

**JAQUELINE AGUILLA PIZZATO**

**EPIDEMIOLOGIA DE *RAMULARIA AREOLA* EM DIFERENTES COBERTURAS  
DO SOLO E ESPAÇAMENTOS, NA CULTURA DO ALGODOEIRO**

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2013**

**JAQUELINE AGUILLA PIZZATO**

**EPIDEMIOLOGIA DE *RAMULARIA AREOLA* EM DIFERENTES COBERTURAS  
DO SOLO E ESPAÇAMENTOS, NA CULTURA DO ALGODOEIRO**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-graduação Stricto Sensu em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola para obtenção do título de Mestre.

Orientadora: Prof. Dr<sup>a</sup> Dejânia Vieira de Araújo

**TANGARÁ DA SERRA/MT – BRASIL**

**2013**

Dados Internacionais de Catalogação na Fonte

P695e Pizzato, Jaqueline Aguilla.  
Epidemiologia de *Ramularia Areola* em Diferentes Coberturas do Solo e Espaçamentos, na Cultura do Algodoeiro. – Tangará da Serra - MT / Jaqueline Aguilla Pizzato. 2013.  
66 f.

Orientadora: Dra. Dejânia Vieira de Araujo.  
Programa de Pós Graduação *Stricto Sensu* em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola - " Universidade do Estado de Mato Grosso – UNEMAT – Campus de Tangará da Serra/MT, 2013.

1. Mancha de Ramulária. 2. Semeadura na Palha. 3. Cultivo Adensado. 4. Análise Espaço-temporal. I. Título.

CDU 62(817.2)

Bibliotecária: Suzette Matos Bolito – CRB1/1945.

**JAQUELINE AGUILLA PIZZATO**

***EPIDEMIOLOGIA DE RAMULARIA AREOLA EM DIFERENTES COBERTURAS DO SOLO E ESPAÇAMENTOS, NA CULTURA DO ALGODOEIRO***

Dissertação apresentada a Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do programa de Pós-Graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, para obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de fevereiro de 2013.



---

Prof. Dra Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin  
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT



---

Prof. Dr Milson Evaldo Serafim  
Instituto Federal de Mato Grosso



---

Prof. Dra Dejânia Vieira de Araújo  
Universidade do Estado de Mato Grosso-UNEMAT  
(Orientador)

## DEDICATÓRIA

Com grande amor e carinho, dedico este trabalho a Deus e à minha família.

Ao meu querido pai, João Luiz Pizzato (*in memoriam*), de quem trago no coração uma saudade infinita, que me ensinou que a bondade é uma virtude de poucos, mas que a obediência a ela nos torna mais humanos e com o coração mais feliz.

À minha linda e perfeita mãe, Rejane Maria Braun Pizzato, que me dedica todos os dias seu amor incondicional, que está sempre ao meu lado, e que me traz a segurança e a paz que preciso para vencer o mundo.

Às minhas irmãs, Jádina Mariana Pizzato e Joana Fernanda Pizzato, que me proporcionam uma companhia indispensável, alegrias nas pequenas coisas, as brigas que fazem bem, e que me provam todos os dias como é bom não ser filha única.

*“A vontade de Deus nunca irá levá-lo, aonde a graça de Deus não possa protegê-lo.”*

## AGRADECIMENTOS

Ao meu bom e amado Deus, agradeço infinitamente pela vida que me destes, com muita saúde e condições necessárias para que eu chegasse até aqui, pelas oportunidades que me proporcionastes, mas principalmente pelas pessoas que colocastes em minha vida desde o dia em que me criastes e me enviastes a este mundo.

Aos meus pais, pelas oportunidades e incentivos a mim oferecidos, por me mostrarem o caminho da disciplina e da dedicação, me ensinando a superar os obstáculos rumo aos meus ideais, e às minhas irmãs por transformarem os momentos de dificuldade em ânimo para seguir em frente e alcançar grandes conquistas.

Agradeço, ao meu namorado Thiago Henrique, meu grande amor, com quem compartilho minha vida em seus momentos bons e ruins, que muito me ensina, me apoia, e que a mim dedica um amor grandioso, recíproco em sua magnitude.

Agradeço aos meus queridos amigos, que são a família que Deus me permitiu escolher, com quem me permito ser verdadeiramente “eu”, aos quais dedico uma amizade estabelecida em laços de lealdade, carinho e companheirismo. *“Em todo o tempo ama o amigo, e na angústia nascerá o irmão.”* (Prov. 17.17)

À minha orientadora prof. Dr<sup>a</sup> Dejânia Vieira de Araújo, a quem estimo grande carinho e admiração, agradeço por sua dedicação em me instruir da melhor maneira possível, e pelos laços de amizade estabelecidos no decorrer desta jornada.

Aos professores, Milson Evaldo Serafim, Kelly Lana Araújo e Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin, pelas imensas contribuições realizadas neste trabalho, e pela dedicação com que as fizeram, sem as quais não seria possível a conclusão do mesmo.

Enfim, agradeço a todos os mestres que contribuíram não somente para o meu crescimento profissional bem como pessoal, ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (PPGASP), e à CAPES pela concessão de bolsa.

## SUMÁRIO

RESUMO .....	7
ABSTRACT .....	9
INTRODUÇÃO GERAL .....	11
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	13
ARTIGO 1 .....	16
Estudo epidemiológico de <i>Ramularia areola</i> em diferentes coberturas do solo e espaçamentos, na cultura do algodoeiro .....	16
Resumo .....	16
Abstract .....	17
1. Introdução .....	18
2. Material e métodos .....	20
2.1. Condução do experimento .....	20
2.2. Inoculação de <i>Ramularia areola</i> e análise do progresso da doença .....	23
2.3. Ajuste de modelos matemáticos .....	25
2.4. Análise das condições químicas do solo sob influência das plantas de cobertura .....	26
2.5. Emergência de plântulas e estande final de plantas de algodoeiro .....	26
2.6. Altura de plantas do algodoeiro .....	27
2.7. Avaliação dos dados climáticos .....	27
2.8. Produtividade do algodão em caroço .....	27
2.9. Análise dos dados .....	27
3. Resultados e Discussão .....	28
4. Agradecimentos .....	43
5. Referências Bibliográficas .....	43

<b>ARTIGO 2</b> .....	47
<b>Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de <i>Ramulária areola</i> na cultura do algodoeiro</b> .....	47
<b>Resumo</b> .....	47
<b>Abstract</b> .....	48
<b>1. Introdução</b> .....	49
<b>2. Material e métodos</b> .....	51
<b>2.1. Condução do experimento</b> .....	51
<b>2.2. Análise Geoestatística</b> .....	53
<b>3. Resultados e Discussão</b> .....	54
<b>4. Referências Bibliográficas</b> .....	61
<b>CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	65
<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	66
<b>ANEXO I</b> .....	67
<b>NORMAS DA REVISTA TROPICAL PLANT PATHOLOGY</b> .....	67



## RESUMO

A mancha de ramulária (*Ramularia areola*) é uma das doenças causadoras de manchas foliares no algodoeiro, sendo por muitos anos de importância secundária nas regiões tradicionais de cultivo, mas que devido à expansão da cotonicultura para a região Centro-Oeste, a doença adquiriu alto grau de importância sendo favorecida pelas condições climáticas desta região. Para tanto, estudos têm sido realizados para avaliar a epidemiologia espaço-temporal de doenças em função da utilização de plantas de coberturas e espaçamentos reduzidos, aliando assim, a adoção de práticas conservacionistas e a otimização das áreas de cultivo. O objetivo do trabalho foi realizar o estudo epidemiológico da mancha de ramulária no algodoeiro em diferentes coberturas do solo e espaçamentos, aplicando a análise geoestatística. O experimento foi realizado em campo utilizando-se blocos casualizados com esquema fatorial 2x3, sendo dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m) e três condições de cobertura do solo (sem cobertura, *Pennisetum glaucum* e *Crotalaria spectabilis*) com quatro repetições. Aos 60 dias após a semeadura foi realizada a inoculação tipo ponto, com  $1 \times 10^4$  conídios de *R. areola*, em 10 plantas no centro de cada parcela. Foram realizadas 14 avaliações de severidade da doença, nos terços inferior, médio e superior, em intervalos de cinco dias, utilizando-se a escala diagramática com nove níveis de severidade, sendo 1 (0,05% de área foliar afetada), 2 (0,50%), 3 (1,0%), 4 (2,0%), 5 (4,0%), 6 (8,0%), 7 (16,0%), 8 (32,0%) e 9 (67,20%). Foram testados também modelos matemáticos buscando ajustá-los às curvas de progresso da severidade da doença nos terços. As características estande inicial e final, altura de plantas, cobertura residual das plantas de cobertura e produtividade do algodão em caroço, também foram avaliadas. Houve interação significativa entre os fatores espaçamento e terço estudados, onde o terço médio das plantas apresentou maior área abaixo da curva da severidade (AACPS) da doença em ambos os espaçamentos, bem como foi observada diferença significativa para os terços inferior e superior, cujas AACPS foi maior nos tratamentos cultivados sob espaçamento 0,90 apresentaram maior AACPS. Foram evidenciados resultados significativos para as situações de cobertura, em que os tratamentos cultivados sob cobertura de crotalária e sem

cobertura, tiveram maior AACPS, muito embora as situações de cobertura não tenham influenciado nos atributos químicos do solo. Não houve ajuste das curvas de progresso da doença de nenhum dos terços, aos modelos matemáticos testados. As variáveis estande inicial e final não apresentaram resultados significativos. Houve resultados significativos para altura de plantas, dos tratamentos sob cobertura de *C. spectabilis*. Na avaliação da biomassa, observou-se significância nos dados para cobertura e espaçamento referentes aos tratamentos com espaçamento 0,90 m e *P. glaucum* em cobertura. As maiores médias de produtividade foram encontradas nos tratamentos cultivados em espaçamento 0,90 m. Através da análise geoestatística dos dados constatou-se variabilidade espacial do patógeno nas parcelas com formação de fonte de inóculo secundário, bem como dependência espacial entre forte e moderada da doença.

**Palavras-chave:** mancha de ramulária, semeadura na palha, cultivo adensado, análise espaço-temporal

## ABSTRACT

The stain of *Ramularia*, downy mildew, powdery mildew, downy mildew areolate or false, is a disease causing leaf spots on cotton, and for many years of secondary importance in the traditional areas of cultivation in the Central South, but due to expansion of cotton production to the Midwest, the disease has acquired a high degree of importance being favored by the climate of this region. To this end, studies have been conducted to assess the spatio-temporal epidemiology of disease due to the use of plant coverages and spacing reduced, thus combining the adoption of conservation practices with the optimization of crop fields. The objective was to perform epidemiological studies on *Ramularia* spot in cotton at different soil covers and spacings, using geostatistical analysis. The experiment was conducted in randomized block and a 2x3 factorial, with two gaps (0.45 cm and 0.90 cm) and three conditions of soil cover (no cover, and *Crotalaria spectabilis* Pennisetum glaucum) with four replications. At 60 days after sowing was the inoculation of  $1 \times 10^4$  conidia of *R. areola*, to infect the plants. Assessments were carried out 14 incidence and severity of the disease in every five days, using a diagrammatic adapted according Aquino (2008) with nine degrees of severity one (0.05% diseased leaf area), 2 (0.50%), 3 (1.0%), 4 (2.0%), 5 (4.0%), 6 (8.0%), 7 (16.0%), 8 (32.0%) and 9 (67.20%), and the data were transformed to area under the incidence progress curve (AUDPCI) and severity (AUDPCS). We also tested mathematical models trying to adjust them curves progress of disease severity in thirds. The characteristics booth initial and final plant height, coverage of residual plant cover and productivity of cotton, were also evaluated. There were significant differences in the treatment of upper third with 0.90 m spacing that had higher AUDPCS, whereas no significant difference for the remaining thirds. There was no adjustment of disease progress curves of any of thirds, to mathematical models tested. Situations coverage did not affect the soil chemical properties. The variables initial and final stands were not significant. There were significant results for plant height, coverage under treatment *C. spectabilis*. In the evaluation of biomass observed in the data significance for covering and spacing related to treatment with 0.90 m spacing *P. glaucum* in coverage. The highest yield averages were found in treatments grown in 0.90 m spacing. Through the

geostatistical analysis of the data was found spatial variability of the pathogen in plots with formation of secondary source of inoculum, as well as spatial dependence between strong and moderate disease.

**Keywords:** spot Ramularia, sowing straw, high-density crops, space-time analysis.

## INTRODUÇÃO GERAL

O algodão tornou-se uma das culturas mais importantes de produção de fibras do mundo, sendo produzido por mais de 60 países, dentre os quais o Brasil destaca-se como o quinto maior produtor mundial. Segundo dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a área estimada para o cultivo do algodão no país é de 886,8 mil hectares, para a safra 2012/2013 (CONAB, 2013).

Neste cenário, a região Centro-Oeste participa com aproximadamente 62,04% no total de área plantada com a cultura nesta safra no país, em que o estado de Mato Grosso destaca-se como principal produtor nacional com 464,4 mil ha de área plantada (CONAB, 2013). Nos últimos anos tem-se constatado uma crescente expansão da cotonicultura brasileira para esta região. No entanto, as condições climáticas com altos índices pluviométricos e temperaturas elevadas favorecem o desenvolvimento de doenças fúngicas caracterizando um dos principais fatores que afetam a cultura do algodão (MARANHA et al., 2002).

Assim, a mancha de ramulária causada pelo fungo *Ramularia areola*, representa alto grau de importância para a região, cujos sintomas, que aparecem em ambas as faces da folha, iniciam geralmente na fase reprodutiva da planta, entre o aparecimento do primeiro botão floral e abertura da primeira flor (B1 e F1), ocasionando danos prolongados até o final do ciclo da cultura, sendo mais expressivos entre o início do florescimento e a abertura dos primeiros capulhos (IAMAMOTO, 2003; SUASSUNA e COUTINHO, 2007).

Entretanto, estudos têm sido realizados visando a utilização de algumas práticas como o uso de plantas de cobertura, evidenciando-se melhorias nos atributos físicos e químicos para o solo (ARANTES, 2010; FERREIRA E LAMAS, 2010; CARVALHO et al., 2004), sendo possível fazer uma correlação entre esses benefícios com a diminuição da incidência de patógenos nas culturas, tendo em vista que o excesso ou escassez dos elementos minerais podem contribuir para uma mudança na suscetibilidade do hospedeiro, por influenciar no vigor e na reação de defesa da planta, que em caso contrário, a planta poderá aumentar a sua capacidade de reação à doença (BERGAMIN FILHO et al., 1995).

Dentro deste contexto, alterações no sistema de cultivo do algodoeiro têm sido realizadas desde a década de 80, tendo como objetivo principal a redução dos custos de produção da cultura (RIBEIRO et al., 2009). No entanto, os benefícios obtidos por esta prática podem superar o inicial, pois aliados a um sistema conservacionista, os cultivos adensados podem conservar e/ou melhorar as características do solo, aumentar a produtividade a longo prazo, diminuir os custos com insumos agrícolas, bem como aumentar a rentabilidade a curto prazo (REEVES, 2000).

Dessa forma, o estudo do comportamento de doenças mediante as alterações no sistema de cultivo do algodoeiro, evidencia uma importante curiosidade na reação da mancha de ramulária à possibilidade de interação entre essas duas práticas, salientados os benefícios que ambas podem ocasionar ao solo, e a influência que este exerce sobre o desenvolvimento de doenças (BERGAMIN FILHO et al., 1995; BERGAMIN FILHO e AMORIM, 2011).

Portanto, aliado a estes fatores, ressalta-se também a importância de se conhecer uma doença ao longo do tempo e do espaço (BERGAMIN FILHO et al., 2004). Assim, através da geoestatística, estudos de patologias de plantas têm sido realizados para analisar a distribuição espacial de epidemias de doenças das mesmas, selecionando táticas e estratégias racionais de controle, com melhor relação custo-benefício e menor impacto ambiental (NELSON et al., 1999; ALVES et al., 2005).

