais influencia a taxa de deposição de celulose e que a temperatura ideal do fruto para o máximo desenvolvimento de micronaire é de 27 °C.

Em relação à umidade relativa do ar, valores mais baixos (60%) favorecem o aumento no comprimento e perímetro da fibra, ao passo que a umidade alta (90%) geralmente resulta em menor qualidade da fibra. Esse fato é notório em condições de campo, pois chuvas e umidade relativa mais altas favorecem a podridão de maçãs e propiciam redução na qualidade da fibra.

Soares (2015), estudando o efeito da temperatura e pluviosidade sobre a qualidade da fibra do algodoeiro no Mato Grosso, concluiu que o aumento da temperatura mínima e da

frequência de ocorrência de chuvas resultou em maior qualidade da fibra obtida, ao passo que extremos de temperaturas máximas provocaram efeitos inconsistentes. Lokhande & Reddy (2014) estudaram diferentes regimes de temperatura diurna e noturna e concluíram que o micronaire foi mais responsivo a mudanças na temperatura, seguido pela resistência, comprimento e uniformidade.

O efeito da intensidade da mancha-de-ramulária sobre o micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra de algodão foi estudado ajustando os dados ao modelo de regressão linear $y=a+bx$, onde a variação de cada uma dessas características foi estimada a partir das variações na área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD). Houve redução consistente nos valores obtidos de micronaire, comprimento, resistência e uniformidade da fibra em função do aumento nos valores da AACPD em ambos os locais estudados, ainda que variações tenham sido observadas entre as cultivares estudadas (Figuras 18 e 19).

Considerando as sete cultivares e dois locais avaliados, apenas as cultivares FM 940 GLT (comprimento) e FM 975 WS (resistência) em Planaltina/DF e FM 975 WS (comprimento e resistência), FM 940 GLT (resistência), FM 944 GL (micronaire, comprimento, resistência e uniformidade) não demonstraram relação clara com a intensidade da mancha-de-ramulária. Para todas as outras, o aumento nos valores de AACPD resultou, invariavelmente, em redução nos valores obtidos para as características de qualidade da fibra avaliadas.

Diversos aspectos agronômicos afetam a qualidade da fibra do algodoeiro, tais como espaçamento entre linhas (Nichols et al., 2004), nutrição (Cassman et al., 1990; Girma, 2007), irrigação (Dağdelen et al., 2009; Zonta et al., 2015), estresse hídrico, densidade de plantas (Başal et al., 2014; Almeida et al., 2017; Alves et al., 2017) e sombreamento (Liu et al., 2015; Echer & Rosolem, 2015). Entretanto, são escassos na literatura trabalhos que mostrem o

efeito da mancha-de-ramulária sobre as principais características de qualidade da fibra em algodoeiro.

Os resultados obtidos no presente estudo evidenciam que além de reduzir a produtividade do algodoeiro, a mancha-de-ramulária reduziu de forma linear a qualidade da fibra em função do aumento na intensidade (AACPD) da doença. Esse aspecto afeta diretamente a rentabilidade do cotonicultor, em função do menor valor de mercado que será alcançado no momento da comercialização da fibra.

Zhang et al. (2017) estudaram a relação entre a fotossíntese em folhas de algodão e as características de qualidade de fibra comprimento, resistência e micronaire. Esses autores concluíram que a partição diferencial de carboidratos exerceu papel fundamental na qualidade da fibra formada e afetou negativamente as características comprimento, resistência e uniformidade.

A fibra é formada essencialmente de celulose, cujo processo de síntese ainda não foi completamente elucidado (De Langhe, 1986). Entretanto, sabe-se que a via de biossíntese da celulose tem como precursores diversas proteínas e carboidratos, os quais dependem diretamente do processo de fotossíntese (Taiz et al., 2017). A mancha-de-ramulária causa danos às células do mesófilo, às membranas, ao funcionamento da maquinaria enzimática e à abertura e fechamento dos estômatos, afetando a transpiração, o influxo do CO₂ e a taxa fotossintética (Berger et al., 2007; Bolton, 2009).

