

**AVALIAÇÃO DE ÍNDICES DE FAVORABILIDADE AGROMETEOROLÓGICA
PARA A RAMULOSE (*COLLETOTRICHUM GOSSYPII* VAR.
CEPHALOSPORIOIDES) DO ALGODOEIRO**

JOSÉ EDUARDO B. A. MONTEIRO¹, PAULO C. SENTELHAS², EDERALDO J.
CHIAVEGATO³

1 Eng. Agrônomo, Doutor, ex-Departamento de Ciências Exatas, Setor de Agrometeorologia, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, Fone: (19) 3429-4123, agro.project@gmail.com, 2 Eng. Agrônomo, Prof. Adjunto, Departamento de Ciências Exatas, Setor de Agrometeorologia, ESALQ/USP, Piracicaba – SP, 3 Eng. Agrônomo, Prof. Doutor, Departamento de Produção Vegetal, ESALQ/USP, Piracicaba – SP.

Apresentado no XV Congresso Brasileiro de Agrometeorologia – 02 a 05 de julho de 2007 –
Aracaju – SE

RESUMO: O objetivo deste estudo foi desenvolver um índice favorabilidade agrometeorológica para a ramulose do algodoeiro. Em experimentos de campo, parcelas de algodoeiro foram inoculadas com o patógeno causador da ramulose e a severidade da doença resultante foi avaliada semanalmente. Dados de duração do molhamento e temperatura da área experimental foram utilizados no modelo de eficiência de doença proposto em trabalho anterior. O modelo de eficiência de doença agora usado com dados de campo resulta no Índice de Favorabilidade para temperatura e molhamento ($0,0 < IF_{tm} < 1,0$), avaliado como variável explanatória da taxa de crescimento da doença, além de outras variáveis meteorológicas como radiação solar, temperatura, umidade relativa, duração de molhamento, chuva e velocidade do vento. A taxa de crescimento da ramulose se mostrou fortemente correlacionada com o IF_{tm} ($R^2=0,89$). A melhor correlação ocorreu com IF precipitação (IF_p) ($R^2=0,91$).

PALAVRAS-CHAVE: Modelo de favorabilidade; Molhamento; Sistema de alerta

ABSTRACT: The objective of this study was develop a weather based favorability index to the ramulosis of cotton crop. At the field experiments in Piracicaba, cotton plots were inoculated with the pathogen, and disease severity was evaluated weekly. Wetness duration and temperature data from the field trials were used as input to a model of disease efficiency established in previous work. The disease efficiency model now used with field data results in a Favorability Index for temperature and wetness ($0.0 < F_{Itw} < 1.0$), evaluated as explanatory variable to the disease growth rate, along weather variables as solar radiation, temperature, relative humidity, wetness duration, rain, and wind speed. Ramulosis growth rate was strongly correlated with values of the disease favorability index and rainfall with $R^2=0.89$ and $R^2=0.91$, respectively.

KEYWORDS: Favorability model; Wetness; Warning system

INTRODUÇÃO: A ramulose do algodoeiro é causada por uma variedade fisiológica do agente causal da antracnose e recebeu o nome de *Colletotrichum gossypii* var. *cephalosporioides*. Por várias décadas a ramulose tem sido considerada a doença de maior importância para a cultura de algodão no Brasil e, sem um eficiente esquema de aplicação de

fungicidas, provoca severos danos à cultura. Os sintomas diretos aparecem em folhas, pecíolos e ramos, na forma de manchas necróticas mais ou menos circulares. O patógeno frequentemente atinge o meristema apical provocando sua necrose, o que estimula o desenvolvimento dos brotos laterais, conferindo à planta um aspecto de superbrotamento com porte reduzido (CIA E FUZZATTO, 1999). O uso intenso de fungicidas no controle da ramulose do algodoeiro se deve à inexistência de cultivares que apresentem, simultaneamente, resistência múltipla às principais doenças e certas características agronômicas desejáveis. Daí a necessidade de se melhorar ou complementar as técnicas de controle disponíveis atualmente. Sabe-se que o desenvolvimento de uma doença é resultante da interação de uma planta suscetível com um agente patogênico sob condições ambientais favoráveis. Embora a epidemiologia da ramulose tenha recebido alguma atenção no passado (MONTEIRO; SENTELHAS; CHIAVEGATO, 2006), a influência das condições meteorológicas no seu desenvolvimento é pouco conhecida. Os objetivos principais deste trabalho foram: avaliar o progresso da doença e possíveis interações com um índice de favorabilidade para temperatura e molhamento e também com outras variáveis meteorológicas ao longo do ciclo da cultura.