A geoestatística tem sido aplicada para modelar o padrão espaço-temporal e gerar hipóteses sobre aspectos epidemiológicos de doenças de plantas, e por meio da técnica de Krigagem, é capaz de considerar a dependência espacial entre a intensidade da doença em um indivíduo e a sua vizinhança (CHELLEMI et al., 1988; LARKIN et al., 1995; NELSON et al., 1999; WALLACE e HAWKINS et al., 1994; JAIME-GARCIA et al., 2001; CHAREST et al., 2002; ALVES, 2006).

Assim, com o objetivo de encontrar alternativas que contribuam para a otimização das áreas de cultivo, diminuição da utilização de insumos, redução dos custos de produção e incrementos da produtividade do algodão (CARVALHO e AMABILE, 2006; BEBENDO e AMORIM, 2011; AZEVEDO et al., 1994; RIBEIRO et al. 2009; BEBENDO, 1995; BERGAMIN FILHO e AMORIM, 1996), este trabalho foi

realizado seguindo duas abordagens: a primeira referiu-se ao estudo epidemiológico da *Ramularia areola* em diferentes coberturas do solo e espaçamentos, na cultura do algodoeiro, e a segunda referiu-se à utilização da geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de *Ramularia areola* na cultura do algodoeiro.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVES, M. C.; POZZA, E. A.; MACHADO, J. C.; ARAÚJO, D. V.; TALAMINI, V.; OLIVEIRA, M. S. Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. **Fitopatologia Brasileira**, v. 31, n. 6, p. 557-563, 2006.

ALVES, M. de C.; POZZA, E. A.; SILVA, F. M. da; MORAES, J. C.; OLIVEIRA, M. S. de; SOUZA, Z. M. de; FIGUEIREDO, C. A. P. de. Análise geoestatística da variabilidade espacial da broca-do-café (*Hypotenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk. & Cke.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: Congresso Brasileiro de Agroinformática, 5, 2005, **Anais...** Londrina: SBI-AGRO, Londrina, 2005.

ARANTES, E. M. Algodão branco e colorido cultivado no sistema orgânico com plantio direto em diferentes coberturas de solo. **Dissertação de Mestrado**. São Carlos. Universidade Federal de São Carlos. 2010.

AZEVEDO, D. M. P. de et al. Período crítico de competição entre plantas daninhas e o algodoeiro anual irrigado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 29, [s.n], p. 1477-1425, 1994.

BEDENDO, I. P. Ambiente e Doença. In: BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de Fitopatologia**. 3ª ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. v.1, [s.n] p. 331-341.

BERGAMIN FILHO, A.; KIMATI, H.; AMORIM, L. **Manual de fitopatologia**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1995. 919 p.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: Epidemiologia e Controle**. São Paulo: Agronômica Ceres, 1996. 289 p.

BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B. et al. Análise especial de epidemias. In: VALE, F. X. R.; JESUS JUNIOR, W. C. et al. (Eds.). *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte: Perfil, p. 193-240. 2004.

BERGAMIN FILHO, A. Curvas de progresso da doença. In: AMORIM, L.; REZENDE, J. A. M.; BERGAMIN FILHO, A. **Manual de Fitopatologia**. Piracicaba SP. Agronômica Ceres. p. 647-666. 2011.

CARVALHO, A. M. de; AMABILE, R. F. **Cerrado: adubação verde**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2006. 369 p.

CARVALHO, M. A. C. de; ATHAYDE, M. L. F.; SORATTO, R. P.; ALVES, M. C.; SÁ, M. E. de. Adubação verde e sistemas de manejo do solo na produtividade do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 39, n. 12, p. 1205-1211, 2004.

CHAREST, J.; DEWDNEY, M.; PAULITZ, T.; PHILION, V.; CARISSE, O. Spatial distribution of *Venturia inaequalis* airborne ascospores in orchards. **Phytopathology**, s/v, n. 92, p. 769-779, 2002.

CHELLEMI, D. O.; ROHRBACH, K. G.; YOST, R. S.; SONODA, R. M. Analysis of the spatial pattern of plant pathogens on diseased plants using geostatistics. **Phytopathology**, s/v, n. 78, p. 221-226, 1988.

CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira: grãos, quarto levantamento, abril 2013**. Brasília: Companhia Nacional de Abastecimento. 2013. 28p.

FERREIRA, A. C. B.; LAMAS, F. M. Espécies vegetais para cobertura do solo: influência sobre plantas daninhas e a produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto. **Revista Ceres**, v. 57, [s.n.], p. 778-786. 2010.



IAMAMOTO, M. M. Reação de cultivares de algodoeiro a *Ramularia areola*. **Dissertação de Mestrado**, Jaboticabal, Universidade Estadual Paulista. 2003.

JAIME-GARCIA, R.; ORUM, T. V.; FELIX-GASTELUM, R.; TRINIDAD-CORREA, R.; VANETTEN, H. D.; NELSON, M. R. Spatial analysis of *Phytophthora infestans* genotypes and late blight severity on tomato and potato in the del fuerte valley using geostatistics and geographic information systems. **Phytopathology**, s/v, n. 91, p. 1156-1165, 2001.

LARKIN, R. P.; GUMPERTZ, M. L.; RISTAINO, J. B.; Geoestatistical analysis of *Phytophthora* epidemic development in commercial bell pepper fields. **Phytopathology**, s/v, n. 85, p. 191-203, 1995.

MARANHA, F. G. C. B.; RAMALHO, M. A. P.; FARIAS, F. J. C. Estratégias de análise da reação de cultivares de algodoeiro à patógenos. **Revista Brasileira Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v. 6, [s.n.], p. 565-575, 2002.

NELSON, M. R.; ORUM, T. V.; JAIME-GARCIA, R.; NADEEM, A. Application of geographic information systems and geostatistics in plant disease epidemiology and management. **Plant Disease**, s/v, n. 83, p. 308-319, 1999.

RIBEIRO, J. S. F.; NOGUEIRA, P. H. M.; CAMACHO, M. A.; BERTALLI, J. G. Espaçamento do algodoeiro sobre características morfológicas e produção de duas variedades em Maracaju (MS). In: Congresso Brasileiro do Algodão, 7, 2009. Foz do Iguaçu. Sustentabilidade da cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: **Anais...**Campina Grande: Embrapa Algodão, Campo Grande, 2009.

REEVES, W. Sistemas de preparo conservacionistas para algodão. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: Federação Brasileira de Plantio Direto na Palha, Foz do Iguaçu, 2000.

SUASSUNA, N. D.; COUTINHO, W. M. Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado brasileiro. In: Freire, E. C. **Algodão no Cerrado do Brasil**. Brasília, p. 479-521. 2007. WALLACE, M. K.; HAWKINS, D. M. Applications of geostatistics in plant nematology. **Journal of Nematology**, s/v, n. 26, p. 626-634, 1994.

## ARTIGO 1

### **Estudo epidemiológico de *Ramularia areola* em diferentes coberturas do solo e espaçamentos, na cultura do algodoeiro**

[Preparado de acordo com as normas da Revista *Tropical Plant Pathology*]

**Jaqueline A. Pizzato<sup>14</sup>; Dejânia V. Araújo<sup>14</sup>; Milson E. Serafim<sup>2</sup>; Kelly L. Araújo<sup>3</sup>; Rivanildo Dallacort<sup>4</sup>; Thiago A. S. Gílio<sup>5</sup>; Jair Romano Júnior<sup>1</sup>; Vanderlei A. Maciel<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Centro de Pesquisa, Estudos e Desenvolvimento Agro-ambientais (CPEDA), Universidade do Estado de Mato Grosso, , Km 7, Rodovia MT – 358, Jardim Aeroporto, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil; <sup>2</sup>Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Mato Grosso – IFMT, Av. dos Ramires, s/n, Industrial, 78200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil. <sup>3</sup> Laboratório de Melhoramento Genético Vegetal. Universidade do Estado de Mato Grosso, Av. Santos Dumont, s/n, B: Santos Dumont, 78200-000, Cáceres, Mato Grosso, Brasil; <sup>4</sup>Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado do Mato Grosso, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil. <sup>5</sup>Programa de Pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas, Universidade do Estado de Mato Grosso, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil.

Autor para correspondência: Jaqueline Aguilla Pizzato, e-mail: japizzato@gmail.com

#### **Resumo**

O objetivo do trabalho foi avaliar o progresso da mancha de ramulária do algodoeiro, em diferentes coberturas do solo e espaçamentos. O experimento foi realizado em blocos casualizados em esquema fatorial 2x3, sendo dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m) e três coberturas (sem cobertura, *Pennisetum glaucum* e *Crotalaria spectabilis*) com quatro

repetições. Aos 60 dias após a semeadura foi realizada a inoculação com  $1 \times 10^4$  conídios de *R. areola* tipo ponto, nas plantas centrais da parcela. Foram realizadas 14 avaliações de severidade da doença, nos terços inferior, médio e superior das plantas, em intervalos de cinco dias, utilizando-se escala diagramática com nove níveis de severidade, e os dados transformados para área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS). Os modelos matemáticos Logístico, Gompertz e Monomolecular foram testados às curvas de severidade da doença em cada terço. As características estande inicial e final, altura de plantas, cobertura residual e produtividade do algodão em caroço, também foram avaliadas. Constatou-se diferença significativa da AACPS para os terços da planta de algodão, em que o terço médio apresentou maior AACPS da doença, em ambos os espaçamentos utilizados. Também foi observada diferença significativa para os terços inferior e superior, cujas AACPS foi maior no espaçamento 0,90. As curvas de progresso da severidade da doença dos terços, não se ajustaram aos modelos testados. Foram evidenciados resultados significativos para as situações de cobertura, em que os tratamentos cultivados sobre cobertura de crotalária e sem cobertura tiveram maior AACPS. As plantas cultivadas nos tratamentos sob cobertura de *C. spectabilis* apresentaram maior altura que nos demais tratamentos. Na avaliação da cobertura residual, observaram-se dados significativos para as plantas de cobertura utilizadas, e as maiores médias de produtividade foram encontradas nos tratamentos cultivados em espaçamento 0,90m.

**Palavras-chave:** mancha de ramulária, cultivos adensados e semeadura na palha.

## **Abstract**

**Epidemiological study of *Ramularia areola* in different soil covers and spacings in cotton crops**

The objective of this work was to evaluate the progress of the areolate mildew of cotton, under different soil cover and spacing conditions. The experiment was carried out using randomized blocks and a 2x3 factorial design, with two spacings (0.45 m and 0.90 m) and three soil covers (no cover, *Pennisetum glaucum* and *Crotalaria spectabilis*) with four replications. The plants were inoculated with *R. areola*, sixty DAS. A total of 14 evaluations of disease severity were performed, at the lower, middle and upper thirds of plants, using a diagram scale with nine levels of severity and the resulting data were converted into the AUDPC. Gompertz, logistic, and monomolecular mathematical models were tested in the disease severity curves for each third. Agronomics characteristics were evaluated as well. If found significant differences of AUDPC for the cotton plants thirds, and the middle third present highest AUDPC both the arrangement used. Was observed too, significant difference for the lower and upper thirds, whose AUDPC were highest on 0,90 m. The disease progress curves of the thirds did not fit the tested models. Were evidenced significant results for the cover situations, where the treatments grown on crotalária cover and without cover had highest AUDPC. The treatments with *C. spectabilis* cover were taller than other treatments. Significant data were observed for the cover crops used and in the treatments grown at 0.90m spacing, to residual cover and crop yield, respectivity.

**Keywords:** *Pennisetum glaucum*, *Crotalaria spectabilis*, areolate mildew, high-density crops and no-till.

## 1. Introdução

A mancha de ramulária, ocasionada pelo fungo *Ramularia areola* G.F. Atk., [syn.=*Ramularia gossypii* (Speg.) Cif., *Cercospora gossypii* Speg.], está inserida entre as principais doenças de ocorrência na cultura do algodoeiro, destacando-se em função do seu

aparecimento desde o início da cultura, promovendo desfolha precoce e lesões na folha, ocasionando redução da área foliar fotossintetizante e perdas na produção e na qualidade da fibra, além dos altos custos com o manejo (Aquino *et al.*, 2008; Lucena, 2007).

O manejo desta doença, tem se baseado na integração de medidas, como o uso de cultivares com resistência parcial, época de plantio e principalmente aplicação de fungicidas (Chitarra *et al.*, 2005). Desta forma, o controle químico tem sido a medida mais utilizada pelos produtores da região Centro-Oeste, para a redução do inóculo de *R. areola*, quando a doença atinge 25% da área foliar do terço inferior das plantas (Andrade *et al.*, 1999; Cassetari Neto *et al.*, 2000; Cassetari Neto & Machado, 2000; Prade *et al.*, 2000), tendo em vista que, sob as condições edafoclimáticas da região, as perdas na produtividade podem chegar a 30% quando medidas de controle não são adotadas (Suassuna & Coutinho, 2007).

Neste contexto, a utilização de plantas de cobertura como prática de melhorias das condições para os cultivos agrícolas tem resultado em efeitos positivos às propriedades químicas, físicas e biológicas do solo, promovendo a ciclagem de nutrientes, favorecendo um adequado balanço nutricional para as plantas. Assim, a planta poderá apresentar maior capacidade de reação a doenças, melhorando as condições de cultivo para a cultura em sequência, além de proporcionar maior conservação do solo na recuperação e manutenção da qualidade do mesmo, e melhorar o seu potencial produtivo a médio e longo prazo (Carvalho & Amabile, 2006; Bebendo & Amorim, 2011).

Outra alternativa de otimizar a produtividade das culturas, é a adoção de espaçamentos reduzidos, que se apresenta como um método econômico por apresentar redução nas aplicações fitossanitárias (Azevedo *et al.*, 1994; Ribeiro *et al.*, 2009), podendo ainda favorecer a produtividade da cultura, como constatado em estudos de Ribeiro *et al.* (2009).

Assim, alterações no sistema de manejo e a adoção de práticas conservacionistas têm sido evidenciadas em trabalhos que confirmam as vantagens da utilização destes métodos, motivando a interação dos mesmos. Autores observaram incrementos na altura das plantas e da produtividade em cultivos adensados, e melhorias na qualidade física, química e biológica do solo, por meio da utilização de plantas de cobertura (Arantes, 2010; Carvalho & Amabile, 2006).

Desta forma, o presente trabalho teve por objetivo avaliar o progresso da mancha de ramulária no algodoeiro, cultivado em diferentes coberturas do solo e espaçamentos.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Condução do experimento**

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* Universitário de Tangará da Serra – MT, cujas coordenadas são 14°38'52,19" e 14°38'57,80" S e 57°25'52,38" e 57°25'51,85" O a 320 metros de altitude. O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférico argiloso (Embrapa, 2006).

O preparo da área experimental foi realizado mediante o revolvimento e descompactação do solo, por meio de gradagem. A adubação consistiu em adubação no sulco de semeadura com P, e em cobertura com K e N, aos 30 e 45 DAS, respectivamente, definidas em função das exigências nutricionais da cultura, e mediante análise química do solo, cuja interpretação dos resultados demonstrou níveis adequados para a maior parte dos elementos (Tabela 1).