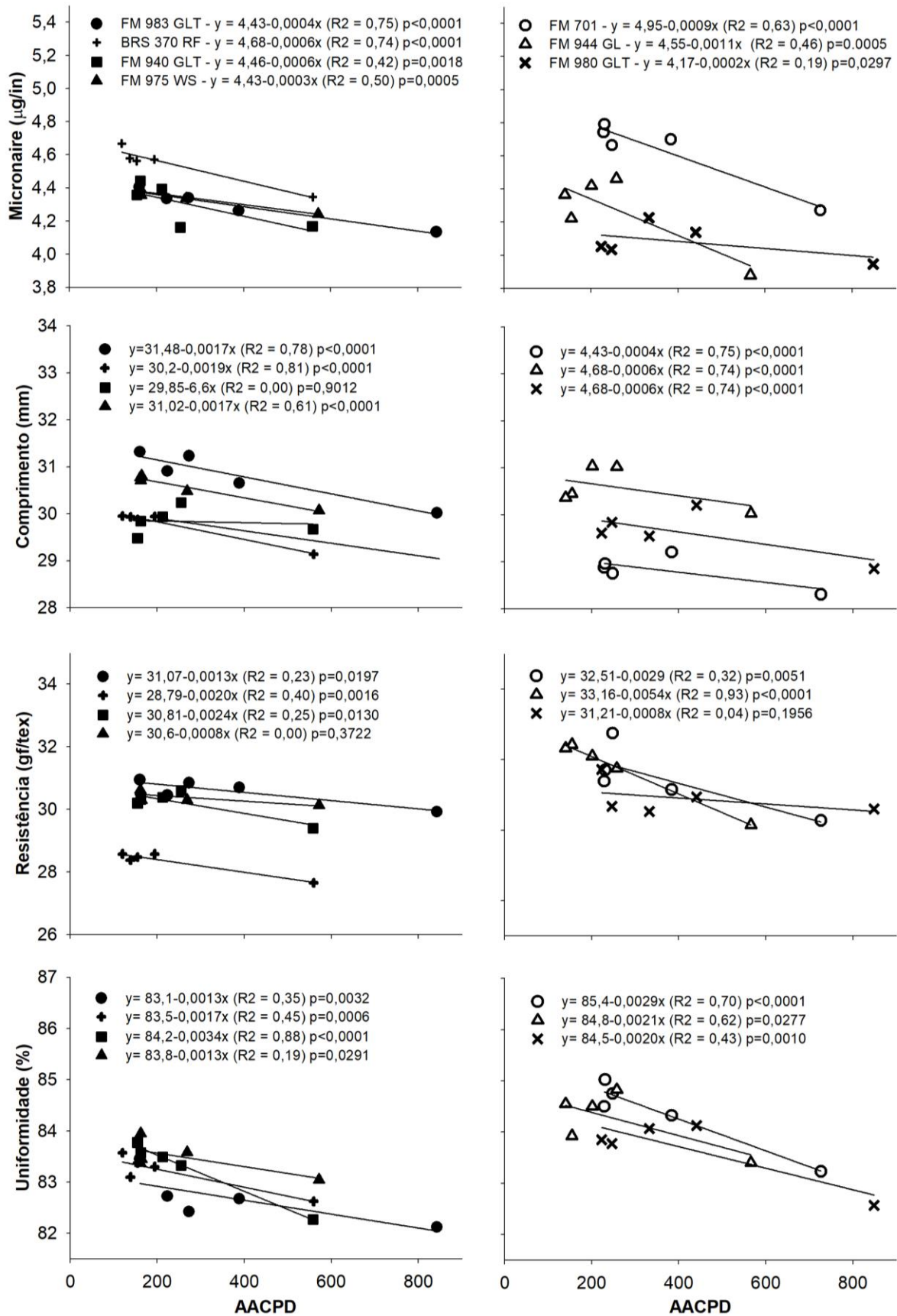


Figura 18. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as características de qualidade da fibra em cultivares de algodoeiro. Planaltina/DF, 2017.