MATERIAL E MÉTODOS: Foram realizados experimentos de campo de novembro a abril em duas estações consecutivas, 2004/05 e 2005/06, em Piracicaba, SP, Brasil. Foi utilizada a cultivar de algodoeiro Makina (Syngenta). Foram utilizadas 32 parcelas de 5m de comprimento e quatro linhas com espaçamento 0.90m e 10 plantas por metro na linha. Dezesesseis parcelas foram inoculadas por aspersão (10^5 conídios/ml) à noite aos 35 DAE, com o aparecimento do primeiro botão floral. As avaliações da doença foram realizadas a cada 7 dias, em 10 plantas marcadas por parcela, distribuídas regularmente pelas duas linhas centrais de todas as parcelas. As linhas laterais serviram como bordadura. Foi utilizada uma escala de avaliação da ramulose baseada no número de lesões por unidade de área foliar, no terço superior da planta. A escala proposta, considera as seguintes notas: (0) nenhuma lesão aparente; (1) 1 a 10 lesões por planta; (2) 11 a 20 lesões por planta; (3) 21 a 30 lesões; (4) 31 a 40 lesões; (5) 41 a 50 lesões por planta. Esses valores são definidos para uma planta padrão de área foliar conhecida ($0,36m^2$), permitindo transformação direta para áreas foliares diferentes. Foi instalada uma estação meteorológica na região central da área experimental, a qual forneceu os dados meteorológicos utilizados nas análises. Foram instaladas também duas microestações para monitoramento da temperatura (T), umidade relativa (UR) e duração do período de molhamento (DPM) junto ao dossel da cultura, na altura do terço superior das plantas. O índice de favorabilidade agrometeorológica para T e DPM de cada dia foi calculado com base na equação de eficiência de doença proposto por Monteiro (2007). A taxa de crescimento (r) semanal da doença, no intervalo de 14 a 70 dias após a inoculação (DAI) foi comparada em relação às variáveis: temperatura média diária, temperatura média durante o período de molhamento, umidade relativa do ar média, radiação solar global média, velocidade média do vento, velocidade máxima do vento, duração do período de molhamento, chuva acumulada e chuva máxima, IF_{tm} e IF_{tm} com T média do período de molhamento. A taxa de crescimento semanal da doença e as variáveis meteorológicas médias ou acumuladas de sete dias foram testadas por meio de análises de regressão linear e não linear. As análises foram realizadas em períodos correspondentes e em períodos defasados, desde 1 até 9 dias antes. Baseado nas variáveis que melhor se correlacionaram com o progresso da doença, ajustou-se um modelo não linear para expressar a taxa de crescimento da doença em função da variável selecionada.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: A taxa de crescimento (r) semanal da ramulose melhor se correlacionou com as variáveis explanatórias do período seis dias antes. Isto equivale dizer que a taxa observada entre 7 e 14 DAI foi melhor explicada pela variável média ou acumulada entre os dias 1 e 8. Isto se deve ao período de incubação da doença. Em câmara de crescimento, o período de incubação observado para a temperatura e molhamento médios que predominaram em condições de campo, foi de 10 a 11 dias (MONTEIRO, 2007). De acordo com as curvas de progresso da doença em câmaras, o resultado cumulativo de sete curvas sucessivas (intervalo de avaliações) devido a eventos (dias) consecutivos de infecção (condições de campo), atinge valor máximo em 6 dias antes da avaliação. Da relação das taxas de crescimento da doença com o as condições meteorológicas do período precedente de 6 dias, foi obtida uma relação sigmoidal entre essas variáveis (Figura 1).