**Tabela 1.** Interpretação da análise química de macro e micronutrientes de um Latossolo Vermelho Distroférico.

<b>Elementos/Resultado/Nível de fertilidade</b>						
<b>pH</b> (CaCl <sup>2</sup> )	<b>MO</b> (%)	<b>P(meh)</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>K</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Ca</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	<b>Mg</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	<b>CTC</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
5,30	2,50	2,00	0,15	2,05	1,69	7,00
<b>Adequado</b>	<b>Baixo</b>	<b>Muito</b>	<b>Baixo</b>	<b>Adequado</b>	<b>Adequado</b>	<b>Adequado</b>
<b>V</b> (%)	<b>S</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Baixo</b> <b>B</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Cu</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Fe</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Mn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Zn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )
55,70	4,00	0,42	3,50	95,00	32,30	1,90
<b>Adequado</b>	<b>Médio</b>	<b>Adequado</b>	<b>Baixo</b>	<b>Muito Alto</b>	<b>Muito Alto</b>	<b>Muito Alto</b>

O experimento foi realizado em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3, sendo dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m) e três condições de cobertura do solo, sendo sem cobertura, cobertura de milho (*Penisetum glaucum* L.) e cobertura de crotalária (*Crotalaria spectabilis* L.) com quatro repetições. A variedade utilizada foi a FMT 701, que apresenta ciclo tardio e é moderadamente suscetível a mancha de ramulária (Fundação MT, 2012). Cada parcela foi constituída por oito e dezesseis linhas, utilizando-se seis e quatorze linhas de área útil, de acordo com os respectivos espaçamentos. Assim, o tamanho das parcelas foi de 7m x 7,20m e o tamanho da área útil avaliada foi de 5,0 m de comprimento, considerando-se, de cada lado, 1,0 m de bordadura em comprimento, e uma linha de bordadura em largura. O espaço utilizado entre blocos e entre parcelas foi de 2,0 m e 0,50 m, respectivamente.

As coberturas vegetais foram semeadas a lanço, na primeira semana de outubro de 2011, utilizando-se 40 a 50 kg de sementes ha<sup>-1</sup> de milho e 6 a 8 kg de sementes ha<sup>-1</sup> de

crotalária, quantidades estas referentes a um potencial de produção de biomassa de 5,2 toneladas ha<sup>-1</sup> e 9,3 toneladas ha<sup>-1</sup>, em média, respectivamente (Carvalho & Amabile, 2006). A dessecação das plantas de cobertura foi efetuada antes do período de floração, aos 60 dias após a emergência (Carvalho & Amabile, 2006).

Para avaliar a persistência da biomassa seca das espécies vegetais, foram coletadas ao acaso amostras de 0,25 m<sup>2</sup>, por meio de um quadrado de ferro, em três pontos dentro da área útil de cada parcela, aos 176 dias após a semeadura (DAS) (período da colheita) (Ferreira & Lamas, 2010).

Com o intuito de reduzir a influência de fatores externos na disseminação do patógeno no experimento, anteriormente ao manejo das coberturas do solo foram plantadas três fileiras da cultura do milho (*Zea mays ssp. mays* L.) ao redor do experimento e entre os blocos, em espaçamento de 0,45m.

A semeadura do algodão foi efetuada na primeira semana de janeiro de 2012, 30 dias após a dessecação das coberturas vegetais, com o intuito de beneficiar-se da liberação de nutrientes ocorrida através da decomposição das plantas de cobertura, devido ao maior tempo de exposição das mesmas ao solo.

Em relação aos tratos fitossanitários, os mesmos foram realizados no decorrer do experimento, de acordo com a incidência de pragas. Também foram realizadas duas aplicações de regulador de crescimento, uma no estágio F1 (período de abertura das primeiras flores), e a outra entre os estádios FC (período entre as últimas flores e a abertura do primeiro capulho), quando as plantas de algodão retomaram seu crescimento (Lamas & Ferreira, 2006).



## 2.2. Inoculação de *Ramularia areola* e análise do progresso da doença

A inoculação de *R. areola* foi realizada nas plantas contidas em 1 m<sup>2</sup> no centro de cada parcela, constituindo fonte de inóculo do tipo ponto (Campbell & Madden, 1990), aos 60 dias após a semeadura, no início do estágio reprodutivo (B1) das plantas.

O inóculo foi obtido a partir da lavagem de folhas do algodoeiro com o auxílio de um pincel, em Erlenmeyer contendo água destilada. A suspensão de esporos foi ajustada a concentração de 10<sup>4</sup> conídios mL<sup>-1</sup> de água destilada (Antonini, 2004), com o auxílio de uma câmara de Newbauer, e posteriormente borrifada nas plantas de algodão.

A análise do progresso temporal da mancha de ramulária foi realizada mediante a severidade de 10 plantas demarcadas em cada parcela, realizada a partir da manifestação dos primeiros sintomas da doença, em um intervalo de cinco a sete dias.

As avaliações do progresso temporal de *R. areola* nos tratamentos foi realizada por meio da avaliação da severidade medida através de uma escala de notas adaptada de acordo com a escala diagramática elaborada por Aquino (2008) que apresenta nove níveis de severidade (Tabela 2).

**Tabela 2.** Escala de notas e níveis de severidade de *Ramularia areola* em plantas de algodoeiro, adaptada de acordo com Aquino (2008).

Notas	Níveis de severidade
1	Folhas com 0,05% de sintomas
2	Folhas com 0,50% de sintomas
3	Folhas com 1,0% de sintomas
4	Folhas com 2,0% de sintomas
5	Folhas com 4,0% de sintomas
6	Folhas com 8,0% de sintomas
7	Folhas com 16,0% de sintomas
8	Folhas com 32,0% de sintomas
9	Folhas com 67,20% de sintomas

Foram avaliados os terços inferior, médio e superior de cada uma das dez plantas marcadas, considerando-se como terço inferior as folhas dispostas até o 7º nó do ramo principal (haste), terço médio do 8º até o 14º nó e terço superior acima do 15º nó (Aquino, 2006).

As notas foram ponderadas utilizando-se o índice de Mckinney (1923) para a determinação do índice de doença (ID) em porcentagem, o que representa a severidade da doença, sendo expressa pela equação:

$$ID(\%) = \left[ \sum (f.v) / n.x \right] * 100$$

Por meio dos valores do ID, foram geradas curvas de progresso da severidade, e a área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) foi calculada de acordo com Campbell & Madden (1990):

$$AACPD = \left[ \sum_{i=1}^{n-1} \left\{ \left( Y_i + Y_{i+1} \right) / 2 \right\} (t_{i+1} - t_i) \right]^2$$

Os tratamentos foram comparados utilizando-se a área abaixo da curva de progresso da doença para a severidade de mancha de ramulária.

### 2.3. Ajuste de modelos matemáticos

Com o intuito de estudar as curvas de progresso da mancha de ramulária e fazer comparações da epidemia da doença entre os tratamentos (Bergamin Filho, 2011), foi realizado o teste de modelos matemáticos clássicos como o Logístico, de Gompertz e Monomolecular, na tentativa de ajustar os mesmos às curvas de progresso da severidade da doença.

Logístico:

$$[y = 1 / (1 + ((1 / y_0) - 1) \exp(-rt))]$$

Gompertz:

$$[y = \exp(-(-\ln(y_0)) \exp(-rt))]$$

Monomolecular:

$$[x = 1 - (1 - x) \exp(-r_M t)], \text{ onde:}$$

$y/x$  = estimativa da doença;  $y_0/x_0$  = quantidade de inóculo inicial;  $r$  = taxa de progresso da doença específica para cada modelo e;  $t$  = tempo.

Para selecionar o modelo de regressão mais adequado aos dados das curvas de progresso da doença, foram considerados conjuntamente os seguintes critérios: (i) maior coeficiente de determinação ajustado ( $R^{*2}$ ), obtido da regressão linear entre os valores previstos pelos modelos (variável dependente) e os observados (variável independente), (ii) menor desvio padrão para o inóculo inicial e para a taxa de progresso da doença e (iii) menor

variância e distribuição mais aleatória dos erros (severidade observada menos severidade estimada pelo modelo) (Campbell & Madden, 1990).

#### **2.4. Análise das condições químicas do solo sob influência das plantas de cobertura**

Com o propósito de avaliar se os atributos químicos do solo foram influenciados em função das plantas de cobertura e do espaçamento, foram realizadas 03 coletas de solo, sendo a primeira antes da implantação do experimento, a segunda no início das avaliações de incidência e severidade da doença (72 DAS) e a terceira coleta após a colheita do algodão (176 DAS).

Para a primeira coleta, foram retiradas 20 amostras simples para compor uma amostra composta das camadas 0-20 cm, sendo então submetidas às análises químicas e físicas de rotina (Arantes, 2010).

Para a segunda e a terceira coletas, foram retiradas 04 amostras simples para compor uma amostra composta das camadas 0-20 cm e 20-40 cm, referentes a cada condição de cobertura e espaçamento, totalizando 12 amostras compostas.

#### **2.5. Emergência de plântulas e estande final de plantas de algodoeiro**

Foram realizadas avaliações de emergência e estande final, aos 10 e 30 dias após a semeadura, respectivamente, utilizando-se 4,5 m<sup>2</sup> da área útil da parcela. Os dados foram transformados para porcentagem de plântulas com os cotilédones acima do solo ou de plantas vivas (Nakagawa, 1994). Após a avaliação do estande final foi realizado o desbaste das plantas, com o intuito de se manter oito plantas por metro linear em todas as parcelas.

## **2.6. Altura de plantas do algodoeiro**

No período de maturação das maçãs (FC), foi realizada a avaliação da altura das plantas de algodão, sendo amostradas 10 plantas por parcela, medindo-se o comprimento do colo até a última gema apical, com fita métrica graduada em centímetros (Freitas, 2001; Arantes, 2010). O resultado foi dado em centímetros com a média das 10 plantas avaliadas.

## **2.7. Avaliação dos dados climáticos**

Foram obtidos dados climáticos referentes ao período de inoculação e avaliação da doença, março a junho de 2012, através da estação do Instituto Meteorológico (INMET), com o intuito de relacionar os dados climáticos com a epidemiologia da mancha de ramulária.

## **2.8. Produtividade do algodão em caroço**

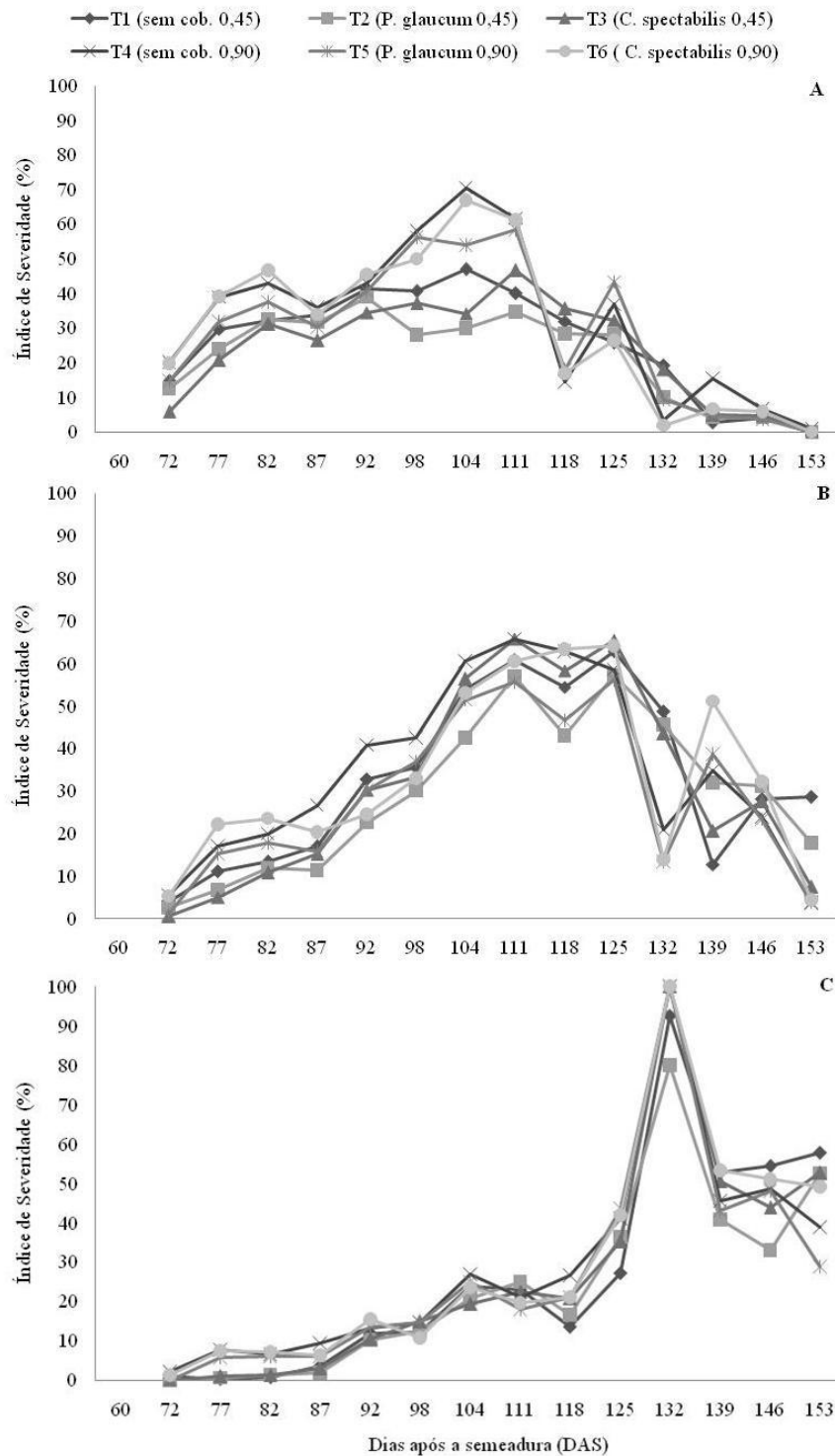
A colheita foi realizada manualmente, sendo colhidos 4,5 m<sup>2</sup> da área útil de cada parcela, seguindo metodologia de Arantes (2010), adaptada às condições experimentais deste trabalho. A produtividade por parcela foi obtida através da pesagem do algodão em caroço, em balança com precisão de 0,005kg e posteriormente transformada para kg ha<sup>-1</sup>.

## **2.9. Análise dos dados**

Os dados foram submetidos à análise estatística utilizando-se o programa SISVAR 5.3 (Ferreira, 2010) e as médias entre os tratamentos foram comparadas pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. Utilizou-se o programa SAEG (Sistema de Análises Estatísticas e Genéticas, Universidade Federal de Viçosa) para o ajuste dos modelos matemáticos. Foi realizada análise descritiva para a interpretação dos resultados de solo.

### **3. Resultados e Discussão**

As curvas de progresso da mancha de ramulária dos terços inferior, médio e superior estão representadas na Figura 1. Os primeiros sintomas da doença foram constatados doze dias após a inoculação, correspondendo aos 72 dias após a semeadura (DAS) em todos os tratamentos e nos terços inferior, médio e superior de todas as plantas avaliadas.



**Figura 1.** Curva de progresso do Índice de Severidade da mancha de ramulária no algodoeiro, nos terços inferior (a), médio (b) e superior (c) em função dos dias após a semeadura (DAS). Tangará da Serra, 2012.

Ao observar os picos da doença nos terços inferior, médio e superior evidenciou-se um gradiente nesta ordem, onde no terço inferior a doença atingiu seu pico de severidade aos 82 e 104 DAS, com posterior decréscimo da curva da severidade a partir dos 111 DAS, momento este em que foi apresentado o primeiro pico de severidade da doença no terço médio, tendo ocorrido um segundo pico aos 125 DAS, cujo declive da curva coincidiu com o pico da severidade da doença do terço superior, aos 132 DAS, sendo que nesta porção da planta, a doença ultrapassou o 20% de severidade somente após os 104 DAS (figura 1).