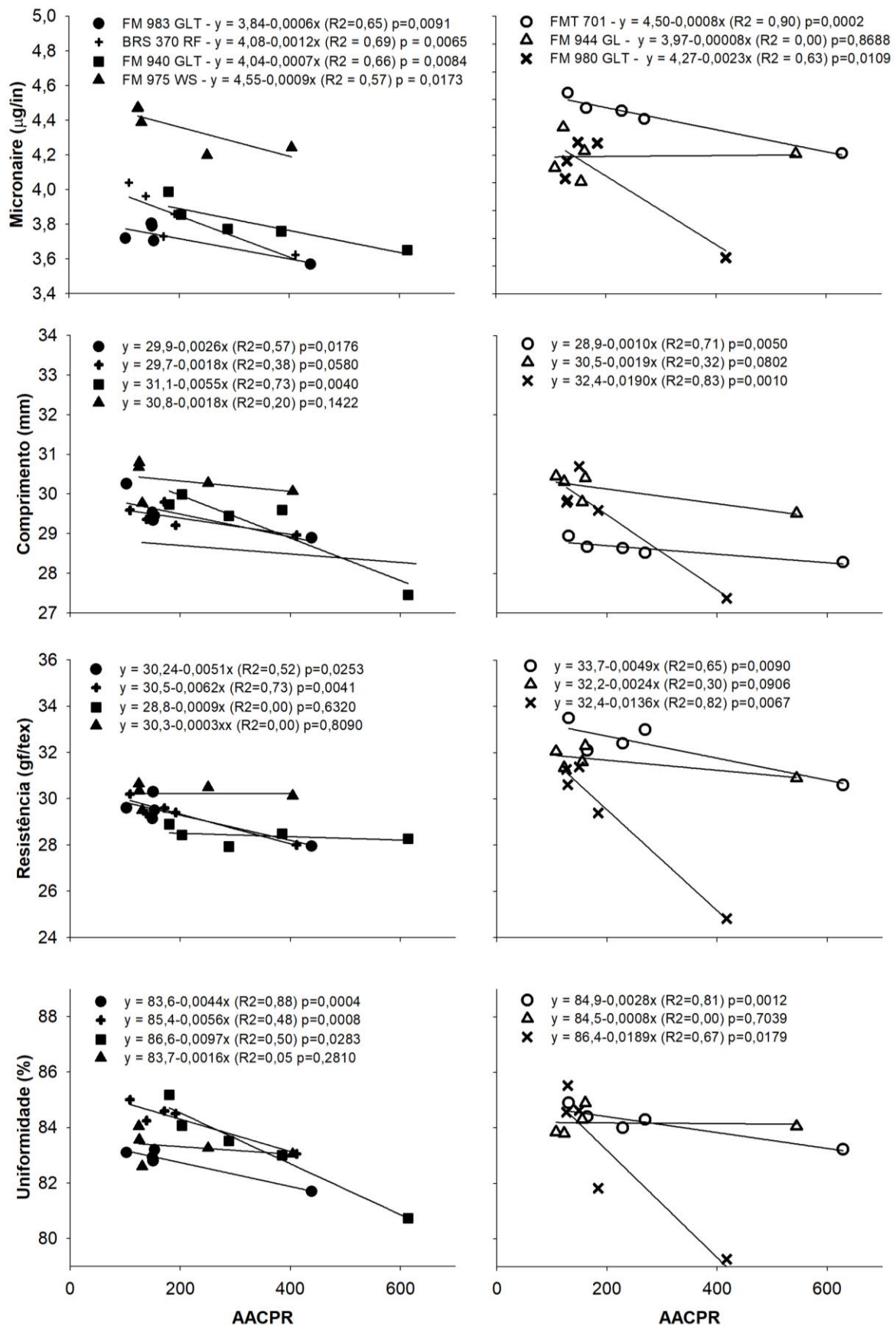


Figura 19. Relação entre a área abaixo da curva de progresso da ramulária (AACPD) e as características de qualidade da fibra em cultivares de algodoeiro. Cristalina/GO, 2017.

4. CONCLUSÕES

Os dados obtidos no presente trabalho demonstraram de forma consistente que a mancha-de-ramulária reduziu a qualidade da fibra do algodoeiro, representada pelas características micronaire, comprimento, resistência e uniformidade de comprimento da fibra. Adicionalmente, as características de qualidade da fibra foram fortemente influenciadas pela genética da cultivar e pelas condições de ambiente de cada local de cultivo.