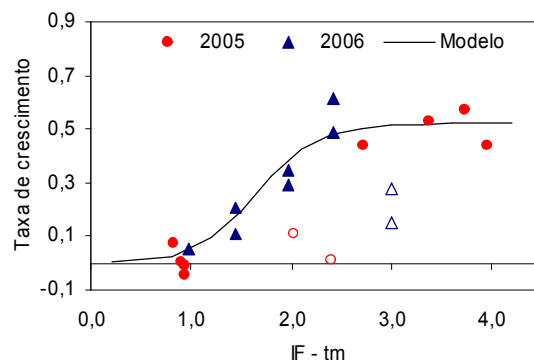


Figura 1 – Taxa de crescimento semanal da ramulose em função do IFt, em 2004/05 e 2005/06, Piracicaba, SP. Os pontos vazios foram excluídos do conjunto de dados para o ajuste do modelo apresentado.

Essa relação entre o IFtm acumulado e a taxa de crescimento da ramulose (r) resultou na expressão ($R^2=0,89$):

$$r = \frac{0,52}{1 + e^{\left[\frac{-(IFtm-1,65)}{0,3} \right]}}$$

A ramulose praticamente não apresentou crescimento no intervalo de 0 a 1. Acima de 1, o crescimento da doença aumenta a medida em que se aumenta o IFtm, até aproximadamente 2,8, quando a doença atinge, provavelmente, seu potencial biológico máximo de crescimento em condições naturais. A relação da temperatura e do molhamento com a severidade da doença estabelecida em condições controladas nem sempre pode ser observada no campo devido às variáveis naturais que não são consideradas em condições controladas. Os pontos “vazios” da Figura 1 foram excluídos *a priori*, por não se ajustarem ao padrão predominante encontrado e, posteriormente justificados, por estarem associados a condições específicas de chuva. O mesmo procedimento de comparação entre IFtm e taxa de crescimento foi adotado para relacionar a taxa de crescimento da ramulose com a chuva acumulada, através do Índice de Favorabilidade para chuva (IFc) (Figura 2). Das quatro semanas retiradas da análise anteriormente, duas se referiam a condições ambientais específicas, com chuvas intensas, da ordem de 90mm ou mais e, outras duas, com acumulado ≤ 30 mm. Com base nesses resultados, foi obtida uma relação exponencial quadrática entre a taxa de crescimento da ramulose e a chuva acumulada (Figura 2). Essa relação entre a chuva acumulada e a taxa de crescimento da doença (r) resultou na seguinte expressão ($R^2=0,91$):

$$r = 0,58 \left\{ e^{-0,5 \left[\left(\frac{\ln(\text{Chuva}/54)}{0,305} \right)^2 \right]} \right\} + 0,122$$

Os dados discrepantes excluídos do ajuste para IFtm e taxa de crescimento, neste caso, não mostraram discrepância e, portanto, fizeram parte do ajuste da equação com chuva. A água da chuva bem como a água de irrigação por aspersão é um importante agente de disseminação, estando envolvida até mesmo na disseminação de patógenos tipicamente dispersos pelo ar. Contudo, essa variável assume importância crucial na disseminação de patógenos como os do gênero *Colletotrichum*, cujos esporos são envoltos em uma massa mucilaginosa hidrossolúvel. Em trabalhos de previsão de doenças causadas por *Colletotrichum falcatum* em cana (KUMAR; SATYAVIR; NIWAS, 1998), *C. acutatum* em citros (TIMMER; ZITKO, 1998) e *C. gloeosporioides* em *Stylosantes scabra* (CHAKRABORTY; BILLARD, 1995), os modelos desenvolvidos apresentaram as variáveis número de dias chuvosos e intensidade da chuva como os parâmetros que mais influenciaram a ocorrência e o desenvolvimento dessas doenças. Para esses microorganismos somente respingos de chuva ou água de irrigação são capazes de disseminá-los.