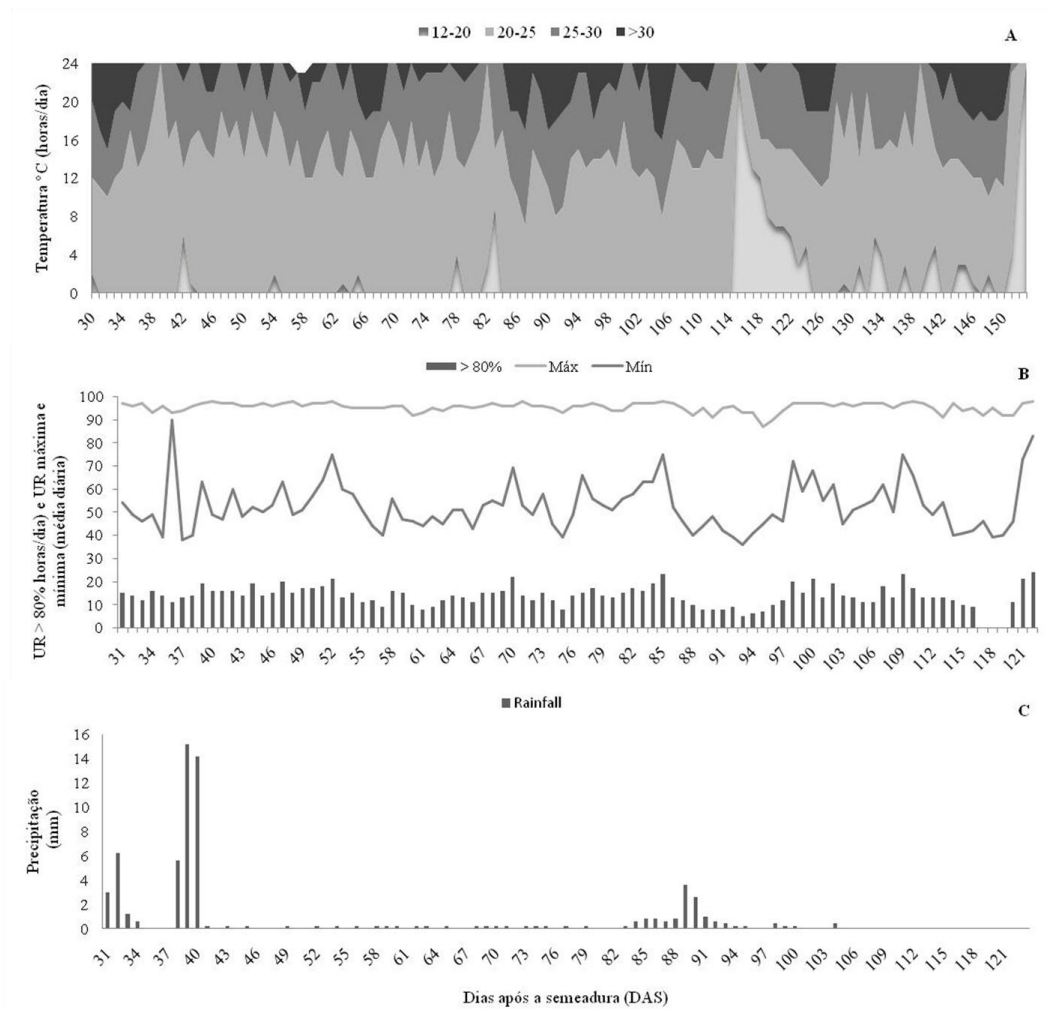
Este fato é justificado em função do aumento do inóculo ocorrido no terço inferior, bem como das condições climáticas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno constatadas neste trabalho, refletindo em uma maior infecção nos terços médio e superior da planta (Aquino, 2006). Esta informação tem relevância no momento da aplicação do controle químico da doença, devendo ser realizada quando até 20% da área foliar do terço inferior estiver doente (EMBRAPA – CNPA, 2005), de forma a evitar a infecção da doença nos demais terços da planta.

Quanto aos declives das curvas de severidade da doença foram atribuídos ao início da desfolha, ocasionada por ocasião da infecção acentuada da doença, influenciando principalmente no terço inferior, tendo em vista que o fechamento do dossel das plantas favorece a infecção da doença na porção inferior do dossel proporcionando microclima adequado, e sob condições de umidade e temperatura favoráveis tem como consequência a desfolha precoce no baixeiro (Aquino, 2006; Curvêlo et al., 2010; Suassuna & Coutinho, 2007).

Durante todo o progresso da doença foram constatadas condições climáticas de temperatura, umidade e precipitação favoráveis ao desenvolvimento do patógeno (figura 2). Foi possível evidenciar a ocorrência de temperaturas ótimas entre 25-30°C, porém com



predominância de temperaturas na faixa de 20-25°C, estas consideradas favoráveis ao desenvolvimento do patógeno.



**Figura 2.** Dados climáticos coletados da Estação Meteorológica (INMET), referentes a horas diárias com temperaturas de 12-20°C, 20-25°C, 25-30°C e >30°C (a), horas diárias de umidade relativa (UR) >80% e médias diárias de UR máxima e mínima (b) e precipitação (mm) (c).

Houve a ocorrência também de horas significativas de temperatura na faixa 12- 20°C, entre os 116 e 128 DAS, coincidente ao pico da curva de severidade da doença do terço médio e antecedente ao pico da curva de severidade da doença do terço superior.

Os valores de umidade se mantiveram por mais de 13 horas de umidade relativa acima de 80%, com máxima de 98% e mínima de 38%. A precipitação se apresentou de forma alternada com a ocorrência de períodos secos, além de apresentar ocorrência de chuva significativa entre 30 e 40 DAS, bem como entre os 116 e 128 DAS. De acordo com Rathaiah (1997), a infecção do algodoeiro pelo fungo *R. areola* necessita de um período de molhamento foliar alternado de secamento, bem como a presença de água livre sobre as plantas favorece a germinação dos esporos e a infecção do patógeno (Iamamoto, 2003). Vale ressaltar também a ocorrência de precipitação no período de inoculação da doença, 60 DAS, até o período próximo ao início da ocorrência da doença nas plantas, contribuindo para o início da doença.

De acordo com a literatura, o processo infeccioso da *R. areola* inicia-se em condições climáticas favoráveis de temperatura em torno de 12° C à 32° C, sendo a mais adequada, a faixa de 25° C a 30° C e umidade relativa do ar acima de 80%, que influencia tanto na germinação dos conídios quanto na emissão do tubo germinativo (Rathaiah, 1977; Iamamoto, 2003), em que noites úmidas seguidas de dias secos, sem períodos prolongados de molhamento foliar, também favorecem o desenvolvimento da doença (Paiva, 2001).

Em se tratando do ajuste dos modelos Logístico, de Gompertz e Monomolecular (Tabela 2), utilizados com o intuito de avaliar o progresso da doença de forma mais próxima à realidade (Bergamin Filho, 2011), foi possível observar que as curvas de progresso da severidade da doença não se ajustaram a nenhum dos três modelos testados, pois os valores do coeficiente de determinação ( $R^{*2}$ ), como um dos critérios aconselháveis para a escolha do melhor modelo (Campbell & Madden, 1990), foram inferiores a 80%, levando a ajustes não satisfatórios das curvas de progresso da doença.

Embora Abreu (2010) tenha encontrado resultados semelhantes ao presente trabalho, em que as curvas de progresso da severidade da podridão vermelha do sisal (*Agave sisalana* Perrine), ocasionada pelo fungo *Aspergillus Níger*, não se ajustaram a nenhum dos modelos matemáticos testados.

**Tabela 2.** Coeficiente de determinação ( $R^{*2}$ ), desvio padrão do inóculo inicial ( $X_0$ ) e desvio padrão da taxa de infecção ( $r$ ) após ajuste dos modelos Monomolecular, Logístico e de Gompertz aos dados de severidade da mancha de ramulária na cultura do algodoeiro.

Tratamentos	Modelos	Terço Inferior			Terço Médio			Terço Superior		
		$R^{*2}$	( $Y_0$ )	( $r$ )	$R^{*2}$	( $Y_0$ )	( $r$ )	$R^{*2}$	( $Y_0$ )	( $r$ )
<b>T1</b>	Logístico	29,00	0,00536	0,00224	4,80	0,00972	0,00600	47,85	0,00023	0,00595
	Gompertz	29,20	0,00805	0,00160	5,79	0,01007	0,00186	54,98	0,00000	0,00191
	Molecular	28,99	0,00946	0,00017	10,29	0,01443	0,00027	67,18	3822,77	0,00007
<b>T2</b>	Logístico	26,22	0,02164	0,00067	11,74	0,00679	0,00650	42,88	0,00151	0,00921
	Gompertz	26,24	0,00523	0,00121	12,97	0,00694	0,00179	46,29	0,00114	0,00235
	Molecular	26,21	0,00574	0,00011	12,90	0,01154	0,00019	54,58	3480,61	0,00006
<b>T3</b>	Logístico	11,24	0,00594	0,00464	2,41	0,01353	0,00739	45,80	0,00118	0,00672
	Gompertz	11,24	0,00552	0,00123	3,28	0,01388	0,00229	49,32	0,00053	0,00193
	Molecular	11,22	0,01048	0,00021	6,23	0,01762	0,00032	60,20	3515,39	0,00006
<b>T4</b>	Logístico	25,20	0,04066	0,00341	-1,74	0,01443	0,00689	40,04	0,00587	0,01038
	Gompertz	0,29	256,905	137002	-1,79	0,01477	0,00213	50,24	0,01731	0,00371
	Molecular	25,19	0,02247	0,00041	-1,42	0,01669	0,00031	49,85	7428,54	0,00013
<b>T5</b>	Logístico	21,39	0,01112	0,00425	-0,87	0,01232	0,00776	34,03	0,00772	0,01261
	Gompertz	21,40	0,01285	0,00143	-0,78	0,01262	0,00224	36,50	0,00632	0,00382
	Molecular	21,38	0,01679	0,00031	-0,20	0,01487	0,00027	44,24	9473,26	0,00017
<b>T6</b>	Logístico	32,55	0,01314	0,00374	-0,05	0,00985	0,00617	50,26	0,00401	0,00939
	Gompertz	32,56	0,02024	0,00257	0,31	0,01015	0,00185	53,10	0,00294	0,00279
	Molecular	32,54	0,01782	0,00030	0,22	0,01305	0,00024	59,15	6070,18	0,00011

Como não houve ajuste dos modelos aos dados, os tratamentos foram comparados utilizando-se a AACPS da doença dos terços inferior, médio e superior, em que foram observados efeitos significativos de interação somente para o fator espaçamento em relação aos terços da planta, constatando-se a independência das situações de cobertura com os demais fatores estudados.

Foram obtidos resultados significativos para AACPS no fator cobertura (Tabela 3), onde os tratamentos cultivados sob cobertura de crotalária e sem cobertura apresentaram maior AACPS, em comparação com os tratamentos cultivados sob cobertura de milho que, por sua vez, demonstraram menor AACPS da doença. Estes resultados corroboram com estudos realizados por Chitarra *et al.* (2007) avaliando a severidade da mancha de ramulária em diferentes sistemas de manejo, que relataram menor severidade da doença em sistema de plantio direto (SPD), cujos princípios baseiam-se na cobertura do solo e na rotação de culturas, seguido do sistema convencional com rotação bianual de culturas.

Estes mesmos autores confirmam ainda que é possível reduzir significativamente a incidência de doenças no algodoeiro apenas com a mudança no sistema de produção atualmente em uso, como por exemplo, ao fornecer um adequado aporte de palha no SPD, característica esta fundamental para o sistema, sendo assim possível se obter nível satisfatório de controle de determinadas doenças.

Para o fator espaçamento em relação aos terços da planta (Tabela 4), constatou-se diferença significativa da AACPS nos três terços da planta de algodão quando cultivada em espaçamento 0,45, em que o terço médio apresentou maior AACPS da doença, e em sequência os terços superior e inferior. De forma semelhante, os resultados observados para o algodoeiro cultivado em espaçamento 0,90 demonstraram maior AACPS para o terço médio da planta, porém sem diferença estatística para os demais terços.

Embora estatisticamente a severidade da doença não tenha sido expressiva no terço inferior da planta, Paiva (2001) relatou que a ocorrência de doenças nesta porção da planta, é favorecida em função do acúmulo de umidade ocorrido na parte inferior do dossel das plantas. Desta forma, vale ressaltar que a desfolha ocorrida no terço inferior da planta (perda de baixeiro) ocasionou interferência na avaliação da doença nas folhas desta porção da planta, tendo em vista que o método de avaliação do progresso da doença utilizado neste trabalho não tem abrangência para a quantificação de perdas e danos ocasionados pela doença à cultura do algodoeiro.

Quando comparamos os terços em relação a cada espaçamento (Tabela 4), observamos que houve diferença significativa para os terços inferior e superior, cujas AACPS foram maiores no espaçamento 0,90, não tendo sido observada diferença significativa para o terço médio das plantas.

Estes resultados são contrastantes às informações de Paiva (2001), que relatou que a ocorrência de doenças é favorecida em função dos cultivos adensados, devido ao sombreamento que se inicia mais cedo na cultura.

**Tabela 3.** Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da doença em função das três situações de cobertura.

Situações de cobertura	AACPS
Sem cobertura	3771,85 a
<i>P. glaucum</i>	3366,20 b
<i>C. spectabilis</i>	3697,17 a
CV (%)	11,76
DMS	296,17

Médias com mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

**Tabela 4.** Área abaixo da curva de progresso da severidade (AACPS) da doença em função de dois espaçamentos, nos terços inferior, médio e superior.

Espaçamentos (m)	AACPS		
	Terço Inferior	Terço Médio	Terço Superior
<b>Espaçamento 0,45</b>	2791,94 Bc	4139,35 Aa	3330,83 Bb
<b>Espaçamento 0,90</b>	3486,85 Ab	4229,25 Aa	3692,22 Ab
<b>CV (%)</b>	<b>11,76</b>		
<b>DMS</b>	<b>348,23/418,85</b>		

Médias com letras maiúsculas na coluna e minúsculas na linha, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Ao analisar as variáveis estande inicial e final da cultura, foi observado que não houve diferença significativa. No entanto, a variável altura apresentou resultado significativo para o fator cobertura, onde os tratamentos com *C. spectabilis* em cobertura apresentaram maiores médias (Tabela 5). Estes resultados corroboram com os encontrados por Arantes (2010), que ao estudar cultivares de algodoeiro no sistema orgânico com plantio direto em diferentes coberturas do solo, observou maior altura das plantas sobre a palhada da *C. juncea* com a cultivar BRS Itaúba.

No entanto, em trabalhos realizados com espécies vegetais, gramíneas e leguminosas, para cobertura do solo no cultivo do algodoeiro (cultivar BRS Cedro), constatou-se que não houve diferença significativa para esta variável (Ferreira & Lamas, 2010).

Quanto à avaliação da cobertura residual das plantas de cobertura aos 176 DAS, foi observada diferença significativa entre as médias de cobertura, onde os tratamentos com *P. glaucum* apresentaram médias superiores aos tratamentos com *C. spectabilis*. Em trabalhos realizados por Ferreira & Lamas (2010), com espécies vegetais para cobertura do solo no cultivo do algodoeiro em sistema de plantio direto, foram evidenciados valores de 906 Kg ha<sup>-1</sup>

e 2.422 Kg ha<sup>-1</sup> de palhada para *C. spectabilis* e *P. glaucum*, respectivamente, no mesmo período de tempo analisado (175 DAS).

Este fato pode ser explicado pela baixa relação C/N de leguminosas como *C. spectabilis*, de forma que alguns autores sugerem a mistura de leguminosas e gramíneas para se obter uma relação C/N intermediária. Desta forma, é possível reduzir a velocidade de decomposição dos resíduos vegetais, bem como fazer com que o fornecimento de N não seja tão baixo como seria somente com a utilização da gramínea (Aita & Giacomini, 2003; Ferreira & Lamas, 2010).

Na avaliação da produtividade do algodão em caroço, foi encontrada significância nos dados para os tratamentos cultivados em espaçamento 0,90 m que apresentaram as maiores médias de produtividade. Estes resultados são diferentes dos encontrados por Ribeiro et al., (2009), que ao estudar variedades de algodão em diferentes espaçamentos (0,90 m e 0,45 m) constataram que houve diferença significativa no fator produtividade, tendo sido mais favorável no cultivo adensado.