LITERATURA CITADA

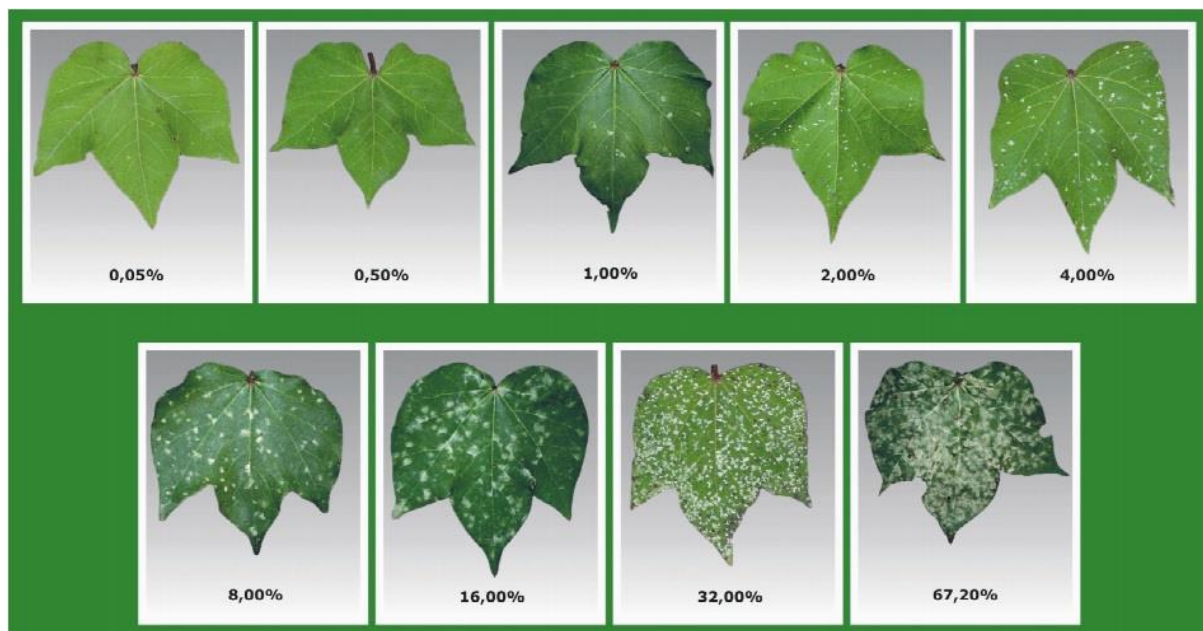
- ALMEIDA, E. S. A. B.; PEREIRA, J. R.; de AZEVEDO, C. A. V.; ARAÚJO, W. P. & ZONTA, J. H. 2017. Algodoeiro herbáceo submetido a déficit hídrico: qualidade da fibra. Embrapa Algodão-Artigo em periódico indexado (ALICE).
- ALVES, G. D. S., TARTAGLIA, F. D. L., ROSA, J. C., FERREIRA, M. M., CARVALHO, J. S. D. & ALVES, W. W. D. A. 2017. Growth, yield and fiber quality of cotton color influenced by the plant population. *Revista Ceres* 64(1):68-76.
- BARBOSA, J. C. & MALDONADO JÚNIOR, W. 2015. Experimentação Agronômica e Agroestat – Sistema para análises estatísticas de ensaios agronômicos. Jaboticabal: Gráfica Multipress Ltda. 396p.
- BAŞAL, H.; SEZENER, V.; CANAVAR, Ö.; KIZILKAYA, K. & DAĞDELEN, N. 2014. Effects of water stress and plant density on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivars differing in maturity and seed size: I. Yield components and fiber quality parameters. *International Journal of Agriculture Innovations and Research* 3:755-760.
- BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, M. P. 2008 O agronegócio do algodão no Brasil. 2ª ed. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, p.181-219.
- BERGER, S.; SINHA, A. K. & ROITSCH, T. 2007. Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany* 58:4019-4026.
- BOLTON, M. D. 2009. Primary metabolism and plant defense fuel for the fire. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 22:487-97.

- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA). Instrução Normativa nº 24, de 14 de julho de 2016, sobre os regulamentos técnicos do algodão em pluma.
- CAMPBELL, B. T. & JONES, M. A. 2005. Assessment of genotype × environment interactions for yield and fiber quality in cotton performance trials. *Euphytica* 144(1): 69-78.
- CASSMAN, K. G.; KERBY, T. A.; ROBERTS, B. A.; BRYANT, D. C. & HIGASHI, S. L. 1990. Potassium nutrition effects on lint yield and fiber quality of acala cotton. *Crop Science* 30(3):672–677.
- DAĞDELEN, N.; BAŞAL, H.; YILMAZ, E.; GÜRBÜZ, T. & AKCAY, S. 2009. Different drip irrigation regimes affect cotton yield, water use efficiency and fiber quality in western Turkey. *Agricultural Water Management*, 96(1):111-120.
- DE LANGHE E. A. L. 1986. Lint development. In: MAUNEY, J. R. & STEWART, J. M. (eds). *Cotton Physiology*. The Cotton Foundation: Memphis, Tennessee. p.325-349.
- DIAS, A. R. & THEODORO, G. F. 2017. Integração de cultivares resistentes e fungicidas no controle da mancha de ramulária (*Ramularia areola*) e produtividade do algodoeiro. *Revista de Ciências Agroveterinárias* 16(3): 221-230.
- ECHER, F. R. & ROSOLEM, C. A. 2015. Cotton yield and fiber quality affected by row spacing and shading at different growth stages. *European Journal of Agronomy* 65:18-26.
- FREIRE, E. C. 2015. *Algodão no Cerrado*. 3ª ed. Brasília: Positiva. 956 p.
- GIRMA, K.; TEAL, R. K.; FREEMAN, K. W.; BOMAN, R. K. & RAUM, W. R. 2007. Cotton lint yield and quality as affected by applications of N, P, and K fertilizers. *Journal of Cotton Science* 11:12-19.
- LIU, J.; MENG, Y.; CHEN, J.; FENGJUAN, L. V.; MA, Y.; CHEN, B.; WANG, Y.; ZHOU, Z. & OOSTERHUIS, D. M. 2015. Effect of late planting and shading on cotton yield and fiber quality formation. *Field Crops Research* 183:1-13.
- LOKHANDE, S. & REDDY, K. R. 2014. Quantifying temperature effects on cotton reproductive efficiency and fiber quality.–*Agron. J.* 106: 1275–1282, 2014.
- NICHOLS, S. P.; SNIPES, C. E. & JONES, M. A. 2004. Cotton growth, lint yield, and fiber quality as affected by row spacing and cultivar. *Journal of Cotton Science* 8:1-12.
- SANTANA, J. C. F.; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P.; LEÃO, A. B. & VIEIRA, D. J. 2008. Características da fibra e do fio do algodão