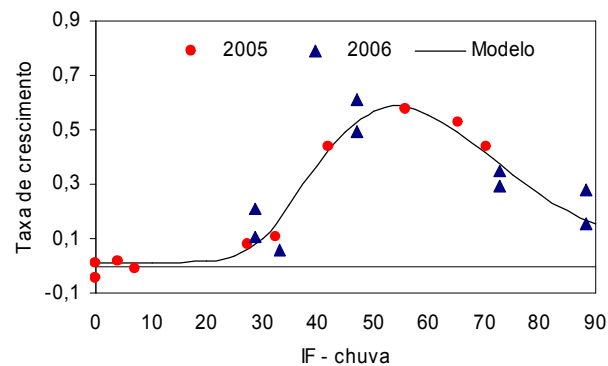


Figura 1 – Taxa de crescimento semanal da ramulose em função do IFc (chuva), em 2004/05 e 2005/06, Piracicaba, SP.

A Figura 2 mostra que a chuva teve papel importante na taxa de crescimento da ramulose, contribuindo para seu aumento até um limite aproximado de 60mm, a partir do que, essa variável passa a ter efeito negativo, havendo redução da taxa de crescimento em condições de chuva excessiva. No campo a chuva muito intensa ou prolongada atua como um mecanismo de remoção de inóculo, inevitavelmente “lavando” para o solo as estruturas reprodutivas depositadas nas plantas em dias anteriores.

CONCLUSÕES: A taxa de crescimento da ramulose foi melhor correlacionada ao índice de favorabilidade para temperatura e molhamento (IFtm) desenvolvido em condições controladas e, principalmente, à chuva. Razoável correlação foi obtida com duração do período de molhamento. Baixas correlações foram obtidas com radiação solar, velocidade média e máxima do vento, umidade relativa, temperatura máxima, mínima e média do ar. O modelo de índice de favorabilidade de temperatura e molhamento da ramulose apresentou boa correlação com a taxa de crescimento desta doença no campo, porém, com resultados discrepantes em períodos com condições específicas de precipitação muito baixa ou muito alta. O modelo ajustado para taxa de crescimento da ramulose no campo em função de precipitação acumulada apresentou alta exatidão ($b=0,96$) e precisão ($R^2=0,91$), sem dados discrepantes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

CHAKRABORTY, S.; BILLARD, L. Quantitative relationships between *Colletotrichum gloeosporioides* infection of *Stylosanthes scabra* and weather under field conditions. **Plant Pathology**, Reading, v. 44, p. 63-72, 1995.

CIA, E.; FUZATTO, M.G. Manejo de doenças na cultura do algodão. In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. (Ed.) **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba:Potafos, 1999. p. 121-131.

KUMAR, A.; SATYAVIR; NIWAS, R. Prediction of red rot *Colletotrichum falcatum* incidence in sugarcane under field conditions using climatic variables. In: INTERNATIONAL CONGRESS OF PHYTOPATHOLOGY, 7., 1998, Edinburgh. **Abstracts...** Edinburgh: Academic Press, 1998. p. 333-335

MONTEIRO, J.E.B.A. Índice de favorabilidade agrometeorológica da ramulose (*Colletotrichum gossypii* pv. *cephalosporioides*) e da mancha angular (*Xanthomonas axonopodis* pv. *malvacearum*) do algodoeiro. 2007. 109p. Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2007.

MONTEIRO, J.E.B.A.; SENTELHAS, P.C.; CHIAVEGATO, E.J. Microclimate and ramulosis occurrence in a cotton crop under three plant population densities in Southern Brazil. *Agriscentia*, v.23, n.2, 2006. p. 45-53.

TIMMER, L.W.; ZITKO, S.E. Forecasting outbreaks of post bloom fruit drop of citrus caused by *Colletotrichum acutatum*. In: International Congress of Plant Pathology, 7., 1998, Edinburgh. **Abstracts...** Edinburg: Academic Press, 1998. p. 97-99.