Para tanto, observou-se controvérsias nos resultados de severidade da doença e produtividade, pois ambos apresentaram significância para os tratamentos com espaçamento 0,90 m. Porém, estes resultados podem ser justificados, devido à perda de baixeiro ocorrida de forma mais acentuada no espaçamento 0,45 m, já explicadas anteriormente no presente trabalho.

Portanto, devido a este fato os tratamentos com espaçamento 0,90 m apresentaram maior severidade da doença por não apresentarem perda acentuada do baixeiro, o que permitiu a continuidade da quantificação da doença, não interferindo nos resultados de produtividade (Tabela 5).



**Tabela 5.** Altura de plantas (cm), residual de cobertura (Kg ha<sup>-1</sup>) e produtividade de algodão em caroço, em função de três situações de cobertura e dois espaçamentos.

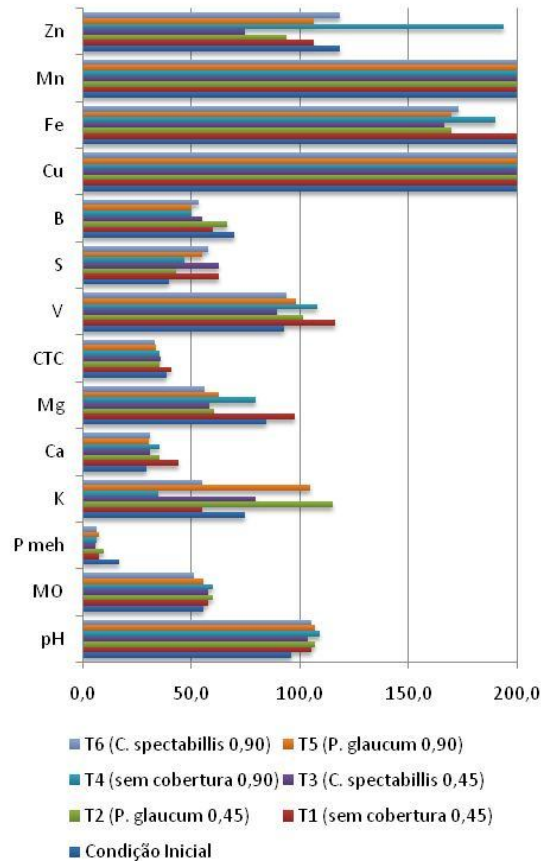
Situações de cobertura	Altura (cm)	Residual(Kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade de algodão em caroço (Kg ha <sup>-1</sup> )
Sem cobertura	102,0 b	0,0 c	2.468,1 a
<i>P. glaucum</i>	98,0 b	4.249,5 a	2.175,1 a
<i>C. spectabilis</i>	112,0 a	1.021,7 b	2.362,5 a
<b>C. V. (%)</b>	<b>6,39</b>	<b>27,91</b>	<b>28,59</b>
<b>DMS</b>	<b>0,05</b>	<b>11,24</b>	<b>77,45</b>
Espaçamentos (m)	Altura (cm)	Residual (Kg ha <sup>-1</sup> )	Produtividade de algodão em caroço (Kg ha <sup>-1</sup> )
<b>Espaçamento 0,45</b>	106,0 a	1.385,6 a	1.731,5 b
<b>Espaçamento 0,90</b>	102,0 a	2.128,5 a	2.939,0 a
<b>C.V. (%)</b>	<b>6,39</b>	<b>27,91</b>	<b>28,59</b>
<b>DMS</b>	<b>0,03</b>	<b>7,55</b>	<b>51,87</b>

Médias com mesmas letras na coluna, não diferem entre si pelo teste Tukey a 5%.

Dados transformados para raiz quadrada de X.

A interpretação das análises de solo realizadas para avaliação dos atributos químicos nas diferentes coberturas do solo, nas profundidades de 0-20 cm e de 20-40 cm, estão ilustrados nas Figuras 3 e 4.

Os dados 0-20 cm da condição inicial do solo (antes da implantação do experimento) e das três situações de cobertura (72 DAS) estão dispostos na figura 3. Já a Figura 4 representa os gráficos da análise 20-40 cm, das três situações de cobertura, estabelecendo uma comparação entre o solo sem cobertura e o mesmo coberto com *C. spectabilis* e *P. glaucum*, de acordo com as análises de solo realizadas aos 72 DAS e 176 DAS.



**Figura 3.** Análise dos elementos do solo da camada 0-20 cm, em função da comparação das três situações de cobertura aos (72 DAS) com a condição inicial do solo.

Com base nesses dados, tanto para as camadas de 0-20 cm quanto em 20-40 cm, pode-se observar que a fertilidade do solo proporcionou as mesmas condições para todos os tratamentos, não tendo sido este, um fator relevante para os diferentes índices de incidência e severidade obtidos em função de cada tratamento, mesmo percebendo-se algumas diferenças nos níveis de interpretação abordados com os fatores em questão.

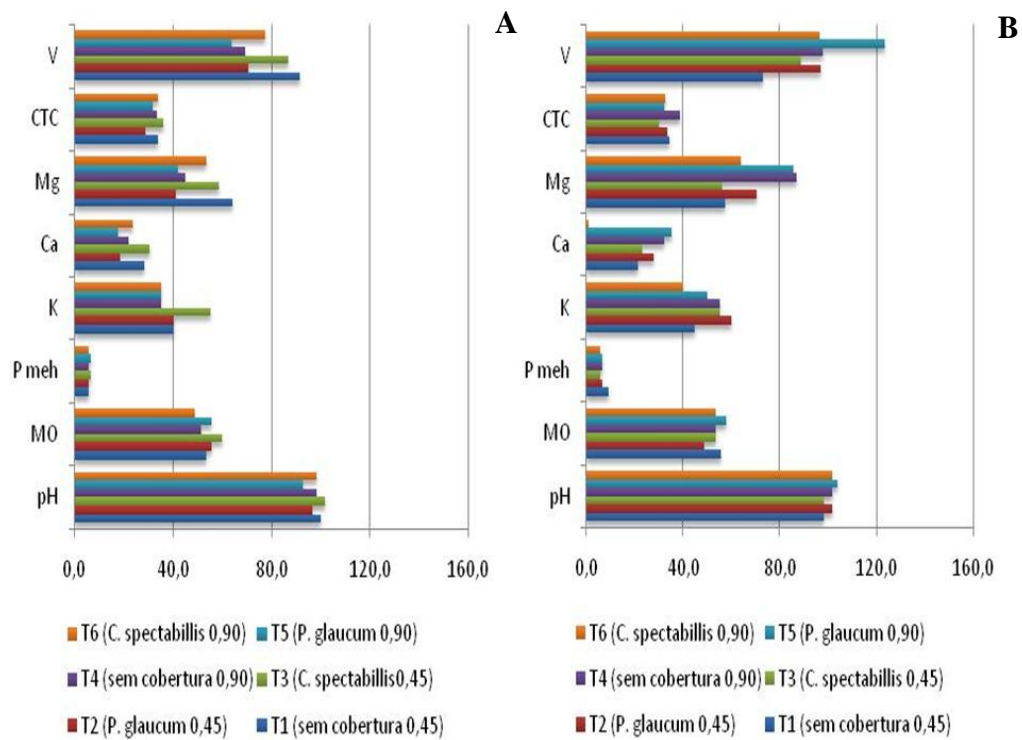
Pode-se observar também, que alguns elementos como enxofre (S), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) apresentaram variação (Figura 3). Isto pode ser explicado pela variabilidade dos mesmos no solo, como é o caso do S, ou até mesmo pela exportação deste pela cultura, como é o caso do Ca, que é elemento constitutivo da estrutura vegetal a qual empresta solidez,

e o Mg, cujo 75% do total do elemento removido do solo pelo algodoeiro, é absorvido pela cultura (Staut & Kurihara, 2001).

Segundo Rein & Sousa (2004), o comportamento do sulfato (forma disponível as plantas), se assemelha ao do nitrato, sendo produto da mineralização da matéria orgânica que é contínua durante o ciclo das culturas e variável com as condições ambientais.

Outro fator a ser observado com relevância é o nível de P, que nas Figuras 3 e 4 apresenta-se como nível baixo, podendo ser justificado pelo processo de adsorção promovido pela matriz do solo, o que é limitante da disponibilidade de P no solo.

Assim, constatou-se que as coberturas vegetais utilizadas, não alteraram de maneira relevante a composição química do solo, durante o período de tempo estudado. Além da recente utilização de plantas de cobertura na área, este fato pode ser explicado, em partes, pela textura argilosa do solo (49,3%), o que confere um tamponamento ao solo, intensificado pela matéria orgânica oclusa, que permanece protegida pelos agregados do solo.



**Figura 4.** Análise dos elementos do solo da camada 20-40 cm, em função da comparação entre as três situações de cobertura aos 72 DAS (a) e 176 DAS (b).

Neste estudo, foram observados os efeitos significativos nos índices de severidade da doença no terço inferior, para os tratamentos com espaçamento 0,90 m, não tendo sido evidenciada significância para os demais terços. Não foi possível o ajuste dos dados de severidade da doença dos terços da planta, para nenhum dos modelos testados. A altura das plantas foi de fato influenciada pela *C. spectabilis* em cobertura, que por sua vez, apresentou as menores médias na avaliação do residual de biomassa. Mesmo apresentando maior severidade da doença, a produtividade da cultura foi maior nos tratamentos com espaçamento 0,90. Já as condições de fertilidade do solo foram semelhantes para todos os tratamentos, não interferindo na epidemiologia da doença.

#### **4. Agradecimentos**

Agradeço à Coordenação de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior (CAPES), pela concessão de bolsa ao primeiro autor, ao Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola (PPGASO) e a todos os docentes pelo suporte e auxílios prestados durante o período de estudo.

#### **5. Referências Bibliográficas**

Antonini RCA (2004) Métodos de análise e monitoramento microbiológico em laboratório de destilaria. São Carlos: [s.n], UFSCAR. 34p.

Aquino LA, Berger PG, Rodrigues FA, Zambolim L, Ogoshi F, Miranda LM, Lélis MM (2008) Controle alternativo da mancha de ramulária do algodoeiro. Summa Phytopathologica, 34: 131-136.

Arantes EM (2010) Algodão branco e colorido cultivado no sistema orgânico com plantio direto em diferentes coberturas de solo. MSc. Tese, Universidade Federal de São Carlos. São Carlos SP, BR.

Azevedo DMP de et al (1994) Período crítico de competição entre plantas daninhas e o algodoeiro anual irrigado. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 29: 1477-1425.

Bergamin Filho A (2011) Curvas de progresso da doença. In: Amorin, L, Rezende, JAM, Bergamin Filho, A (Eds.) Manual de Fitopatologia. Piracicaba SP. Agronômica Ceres. pp. 647-666.

Campbell CL, Madden LV (1990) Introduction to plant disease epidemiology. 1ª Ed. New York. John Wiley Sons.

Carvalho AM, Amabile RF (2006) Cerrado: adubação verde. 1ª Ed. Planaltina PR. Embrapa Cerrado.

Cassetari Neto D, Machado AQ (2000) Diagnose e controle de doenças do algodão. 1ª Ed. Cuiabá. Universidade do Estado de Mato Grosso/FAMEV.

Cassetari Neto D, Machado RSS, Faria AYK, Leite JJ, Valcanaia E, Araújo DV, Andrade JR, Avila WP, Caye S, Arnhold D (2000) Avaliação de fungicidas no controle de doenças em algodão no Mato Grosso. *Fitopatologia Brasileira*, 25:363.

Chitarra L G, Meira AS, Menezes VL (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. Campina Grande: Embrapa/ Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, *Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento*, 58.

Chitarra LG, Lamas FM (2007) Severidade da mancha de ramulária e ramulose em função do sistema de manejo do solo em cultivares de algodoeiro. In: 6º Congresso Brasileiro do Algodão, Resumos...Uberlândia MG. ABRAPA: AMIPA: Embrapa. p. 6. Curvêlo CRS, Rodrigues FA, Berger PG, Rezende DC (2010) Microscopia eletrônica de varredura do processo infeccioso de *Ramularia areola* em folhas de algodoeiro. *Tropical Plant Pathology*, 35:108-113.

Embrapa (2006) Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. 2ª Ed. Rio de Janeiro RJ. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

Embrapa (2005) Cultura do Algodão no Cerrado. Available at: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Algodao/AlgodaoCerrado/doencas.htm>. Accessed on February 01, 2013.

Ferreira ACB, Lamas FM (2010) Espécies vegetais para cobertura do solo: influência sobre plantas daninhas e a produtividade do algodoeiro em sistema plantio direto. *Revista Ceres*, 57:778-786.

Ferreira DF (2011) Sisvar: computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35: 1039-1042.

Freitas JA, Silva EB, Fallieri J, Lanza MA, Faria RS, Silva PJ (2001) Tamanho de amostra na parcela para caracterização da altura de plantas de algodoeiro herbáceo *Gossypium hirsutum*. *Ciência Rural*, 31:583-587.

Fundação MT. Available at: <http://www.fundacaomt.com.br/algodao/?cult=fmt701>. Accessed on July 25, 2012.

Iamamoto MM (2003) Reação de cultivares de algodoeiro a *Ramularia areola*. MSc. Tese, Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal SP, BR.

Lamas FM, Ferreira ACB (2006) Reguladores de crescimento na cultura do algodoeiro. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. Comunicado Técnico, 121.

Lucena VS (2007) Caracterização da resistência do algodoeiro a *Ramularia areola* e variabilidade molecular do patógeno. MSc. Tese, Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal RN, BR. McKinney HH (1923) Influence of soil temperature and moisture on infection of wheat seedlings by *Helminthosporium sativum*. *Journal Agricultural Research*, 26:195-219.

Nakagawa J (1994) Testes de vigor baseados na avaliação de plântulas. In: VIEIRA RD, CARVALHO NM (Eds.) Testes de vigor em sementes. Jaboticabal SP. FUNEP. pp. 49-85.

Paiva FA (2001) Doenças. In: Embrapa Algodão (Eds.) Algodão: tecnologia de produção. Dourados MS. Embrapa Agropecuária do Oeste. pp. 245-266.

Prade AG, Fornarolli DA, LIZZI DS (2000) Controle químico da mancha de ramulária em algodão. *Fitopatologia Brasileira*, 25:413.

Rathaiah Y (1977) Spore germination and mode of cotton infection by *Ramularia areola*. *Phytopathology*, 67:351-357.

Rein TA, Sousa DMG (2004) Adubação com enxofre. In: SOUSA, DMG; LOBATO, E. Cerrado: correção do solo e adubação (Eds.) Brasília DF. Embrapa Informação Tecnológica. pp. 227-242.

Ribeiro JSF, Nogueira PHM, Camacho MA, Bertalli JG (2009) Espaçamento do algodoeiro sobre características morfológicas e produção de duas variedades em Maracaju (MS). In: 7º Congresso Brasileiro do Algodão, Resumos... Foz do Iguaçu PR. Embrapa Algodão. 1234-1241.

Suassuna ND, Coutinho WM (2007) Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado brasileiro. In: Freire, EC (Eds.) Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília DF. pp. 479-521.

Staut LA, Kurihara CH (1998) Calagem, nutrição e adubação. Embrapa Agropecuária Oeste. Algodão: informações técnicas. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão. Circular Técnica, 7.