- Análise e interpretação dos resultados. In: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, D. M. P. (Eds.) O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica. p.1099-1120.
- SESTREN, J. A. & LIMA, J. J. 2015. Características e classificação da fibra de algodão. In: FREIRE, E. C. Algodão no Cerrado do Brasil. 3ª ed. Brasília: Positiva. 942 p.
- SOARES, L. C. D. S. 2015. Efeito da temperatura e chuva sobre a qualidade da fibra e produtividade de algodão no estado de Mato Grosso. Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, São Paulo, Brasil.
- SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, M. C.; ASMUS, G. L.; INOMOTO, M. M. & CHITARRA, L. G. 2008. Manejo de doenças do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. M. & AZEVEDO, D. M. P. O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia. 2:985-1032.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M. & MURPHY, A. 2017. Fisiologia e desenvolvimento vegetal. Artmed Editora.
- WANJURA, D. F. & BARKER, G. L. 1985. Cotton lint yield accumulation rate and quality development. Field Crops Research, 10:205-218.
- ZHANG, M.; SONG, X.; JI, H.; WANG, Z. & SUN, X. 2017. Carbon partitioning in the boll plays an important role in fiber quality in colored cotton. Cellulose 24(2):1087-1097.
- ZONTA, J. H.; BEZERRA, J. R. C.; SOFIATTI, V.; FARIAS, F. J. C. & CARVALHO, L. P. D. 2015. Efeito da irrigação no rendimento e qualidade de fibras em cultivares de algodoeiro herbáceo. Revista Caatinga 28(4):43-52.

ANEXOS

Anexo I. Escala Diagramática (Aquino, 2006) utilizada para as avaliações da severidade da mancha-de-ramulária em algodoeiro.



Anexo II. Características técnicas fornecidas pelos detentores das cultivares de algodoeiro utilizadas.

Cultivar	População (pl m ⁻²)	Ciclo (dias)	Tecnologia
BRS 293	9,2 - 10,5	160 – 170	Convencional
BRS 336	9,2 - 10,5	170 – 180	Convencional
FM 983 GLT	8,5 - 9,0	180 – 190	GlyTol; Liberty Link; Twin Link
FMT 701	8,0 - 9,0	180 – 190	Convencional
BRS 370 RF	8,0 - 9,0	180 – 185	RR Flex
FM 944 GL	9,5 - 10,0	150 – 180	GlyTol; Liberty Link
FM 980 GLT	9,5 - 10,0	160 – 190	GlyTol; Liberty Link; Twin Link
FM 940 GLT	9,5 - 10,0	150 – 180	GlyTol; Liberty Link; Twin Link
FM 975 WS	8,0 a 9,0	160 – 190	Wide Strike

Fonte: Embrapa; Bayer; Fundação Mato Grosso.

Anexo III. Especificações técnicas da ponta de pulverização utilizada para a aplicação dos tratamentos fungicidas.

Ponta	Teejet® XR 110 01 VS
Classe	jato plano de faixa ampliada
Pressão de trabalho	4 - 10 bar (15 - 60 psi)
Ângulo de pulverização	110°
Vazão	0,23 a 0,45 L min ⁻¹
Classe de gotas produzidas	fina a muito fina

Fonte: Teejet®.