## ARTIGO 2

### **Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de *Ramulária areola* na cultura do algodoeiro**

**[Preparado de acordo com as normas da Revista Tropical Plant Pathology]**

**<sup>12</sup>Jaqueline Aguilla Pizzato; <sup>12</sup>Dejânia Vieira de Araújo; <sup>2</sup>Edinéia Aparecida dos Santos Galvanin**

<sup>1</sup> Centro de Pesquisa, Estudos e Desenvolvimento Agro-ambientais (CPEDA), Universidade do Estado de Mato Grosso, , Km 7, Rodovia MT – 358, Jardim Aeroporto, 78300-000, Tangará da Serra, Mato Grosso, Brasil; <sup>2</sup>Programa de Pós-graduação em Ambiente e Sistemas de Produção Agrícola, Universidade do Estado de Mato Grosso, Rua A s/n, Cohab São Raimundo, 78390-000, Barra do Bugres, Mato Grosso, Brasil.

Autor para correspondência: Jaqueline Aguilla Pizzato, e-mail: japizzato@gmail.com

#### **Resumo**

A geoestatística é uma ferramenta que tem sido utilizada no estudo da patologia de plantas, através da modelagem do padrão espaço-temporal de doenças, gerando hipóteses sobre seus aspectos epidemiológicos visando a utilização de táticas e estratégias racionais de controle. O objetivo do presente trabalho foi a utilização da geoestatística para estudar a dinâmica espaço-temporal da *Ramulária areola* na cultura do algodoeiro. O experimento foi realizado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* Universitário de Tangará da Serra – MT, sendo conduzido em esquema fatorial 2x3, com blocos casualizados, apresentando dois espaçamentos (0,45 e 0,90 cm) e três condições de cobertura do solo (sem cobertura, *P. glaucum* e *C. spectabilis*) em quatro repetições. A análise geoestatística dos dados foi realizada a partir dos dados do progresso temporal e espacial da *Ramularia areola*,

obtidos mediante avaliações da incidência e severidade da doença nas plantas, e a dependência espacial, analisada por meio de ajustes de semivariogramas. Através do modelo de semivariograma isotrópico exponencial, foi possível verificar o padrão de distribuição e a dependência espacial da mancha de ramulária. Foi constatada a dependência espacial doença, entre moderada e forte para a maioria dos dados avaliados. Houve disseminação do patógeno a partir da fonte de inóculo primário, do centro da parcela para as extremidades, com formação de focos oriundos de fonte de inóculo secundário.

**Palavras-chave:** *Ramularia areola*, dependência espacial, semivariograma isotrópico exponencial, krigagem.

#### **Abstract**

#### **Geostatistics like a study methods of dynamics in space-time *Ramularia areola* in cotton culture**

Geostatistics is a tool that has been used in the study of plant pathology, by modeling the spatio-temporal pattern of disease, generating hypotheses about its epidemiological aspects in order to use tactics and strategies of rational control. The objective of this study was the use of geostatistics to study the spatio-temporal dynamics of *Ramularia areola* in cotton crops. The experiment was conducted at the experimental University of Mato Grosso - University Campus Tangara da Serra - MT, being driven in a 2x3 factorial, randomized blocks, with two gaps (0.45 and 0.90 cm) and three conditions of soil coverage (uninsured, *P. glaucum* and *C. spectabilis*) were used. The geostatistical analysis of data was performed using data from temporal progress and spatial *R. areola*, which was obtained through assessments of the incidence and severity of disease in plants, and spatial dependence, analyzed using semivariograms adjustments, based on the isotropic exponential. Through the isotropic exponential semivariogram model, it was possible to check the distribution pattern and spatial

dependence stain *Ramularia*. Was observed spatial dependence disease, moderate to strong for most data evaluated. The pathogen has spread from the primary source of inoculum from the center portion towards the ends, forming foci of originating source of secondary inoculum.

**Key-words:** *Ramularia areola*, spatial dependence, isotropic exponential semivariogram, kriging.

## 1. Introdução

A ocorrência de doenças tem se caracterizado como uma das principais dificuldades no estabelecimento da cotonicultura em diversas regiões do Brasil e do mundo (Curvêlo et al., 2010).

Desta forma, a mancha de ramulária (*Ramularia areola*) tem sido considerada como fator limitante no cultivo do algodão em praticamente todas as regiões produtoras do Brasil, principalmente na região Centro-Oeste, podendo ocasionar desfolha precoce e perdas de até 30% quando medidas de controle não são adotadas (Suassuna & Coutinho, 2007), e ainda, em períodos chuvosos, o apodrecimento de maçãs dos ramos mais próximos ao solo (Paiva, 2001).

Esta doença tem ocorrência desde o início do ciclo da cultura cujos sintomas consistem em lesões angulosas entre as nervuras, medindo de 1 a 3 mm inicialmente, de coloração branca e, posteriormente, amarelada de aspecto pulverulento caracterizado pela esporulação do patógeno (Cassetari Neto et al., 2000).

Devido às variações do processo infeccioso da *Ramularia areola*, bem como da ausência de maiores informações a esse respeito (Curvêlo et al., 2010), faz-se necessário estudos que permitam o conhecimento mais aprofundado desta doença ao longo do tempo e do espaço (Bergamin Filho et al., 2004).

Neste intuito, a geoestatística tem sido utilizada no estudo da patologia de plantas, para analisar a distribuição espacial de epidemias de doenças das mesmas, selecionando táticas e estratégias racionais de controle, com menor relação custo-benefício e menor impacto ambiental (Nelson et al., 1999; Alves et al., 2005).

A geoestatística é considerada como um conjunto de técnicas que estimam valores regionalizados e espacializados de atributos ou características de uma determinada área (Journel & Huijbregts, 1978; Isaaks & Srivastava, 1989), sendo aplicada para modelar o padrão espaço-temporal e gerar hipóteses sobre aspectos epidemiológicos de doenças de plantas devido ao padrão agregado do inóculo e da doença (Jaime-garcia & Cotty, 2003).

Segundo Andriotti (2003), as técnicas geoestatísticas podem ser usadas para descrever e modelizar padrões espaciais (variografia), para predizer valores em locais não amostrados (Krigagem), obtendo a incerteza associada a um valor estimado em locais não amostrados (variância de Krigagem) e otimizar malhas de amostragem, onde suas vantagens em relação a outras técnicas convencionais de predição, são o estudo da variabilidade espacial, a suavização, o desagrupamento, a determinação da anisotropia, a precisão e a incerteza.

Em estudos da dinâmica espaço-temporal de doenças associadas à *Colletotrichum* spp., transmitidos por sementes, Alves et al. (2006) puderam analisar a dependência espacial e o padrão agregado de epidemias em função da fonte de inóculo tipo ponto, bem como observar estratégias de dispersão da antracnose através da formação de inóculo secundário, com severidade expressiva, porém distantes da fonte de inóculo primário.

Neste contexto, Araújo et al. (2005) e Pinto et al. (2001), ao utilizar em métodos baseados em mapas de 'quadrats' e análise 'ordinary runs', respectivamente, para descrever o padrão de disseminação de fungos a partir de sementes, observaram que nesses métodos a

distância entre as observações não é considerada e, muitas vezes, as observações sobre os patossistemas são limitadas, salientando a necessidade da utilização da geoestatística.

Desta forma, o objetivo do presente trabalho foi utilizar a geoestatística para estudar a dinâmica espaço-temporal da *Ramularia areola* na cultura do algodoeiro.

## **2. Material e métodos**

### **2.1. Condução do experimento**

O experimento foi realizado na área experimental da Universidade do Estado de Mato Grosso – *Campus* Universitário de Tangará da Serra – MT, cujas coordenadas são 14°38'52,19" e 14°38'57,80" S e 57°25'52,38" e 57°25'51,85" O a 320 metros de altitude, e conduzido em blocos casualizados, em esquema fatorial 2x3, sendo dois espaçamentos (0,45 m e 0,90 m) e três condições de cobertura do solo (sem cobertura, *Penisetum glaucum* L. e *Crotalaria spectabilis* L.), com quatro repetições.

O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico argiloso (Embrapa, 1999), tendo sido realizada adubação no sulco de plantio (P) e em cobertura de (N e K), aos 30 e 45 dias após a semeadura (DAS), respectivamente, em função das exigências nutricionais da cultura, e mediante análise química do solo, cuja interpretação dos resultados demonstrou níveis adequados dos nutrientes em sua maioria (Tabela 1).

**Tabela 1.** Interpretação da análise química de macro e micronutrientes de um Latossolo Vermelho Distroférico.

<b>Elementos/Resultado/Nível de fertilidade</b>						
<b>Ph</b> (CaCl <sup>2</sup> )	<b>MO</b> (%)	<b>P(meh)</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>K</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Ca</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	<b>Mg</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )	<b>CTC</b> (cmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> )
5,30	2,50	2,00	0,15	2,05	1,69	7,00
<b>Adequado</b>	<b>Baixo</b>	<b>Muito</b>	<b>Baixo</b>	<b>Adequado</b>	<b>Adequado</b>	<b>Adequado</b>
<b>V</b> (%)	<b>S</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Baixo</b> <b>B</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Cu</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Fe</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Mn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )	<b>Zn</b> (mg/dm <sup>3</sup> )
55,70	4,00	0,42	3,50	95,00	32,30	1,90
<b>Adequado</b>	<b>Médio</b>	<b>Adequado</b>	<b>Baixo</b>	<b>Muito Alto</b>	<b>Muito Alto</b>	<b>Muito Alto</b>

O tamanho das parcelas foi de 7m x 7,20m e o tamanho da área útil avaliada foi de 5,0m de comprimento, utilizando-se seis e quatorze linhas de área útil, de acordo com os respectivos espaçamentos. Considerou-se 1,0 m de bordadura em comprimento, e uma linha de bordadura em largura, de cada lado, e o espaço utilizado entre blocos e entre parcelas foi de 2,0 m e 0,50 m, respectivamente.

A variedade utilizada foi a FMT 701, que apresenta ciclo tardio e é moderadamente suscetível à mancha de ramulária (Fundação MT, 2012). A inoculação de *R. areola* foi realizada nas plantas contidas em 1 m<sup>2</sup> no centro de cada parcela, constituindo fonte de inóculo do tipo ponto (Campbell & Madden, 1990), aos 60 dias após a semeadura, no início do estágio reprodutivo (B1) das plantas.

As avaliações quanto ao progresso da doença iniciaram-se com o aparecimento dos primeiros sintomas, estendendo-se até a colheita das plantas. Essas avaliações foram

realizadas semanalmente em dez plantas marcadas por parcela, de acordo com amostragem sistemática (Rocha Júnior, 2007), utilizando-se como base a escala diagramática adaptada à elaborada por Aquino et al. (2008), com nove níveis de severidade: 1= folhas com 0,05% de sintomas, 2= folhas com 0,50% de sintomas, 3= folhas com 1,0% de sintomas, 4= folhas com 2,0% de sintomas, 5= folhas com 4,0% de sintomas, 6= folhas com 8,0% de sintomas, 7= folhas com 16% de sintomas, 8= folhas com 32% de sintomas, 9= folhas com 67,20% de sintomas.

## 2.2. Análise Geoestatística

A geoestatística foi utilizada para estudar a variabilidade espacial da *Ramularia areola*, e para definir o modelo de semivariograma utilizado e o método de ajuste que melhor descreveu a variabilidade dos dados. A dependência espacial da transmissibilidade da ramulária nas plantas foi analisada por meio de ajustes de semivariogramas, e a análise geoestatística dos dados foi realizada através dos valores das notas de severidade obtidos nas diferentes épocas de avaliação (Alves et al., 2005).

O modelo teórico de semivariograma isotrópico exponencial utilizado foi definido por Diggle & Ribeiro Junior (2007):

$$Y(h) = \exp(h/a)$$

onde: h é a distância e a o alcance.

O ajuste dos modelos foi escolhido em função dos parâmetros dos semivariogramas e os coeficientes de determinação ( $R^2$ ). Os parâmetros dos semivariogramas foram representados pelo efeito pepita ( $C_0$ ), patamar ( $C_0+C$ ) e Alcance (a). Foi utilizado o software

Surfer 10, para gerar os semivariogramas, realizar a interpolação por krigagem em blocos 2x2 com 16 vizinhos, e para obter os mapas em duas dimensões (Golden Software, 1999).

Para a análise do grau de dependência espacial (GDE) da transmissibilidade da ramularia, foi utilizada a relação  $(c_0 / c_0 + c) \times 100$ , classificando-se como forte, com valor até 25%, moderada de 25% a 75% e fraca acima de 75% (Cambardella et al., 1994). Para utilizar a técnica de krigagem e obter a acurácia e precisão satisfatórias na estimativa é necessário existir dependência espacial definida pelo semivariograma (Salviano, 1996).

### **3. Resultados e Discussão**

O desenvolvimento da doença também foi acompanhado por meio dos valores de patamar ( $C_0+C$ ) e de alcance ( $a$ ), em função das épocas de avaliação, indicando o aumento da severidade da doença bem como das plantas doentes a partir da fonte de inóculo primário, conforme o progresso espacial da doença no campo.

Através dos modelos variográficos foi possível observar a dependência espacial e o padrão de dispersão da mancha da *Ramularia areola*, cujo modelo de semivariograma isotrópico exponencial foi o que melhor se ajustou ao desenvolvimento da doença em todas as épocas de avaliação (Tabela 1).



**Tabela 1.** Coeficientes e parâmetros do semivariograma isotrópico relativos a severidade da mancha de ramulária do algodoeiro em diferentes épocas de avaliação.

Tratamentos	Dias após a semeadura (DAS)	Modelos	Efeito Pepita (C <sub>0</sub> )	Patamar (C <sub>0</sub> +C)	Alcance (a) (m)	R <sup>2</sup> (% )	GDE (%)
T1	72	Exponencial	0,79	1,29	7,65	5,70	61,36
	82	Exponencial	1,18	1,68	0,10	7,77	70,39
	104	Exponencial	2,01	4,91	2,00	0,02	40,93
	111	Exponencial	0,00	5,58	3,70	10,76	0,00
T2	72	Exponencial	0,02	0,88	0,43	7,46	2,66
	82	Exponencial	0,22	0,99	0,56	10,36	22,06
	104	Exponencial	0,35	2,24	0,11	4,25	15,88
	111	Exponencial	1,61	2,61	0,10	12,16	61,78
T3	72	Exponencial	0,48	1,33	0,01	0,14	35,97
	82	Exponencial	1,60	2,49	0,72	14,65	64,05
	104	Exponencial	1,89	3,30	8,58	7,25	57,27
	111	Exponencial	1,13	13,60	39,96	18,38	8,31
T4	72	Exponencial	6,06	7,26	92,00	2,81	83,47
	82	Exponencial	0,00	3,32	0,88	1,48	0,00
	104	Exponencial	0,86	10,01	9,19	2,15	8,63
	111	Exponencial	1,97	4,92	3,59	0,78	40,04
T5	72	Exponencial	0,65	5,04	22,80	1,75	13,06
	82	Exponencial	0,57	1,71	3,28	1,27	33,41
	104	Exponencial	0,44	3,08	4,20	3,88	14,34
	111	Exponencial	1,28	2,09	0,10	4,81	61,41
T6	72	Exponencial	0,36	1,53	0,58	7,45	23,95
	82	Exponencial	0,08	1,24	0,24	27,37	6,85
	104	Exponencial	0,00	2,42	0,69	13,84	0,00
	111	Exponencial	2,05	3,10	0,01	10,38	66,13

Os valores de alcance, que representam a distância limite na qual há dependência espacial entre as amostras, apresentaram variações durante os períodos de avaliação, atingindo níveis de 0,10m a 7,65m em T1, 0,10m a 0,56m no T2, 0,01m a 39,96 no T3, 0,88m a 92,00m no T4, 0,10m a 22,80m no T5 e 0,01m a 0,69m no T6, cabendo ressaltar que nos tratamentos T3, T4 e T5 os valores de alcance foram superiores ao tamanho da área de estudo.

Biffi & Rafaeli Neto (2008) verificaram que em estudos do comportamento espacial de variáveis agronômicas de maçã, os valores de alcance foram maiores que 500m e 300 m para peso de frutos por planta (PPF) e número de frutos por planta (NF), respectivamente, valores superiores aos da área de estudo, o que indicou maior continuidade espacial dessas variáveis, segundo os autores. Noetzold (2011) também encontrou valores de alcance superiores ao tamanho das parcelas, através do método da máxima verossimilhança (ML).

Verificou-se que o tratamento T3 apresentou alcance com valor crescente (variando de 0,001m a 39,96m), em função do aumento do inóculo, comprovando a agressividade do patógeno e indicando o raio de abrangência da dependência espacial na transmissibilidade de *R. areola* para outras plantas.

Os valores de  $R^2$  encontrados neste trabalho se mantiveram abaixo de 27%, sendo considerados baixos (Tabela 2). Resultado semelhante foi verificado no trabalho de Dinardo-Miranda et al. (2007), que avaliaram a distribuição espacial de *Mahanarva fimbriolata* em cana-de-açúcar, em um campo de colheita mecanizada de cana crua, onde verificaram valores de  $R^2$  abaixo de 40%.

Observou-se através da relação entre efeito pepita ( $C_0$ ) e patamar ( $C_0 + C$ ), que a força do grau da dependência espacial da doença variou em sua maioria, de acordo com Cambardella *et al.* (1994), entre moderada (45,8%) e forte (50%) no decorrer das quatro épocas de avaliação, tendo sido constatado grau fraco de dependência espacial da doença

apenas em um dos tratamentos avaliados (T4), que por sua vez apresentou o maior valor de efeito pepita (6,06) e alcance (92,00m) obtidos no experimento. Segundo Valeriano & Santos (2002), dados com efeito pepita grande (em relação ao patamar atingido) indicam pequena dependência espacial e requerem maior cuidado para sua espacialização e conseqüente mapeamento.

Em estudos com a antracnose do feijoeiro (*Colletotrichum lindemithianum*) e a ramulose do algodoeiro (*Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*), Alves et al. (2006) encontraram dependência espacial de ambas doenças, cujos valores de alcance e patamar encontrados foram correspondentes ao progresso da doença no campo em função dos tempos de avaliação. Observaram também grau de dependência semelhante ao ocorrido no presente trabalho, variando entre moderado e forte no comportamento da ramulose do algodoeiro.

A dependência espacial também foi observada por Alves et al. (2005), em trabalho com a broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera scolytidae) e a cercosporiose do cafeeiro (*Cercospora coffeicola*), cujo modelo que melhor se ajustou foi o modelo de semivariograma esférico isotrópico, cuja qualidade foi explicada pelos altos valores de R<sup>2</sup> obtidos.

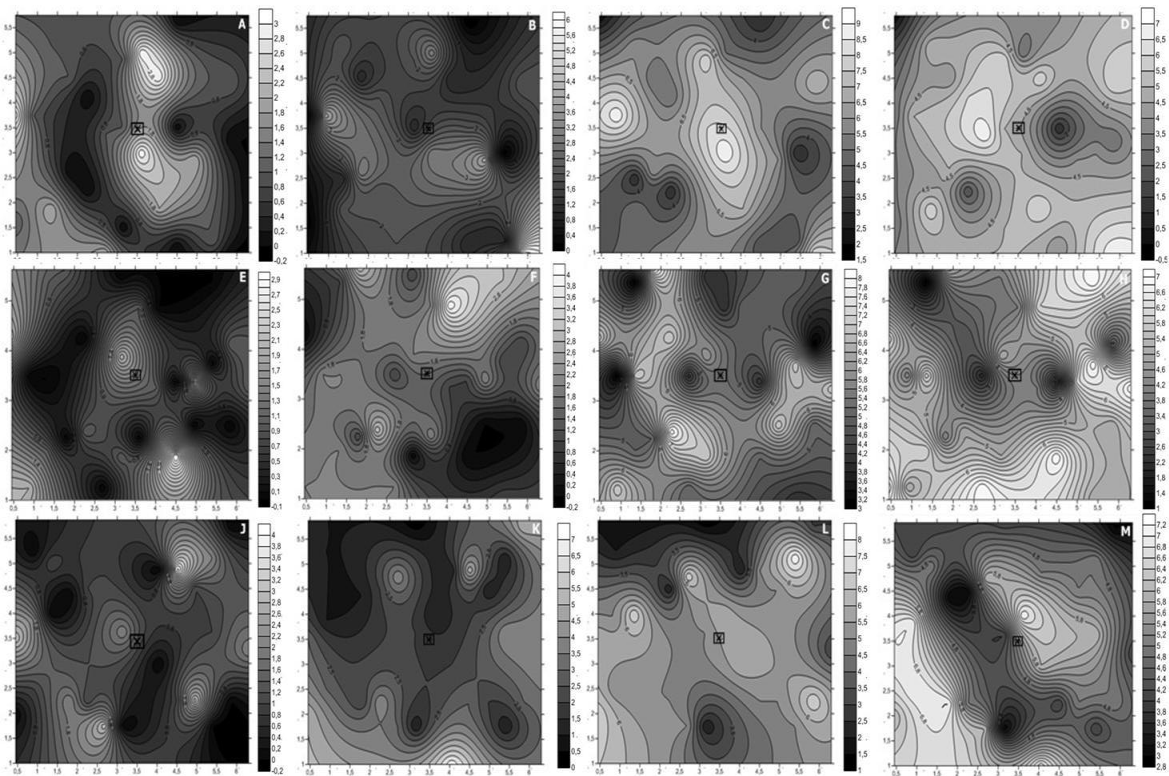
A variabilidade espacial da doença foi analisada através dos mapas de Krigagem nos quatro períodos de avaliação, aos 72, 82, 104 e 111 dias após a semeadura (DAS), sendo constatada inicialmente aos 72 DAS.

De um modo geral, a ocorrência da doença partiu da fonte de inóculo primário tipo ponto, sendo observada a partir dos 82 DAS a formação de fonte de inóculo secundário da doença, em razão da disseminação do patógeno para as outras plantas. (Figuras 1 e 2).

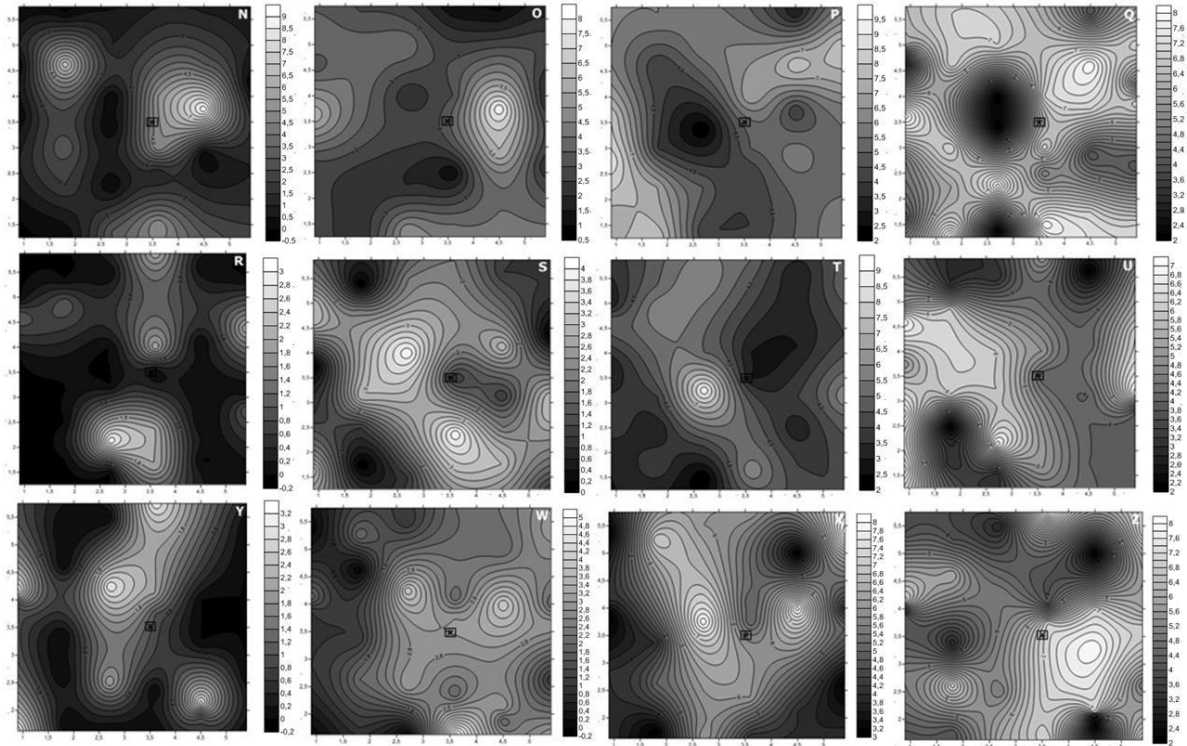
Este fato é explicado pela caracterização da mancha de ramulária como doença policíclica, que apresenta diversos ciclos de infecção do patógeno, em que as plantas

infectadas no início do seu ciclo, servem de fonte de inóculo do patógeno para posteriores infecções durante um mesmo ciclo de cultivo do hospedeiro (Bergamin Filho & Amorim, 2011).

Além disso, é necessário evidenciar características quanto ao padrão de esporulação de patógenos com ocorrência em regiões quentes (clima tropical e subtropical), tendo em vista que estes apresentam curva de produção diária de esporos com vários picos de máxima esporulação, distribuídos por todo o período infeccioso, garantindo assim a dispersão da doença (Amorim & Pascholati, 2011).



**Figura 1.** Mapas da Krigagem da severidade da mancha de ramulária do algodoeiro, aos 72, 84, 104 e 111 DAS, referentes a três situações de cobertura e espaçamentos: a) sem cobertura 0,45 (72 DAS); b) sem cobertura 0,45 (82 DAS); c) sem cobertura 0,45 (104 DAS); d) sem cobertura 0,45 (111 DAS); e) *P. glaucum* 0,45 (72 DAS); f) *P. glaucum* 0,45 (82 DAS); g) *P. glaucum* 0,45 (104 DAS); h) *P. glaucum* 0,45 (111 DAS); i) *C. spectabilis* 0,45 (72 DAS); j) *C. spectabilis* 0,45 (82 DAS); k) *C. spectabilis* 0,45 (104 DAS); l) *C. spectabilis* 0,45 (111 DAS).



**Figura 2.** Mapas da Krigagem da severidade da mancha de ramulária do algodoeiro, aos 72, 84, 104 e 111 DAS, referentes a três situações de cobertura e espaçamentos: n) sem cobertura 0,90 (72 DAS); o) sem cobertura 0,90 (82 DAS); p) sem cobertura 0,90 (104 DAS); q) sem cobertura 0,90 (111 DAS); r) *P. glaucum* 0,90 (72 DAS); s) *P. glaucum* 0,90 (82 DAS); t) *P. glaucum* 0,90 (104 DAS); u) *P. glaucum* 0,90 (111 DAS); y) *C. spectabilis* 0,90 (72 DAS); w) *C. spectabilis* 0,90 (82 DAS); x) *C. spectabilis* 0,90 (104 DAS); z) *C. spectabilis* 0,90 (111 DAS).

Posteriormente, aos 104 DAS constatou-se maior variabilidade espacial da doença em direção às extremidades da parcela e mais distante da fonte de inóculo tipo ponto, causando a falsa impressão de que houve acentuada redução da doença na região central da parcela. No entanto, esta situação pode ser justificada em função da perda das folhas do baixeiro, sendo a desfolha um dos principais danos ocorridos pela mancha de ramulária, ainda mais em condições de microclima ideais à infecção da doença principalmente na porção inferior das plantas, proporcionada pelo fechamento do dossel das plantas, e por condições de umidade e temperatura favoráveis (Aquino, 2006; Curvêlo et al., 2010; Suassuna & Coutinho, 2007).

Desta forma houve uma interferência na avaliação da doença, devido à impossibilidade de quantificação da mesma nas folhas senescentes, tendo em vista que os métodos de avaliação utilizados neste trabalho, não tiveram abrangência para a quantificação de perdas e danos ocasionados pela mancha de ramulária.

Para o último período de avaliação, aos 111 DAS, os focos da doença acabaram por coalescer, devido à elevada severidade da mesma, progredindo à parcela como um todo. O fato da doença “retornar” ao centro das parcelas ocorreu em função das melhores condições de umidade e temperatura proporcionadas no interior das parcelas em relação às extremidades, dado em decorrência do fechamento do dossel das plantas, fator condicionante a um microclima favorável ao progresso da doença (Paiva, 2001).

Analisando os mapas de forma mais específica em relação aos tratamentos, foi possível observar diferenças visuais no comportamento da doença nas parcelas em função dos tempos de avaliação. Verificou-se relevância nessas observações ao T1 (sem cobertura, 0,45) em relação aos demais, tendo ocorrido uma possível “redução” da doença dos primeiros para os últimos tempos de avaliação, principalmente quando se observa a mesma condição de cobertura, mas em relação ao espaçamento 0,90 m em T4 não foi verificada a “redução” da doença nas parcelas no decorrer dos DAS.

Estas observações podem ser justificadas em função da desfolha ocasionada inicialmente no terço inferior das plantas, como consequência da acentuada severidade da doença, tendo em vista o acúmulo de umidade na parte inferior do dossel das plantas, e em função do cultivo adensado (0,45 m) devido ao sombreamento que se inicia mais cedo na cultura (Paiva, 2001).

Todavia, ao observar o comportamento da doença como um todo, constatou-se a dependência espacial entre as plantas amostradas, indicando o alcance da transmissibilidade

do patógeno, partindo da fonte de inóculo primário da doença, no centro das parcelas, em direção as extremidades, coalescendo de forma geral em toda a parcela.

Neste trabalho verificou-se que os valores de  $R^2$  ficaram abaixo de 27%, em trabalhos futuros orienta-se que seja aplicado o teste de Jack Knifing para validar os parâmetros estimados para o modelo escolhido.

#### 4. Referências Bibliográficas

Alves M, Pozza EA, Silva FM, Moraes JC, Oliveira MS, Souza ZM, Figueiredo CAP (2005) Análise geoestatística da variabilidade espacial da broca-do-café (*Hypothenemus hampei*) (Coleoptera: Scolytidae) e da cercosporiose (*Cercospora coffeicola* Berk e Cke.) do cafeeiro (*Coffea arabica* L.). In: 5º Congresso Brasileiro de Agroinformática. Resumos...Londrina PR, SBI-AGRO. p. 8.

Alves MC, Pozza EA, Machado JC, Araújo DV, Talamini V, Oliveira MS (2006) Geoestatística como metodologia para estudar a dinâmica espaço-temporal de doenças associadas a *Colletotrichum* spp. transmitidos por sementes. Fitopatologia Brasileira, 31:557-563.

Amorim L, Pascholati SF (2011) Ciclo de relações patógeno-hospedeiro. In: Amorim, L, Rezende, JAM, Bergamin Filho, A (Eds.) Manual de Fitopatologia. Piracicaba SP. Agronômica Ceres. pp. 59-100.

Andriotti JLS (2003) Fundamentos de Estatística e Geoestatística 1ª Ed. São Leopoldo RS. Editora Unisinos.

Aquino LA, Berger PG, Rodrigues FA, Zambolim L, Ogoshi F, Miranda LM, Lélis MM (2008) Controle alternativo da mancha de ramulária do algodoeiro. *Summa Phytopathologica*, 34: 131-136.

Araújo DV, Pozza EA, Machado JC, Zambenedetti EB, Celano FAO, Carvalho EM, Camargos VN (2005) Influência da temperatura e do tempo de inoculação das sementes de algodão na transmissibilidade de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*. *Fitopatologia Brasileira*, 31: 035-040.

Bergamin Filho A, Hau, B et al (2004) Análise especial de epidemias. In: Vale FXR, Jesus Junior WC et al. (Eds.) *Epidemiologia aplicada ao manejo de doenças de plantas*. Belo Horizonte MG. Perf. pp. 193-240.

Bergamin Filho A (2011) Curvas de progresso da doença. In: Amorim, L, Rezende, JAM, Bergamin Filho, A (Eds.) *Manual de Fitopatologia*. Piracicaba SP. Agronômica Ceres. pp. 647-666.

Biffi LJ, Rafaeli Neto SL (2008) Comportamento espacial de variáveis agrônomicas da maçã 'Fuji' durante dois anos de avaliação no planalto serrano de Santa Catarina. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 30:975-980.

Cambardella CA, Moorman TB, Novak JM, Parkin TB, Karlen DR, Turco RF, Conopka AE (1994) Fieldscale variability of soil properties in central iowa soils. *Soil Scienc Society of America Journal*, 58:1501-1511.

Campbell CL, Madden LV (1990) *Introduction to plant disease epidemiology*. 1ª Ed. New York. John Wiley Sons.



Curvêlo CRS, Rodrigues FA, Berger PG, Rezende DC (2010) Microscopia eletrônica de varredura do processo infeccioso de *Ramularia areola* em folhas de algodoeiro. *Tropical Plant Pathology*, 35:108-113.

Diggle PJ, Ribeiro Júnior PJ (2007) *Model based geostatistics*. 1ª Ed. Londres. Springer.

Embrapa (2006) *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*. 2ª Ed. Rio de Janeiro RJ. Centro Nacional de Pesquisa de Solos.

Fundação MT. Available at: <http://www.fundacaomt.com.br/algodao/?cult=fmt701>. Accessed on July 25, 2012.

Golden Software Inc (1999) *Surfer for windows*. Surfer 7.0. Contouring and 3D surface mapping for scientist's engineers. User's guide. New York NY. Golden software, Golden, CO. 619 p.

Isaaks EH, Srivastava RM (1989) *Applied geostatistics* 1ª Ed. New York. Oxford University Press.

Jaime-Garcia R, Cotty PJ (2003) Aflatoxin contamination of commercial cottonseed in South Texas. *Phytopatology*, 93:1190-1200.

Journel AG, Huijbregts CJ (1991) *Mining geostatistics*. 1ª Ed. London. Academic.

Noetzold R (2011) *Avaliação de metodologias de análise estatística e geoestatística para estudar o progresso espacial de *Colletotrichum truncatum* em sementes de soja*. MSc. Tese, Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade Federal de Mato Grosso. Cuiabá MT, BR.

PAIVA FA (2001) Doenças. In: Embrapa Algodão (Eds.) Algodão: tecnologia de produção. Dourados MS. Embrapa Agropecuária do Oeste. pp. 245-266.

Pinto ACS, Pozza EA, Talamini V, Machado JC, Sales NLP, Garcia Júnior D, Santos DM (2001) Análise do padrão espacial e do gradiente da Antracnose do feijoeiro em duas épocas de cultivo. *Summa Phytopatologica*, 27:392-398.

Rocha Júnior, OM (2007) Padrão espacial e tamanho da amostra para avaliação da severidade da Sigatoka – amarela da bananeira. MSc. Tese, Universidade Federal Rural de Pernambuco. Recife PE, BR.

Salviano AAC (1996) Variabilidade de atributos de solo e de *Crotalaria juncea* em solo degradado do município de Piracicaba-SP. Drs. Tese. Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba SP, BR.

Suassuna ND, Coutinho WM (2007) Manejo das principais doenças do algodoeiro no Cerrado brasileiro. In: Freire, EC (Eds.) Algodão no Cerrado do Brasil. Brasília DF. pp. 479-521.

Valeriano MM, Santos AO (2002) Mapping of plant soil data with high random variability. *Acta Scientiarum*, 24:221-228.

## CONSIDERAÇÕES GERAIS

Através da avaliação do progresso da mancha de ramulária do algodoeiro, foi possível concluir que houve dependência espacial entre as plantas amostradas, bem como houve diferença no comportamento da doença em função das situações de cobertura e espaçamentos utilizados, em que o algodoeiro cultivado sob cobertura de milho e em espaçamento 0,90, isoladamente, apresentou menor AACPS da doença, onde para o fator espaçamento se faz necessário levar em consideração as justificativas explanadas no presente trabalho.

## **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Conclui-se que através de alterações nos sistemas de cultivos do algodoeiro, pode-se obter interferências positivas na redução da intensidade da mancha de ramulária, e com a utilização de ferramentas geoestatísticas torna-se possível um estudo mais aprofundado da epidemiologia de doenças como um todo, possibilitando a obtenção de táticas e estratégias mais racionais de controle.

## ANEXO I

### NORMAS DA REVISTA TROPICAL PLANT PATHOLOGY

Os manuscritos devem ser preparados em espaço duplo, fonte 12 em todo o texto, incluindo as referências, apêndices, tabelas e legendas das figuras. A configuração da página deve ser A4, com margens de 2,5 cm, numeração de página e de linha consecutivas, a partir da página de rosto.

Os seguintes elementos devem começar em uma nova página e ser ordenados conforme listados abaixo:

a) A **página de rosto** deve conter: um título conciso e informativo; os nomes (primeiro e último nome completo) dos autores; a filiação institucional ou onde a pesquisa foi realizada, incluindo departamento, instituição, CEP, cidade, estado ou província e país (notar que a filiação deve ser aquela onde o autor estava vinculado quando o trabalho foi realizado - no caso de o autor ter se transferido para uma instituição diferente, isso pode ser indicado separadamente como "endereço atual"); filiações diferentes são indicadas com números sobrescritos; o nome do autor para correspondência com endereço de correio eletrônico. O autor para correspondência é a pessoa responsável por verificar as provas tipográficas, organizar o pagamento de ilustrações coloridas e outras funções relacionadas com o processamento do manuscrito.

b) O **Abstract** deve ser em parágrafo único que não exceda 200 palavras, e resume os principais resultados e conclusões do estudo. Ele não deve conter referências.

c) As **Key words**: até seis palavras-chave devem ser incluídas, e estas devem diferir de palavras mencionadas no título. Devem começar com os nomes científicos dos hospedeiros e patógenos envolvidos no estudo (ou os mais relevantes), em ordem alfabética e ser seguidas por outras palavras-chave, também em ordem alfabética.

d) O texto deve ser o mais sucinto possível e incluir os seguintes elementos:

**Introduction**: descrição do histórico que levou ao estudo e a hipótese que está sendo testada, caso isso se aplique.

**Material and Methods:** descrição detalhada dos passos seguidos pelos autores, permitindo ao leitor a repetição o trabalho se disposto a fazê-lo. Evitar, sempre que possível, apenas se referir a uma outra publicação para a descrição completa da metodologia. Métodos estatísticos deve ser explicado no final desta seção.

**Results:** duplicação de texto e tabelas devem ser evitados. Comentário sobre a significância dos resultados é apropriado, mas uma discussão mais ampla deve ser parte da seção específica.

**Discussion:** os resultados do estudo devem ser colocados no contexto de dados relevantes previamente publicados. Idéias apresentadas em outras publicações não devem ser incluídas unicamente para aumentar o tamanho do artigo. Alguns manuscritos podem exigir diferentes formatos, a fim de melhor atender ao seu conteúdo. Isso será avaliado caso a caso.

**Citações no texto:** artigos devem ser citados com os sobrenomes dos autores e a data de publicação; citações com dois autores deve incluir os dois nomes separados por "&"; em citações com três ou mais autores, listar apenas o nome do primeiro autor e utilizar "et al.". Lista de duas ou mais referências na mesma citação em ordem cronológica, separadas por ponto e vírgula. Quando dois ou mais trabalhos em uma citação foram publicados no mesmo ano, liste-os em ordem alfabética pelo sobrenome do primeiro autor. Para dois ou mais trabalhos do mesmo autor em uma citação, liste-os em ordem cronológica, com os anos separados por vírgulas. (Exemplo: Barreto et al., 2006a, 2006b, 2008). Apenas artigos publicados ou no prelo devem ser citados. No caso de "comunicação pessoal" ou "dados não publicados", todos os contribuintes devem ser listados por iniciais e sobrenome (et al. não deve ser usado).

**Números:** no texto, números abaixo de nove devem ser escritos por extenso, exceto como parte de uma data, uma fração ou decimal, uma porcentagem ou uma unidade de medida. Use algarismos arábicos para números maiores do que nove. Evite iniciar uma frase com um número, mas se isso for absolutamente necessário, escreva o número por extenso. URLs para programas, dados ou outras fontes

devem ser listados no texto, ou como uma nota de rodapé. URLs para citações de publicações em revistas eletrônicas devem aparecer na seção Referências.

e) **Acknowledgments** deve ser um parágrafo único que segue imediatamente a seção Discussão, e inclui referências a concessão de apoio financeiro ou qualquer contribuição técnica ou intelectual.

f) As **referências** devem ser ordenadas alfabeticamente pelo sobrenome do primeiro autor. Referências com o mesmo primeiro autor devem ser ordenados da seguinte forma: primeiro, como único autor em ordem cronológica, em segundo lugar, com apenas um co-autor em ordem alfabética pelo segundo autor, e terceiro, referências com mais de dois co-autores, em ordem alfabética pelos segundos autores ou subsequente. Títulos de periódicos não devem ser abreviados.

Os autores devem evitar a citação de teses, anais de eventos ou relatórios técnicos, principalmente por razões de acessibilidade. Um máximo de três citações desses tipos serão permitidas.

Apenas artigos publicados ou no prelo devem ser incluídos nesta seção. Manuscritos submetidos para publicação mas ainda não aceitos não podem ser citados. Comunicações pessoais e dados não publicados devem ser citados no texto. "Comunicação pessoal" refere-se a indivíduos que não sejam os autores do manuscrito sendo submetido; "dados não publicados" refere-se a dados obtidos por um ou mais dos autores do manuscrito submetido. Os autores devem apresentar provas adequadas para trabalhos "no prelo" e "comunicações pessoais".

### **Formato de referências**

#### ***Artigo em periódico:***

Reis RF, Goes A, Timmer LW (2006) Effect of temperature, leaf wetness, and rainfall on the production of *Guignardia citricarpa* ascospores and on black spot severity on sweet orange. *Fitopatologia Brasileira* 31:29-34.

Arnold AE, Medjía LC, Kylló D, Rojas EI, Maynard Z, Robbins N, Herre EA (2003) Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree. Proceedings of the National Academy of Sciences, USA 26:15649-15654.

**Capítulo de livro:**

Campos VP, Villain L (2005) Nematode parasites of coffee and cocoa. In: Luc M, Sikora RA, Bridge J (Eds.) Plant parasitic nematodes in subtropical and tropical agriculture. Wallingford UK. CAB International. pp. 529-580.

**Livro:**

Agrios GN (2005) Plant Pathology. 5th Ed. Amsterdam. Elsevier Academic Press.

**Livro editado:**

Kimati H, Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A, Camargo LEA (Eds.) (2005) Manual de Fitopatologia. Vol. 2. Doenças das Plantas Cultivadas. 4ª. Ed. São Paulo SP. Ceres.

**Documento eletrônico:**

CONAB. Cana-de-açúcar, safra 2006 -2007. Available at:  
<http://www.scielo.br/revistas/tpp/www.conab.gov.br/conabweb/download/%20BoletimCana-Novembro2006-07.pdf>. Accessed on October 12, 2008.

**Dissertação/Tese:**

(Os autores devem evitar a citação de teses, anais de eventos ou relatórios técnicos, principalmente por razões de acessibilidade. Um máximo de três citações desses tipos serão permitidas.)

Zerbini FM (1996) Aspects of the epidemiology of lettuce mosaic in the Salinas Valley of California, and the production of LMV-resistant transgenic lettuce plants. PhD Thesis, University of California. Davis CA, USA.

**Anais de eventos:**



Igarashi S, Utiamada CM, Igarashi LC, Kazuma AH, Lopes RS (1986) Ocorrência de *Pyricularia* sp. em trigo no estado do Paraná. In: 14ª Reunião Nacional de Pesquisa de Trigo, Resumos... Londrina PR. IAPAR. p. 57.

**Relatórios técnicos:**

Fawcett HS (1911) Scaly bark or nail head rust of citrus. Florida Agriculture Experiment Station Bulletin 106.

g) **Tabelas:** tabelas devem ser inseridas após a seção Referências. Cada tabela deve começar em uma nova página. Um título conciso deve ser fornecido acima da tabela. As tabelas devem ser numeradas consecutivamente em algarismos arábicos. Cada coluna deve ter um título em letras minúsculas. Notas de rodapé devem ser digitadas diretamente abaixo da tabela, indicadas preferencialmente em números sobrescritos; letras minúsculas podem ser usadas quando os títulos das colunas contêm números.

h) As **figuras** devem ser numeradas consecutivamente em algarismos arábicos e devem ser dimensionadas de acordo com as colunas da revista. As legendas devem ser inseridas no texto principal, após as tabelas. Insira chaves e barras de escala, quando aplicável, diretamente na figura. Figuras digitalizadas não devem ser submetidas. As imagens devem estar em formato TIFF ou JPEG e ser fornecidas como arquivos separados. Figuras em formato Word não podem ser publicadas. Reprodução de qualidade exigirá tons de cinza e cor em resolução mínima de 300 dpi. Os autores devem apresentar bitmaps em resolução entre 600 e 1200 dpi. Estas resoluções referem-se ao tamanho de saída do arquivo; caso seja previsto que as imagens serão ampliadas ou reduzidas, as resoluções devem ser ajustados em conformidade. Cuidados especiais devem ser tomados com a qualidade das imagens. O procedimento normalmente utilizado para tirar fotos com uma câmara digital colocada acima de um microscópio ocular normalmente produz imagens de baixa qualidade com sombreado periférico, que são inadequadas para publicação. É altamente recomendável indicar detalhes de interesse em imagens com setas acompanhadas de explicações do que foi indicado na legenda.

i) A **nomenclatura** de nomes científicos deve estar em conformidade com as normas internacionais vigentes para cada classe de organismos. Os nomes científicos devem aparecer na íntegra e seguido pela autoridade na primeira vez em que aparecem no corpo do texto (mas sem autoridade no título, resumo, palavras-chave, tabelas ou legendas), e abreviado e sem autoridades daí em diante. Sempre que um nome científico aparecer no início de um período, deve ser escrito na íntegra.

Plantas: The International Plant Names Index, <<http://www.ipni.org/index.html>>

Fungos: Index Fungorum, <<http://www.speciesfungorum.org/Names/Names.asp>>

Bactérias: <[http://www.isppweb.org/names\\_bacterial.asp](http://www.isppweb.org/names_bacterial.asp)>

Nematoides: <<http://www.iczn.org/iczn/index.jsp>>

Vírus: conforme o Código Internacional de Classificação e Nomenclatura, publicado no 9o Relatório do Comitê Internacional de Taxonomia de Vírus - ICTV (2012).

j) **Culturas e outros materiais de referência:** fonte e depósito de culturas devem ser indicados. Culturas e amostras-tipo que documentam a investigação, bem como sequências de nucleotídeos, devem ser depositado em bancos de dados certificados ou reconhecidos de instituições internacionais, e os números de adesão e local de depósito indicado no texto ou como uma nota de rodapé na página de rosto.

k) **Acesso aos dados:** deve ser feita referência à disponibilidade de dados detalhados e materiais utilizados para estudos relacionados.

l) **Abreviaturas e unidades:** unidades SI devem ser utilizadas, tais como mg, g, m, mm, L, mL, L, h, min, s, mol, kg /ha. Se uma abreviatura diferente do padrão for utilizada, ela deve ser definida na sua totalidade quando citada no texto pela primeira vez.

m) **Produtos fitossanitários:** somente nomes técnicos ou nomes de princípios ativos devem ser usados. Não é recomendável que os autores mencionem nomes comerciais de produtos ou das empresas que os produzem, de modo a não sugerir a

utilização. Fórmulas químicas devem ser escritas em uma linha e seguir nomenclatura padrão.