

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CAMPUS DE JABOTICABAL

**INTENSIDADE DA MANCHA PRETA DOS CITROS EM
FUNÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS**

Mariana Viléla Lopes Ninin

Engenheira Agrônoma

JABOTICABAL – SÃO PAULO - BRASIL

2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**INTENSIDADE DA MANCHA PRETA DOS CITROS EM
FUNÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS**

Mariana Viléla Lopes Ninin

Orientador: Prof. Dr. Modesto Barreto

Co-Orientador: Prof. Dr. Marcel Bellato Spósito

Tese apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias
Câmpus de Jaboticabal – UNESP,
como parte das exigências para
obtenção do título de Doutor em
Agronomia (Produção Vegetal)

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

2011

N715i Ninin, Mariana Viléla Lopes
Intensidade da mancha preta dos citros em função de variáveis
meteorológicas / Mariana Viléla Lopes Ninin. -- Jaboticabal, 2011
x, 67 f. ; il. ; 28 cm

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias, 2001
Orientador: Modesto Barreto
Co-orientador: Marcel Bellato Spósito
Banca examinadora: Érika Auxiliadora Giacheto Scaloppi,
Fernando Alves Azevedo, José Carlos Barbosa, Rita de Cássia
Panizzi
Bibliografia

1. *Guignardia citricarpa*. 2. Zoneamento agroclimático. 3. Sistema
de previsão de doenças. I. Título. II. Jaboticabal-Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 632.4:634.31

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da
Informação – Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de
Jaboticabal.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARIANA VILÉLA LOPES NININ – nascida em Sertãozinho, SP aos 12 de dezembro de 1980. Formou-se Engenheira Agrônoma pela Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias “Júlio de Mesquita Filho”, Câmpus de Jaboticabal, SP. Foi bolsista de iniciação científica PIBIC/CNPq entre os anos de 2002 e 2003 e durante a graduação desenvolveu monografia intitulada “Dimensionamento de amostras para monitoramento do ácaro da leprose *Brevipalpus phoenicis* (Geijskes, 1939) em citros sob orientação do Prof. Dr. Carlos Amadeu Leite de Oliveira e Co-orientação do Prof. Dr. Modesto Barreto. Desenvolveu estágio curricular na empresa Oxiquímica Agrociência Ltda., onde hoje exerce a função de Coordenadora de Desenvolvimento de Produtos. A titulação de mestre foi obtida na mesma casa, em 2007, com a dissertação “Mapas de zona de risco de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo”, sob orientação do Prof. Dr. Modesto Barreto. No mesmo ano ingressou no Doutorado em Agronomia, Área de Concentração em Produção Vegetal, pela UNESP, Jaboticabal, SP. A tese de doutorado teve sequência da linha de pesquisa do mestrado.

*“...Plante seu jardim e decore sua alma,
ao invés de esperar que alguém lhe traga flores...
E você aprende que realmente pode suportar...
que realmente é forte, e que pode ir muito mais longe depois de
pensar que não se pode mais.
E que realmente a vida tem valor
e que você tem valor diante da vida!...”*

William Shakespeare

A meu avô Joaquim Fernandes Vilela (in memorian) a quem prometi tal feito sem ao menos saber onde poderia chegar;

A minha avó Maria Aparecida (in memorian) pela sabedoria escondida em toda sua simplicidade.

A minha avó Olga Irene Mazer Lopes (in memorian) que a 07 dias nos deixou sem ao menos poder compartilhar a alegria de finalização deste sonho e a quem devo toda a minha vida acadêmica, a quem sempre colocou a educação em primeiro plano sem medir esforços.

DEDICO

À meus familiares, minha mãe Maria, meu pai Luiz Carlos e meus irmãos Letícia e Lucas que muitas vezes mesmo sem entenderem do que se tratava esta etapa nunca negaram apoio e carinho;

Ao meu esposo Sérgio William, que durante toda esta caminhada sempre esteve ao meu lado, acreditando e pacientemente me apoiando acima de tudo.

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

Ao Deus que é o Pai e permite irmos sempre mais longe quando acreditamos que já não podemos mais.

Ao Prof. Dr. Modesto Barreto que além de ser um grande profissional também é um grande incentivador, amigo, orientador. Agradeço pela paciência durante todos estes anos.

Ao Prof. Dr. Marcel Bellato Spósito por tornar possível este sonho, por meio de seu apoio incondicional e sua valiosa contribuição para este trabalho. Muito obrigada pela compreensão, incentivo e amizade.

Ao Prof. Dr. José Carlos Barbosa pelo apoio durante a realização das análises estatísticas.

À Banca Examinadora da qualificação pelas sugestões.

À Banca examinadora da Tese pela participação e sugestões para o aprimoramento deste trabalho.

Ao FUNDECITRUS pelo aporte que viabilizou boa parte dos materiais e dados utilizados neste trabalho.

Ao Denis Marin que tanto contribuiu a realização deste trabalho.

À Oxiquímica Agrociência Ltda. que permitiu a conclusão de mais uma etapa tão importante.

Às minhas grandes amigas: Helena, Daniela, Fernanda, Mariluce, Telma, Tereza, Grazielle e Fernanda Maria Rossi (*in memoriam*).

Aos companheiros do Departamento Livia, Bruno e Lonjoré pela troca de experiências e pelos momentos juntos.

Aos amigos de trabalho: Rafael, Natali, Angela, Janaina, Cristiane, Marília, Poliana, Luciano, Juliana Cestari, Julio Selegatto pelo agradável convívio diário.

À FCAV/UNESP por oferecer toda esta maravilhosa estrutura de ensino.

A todos os amigos e funcionários do Departamento de Fitossanidade.

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS.....	1
1. INTRODUÇÃO.....	1
1.2. REVISÃO DE LITERATURA	2
1.2.1 A cultura dos citros.....	2
1.2.2 Mancha preta dos citros.....	3
1.2.3 Sintomatologia da mancha preta dos citros	8
1.2.4 Condições climáticas e doenças de plantas	10
1.2.5 Sistema de previsão de doenças.....	11
1.2.6 Zoneamento agroclimático	15
1.3. REFERÊNCIAS	17
CAPÍTULO 2 – MODELO DE FAVORABILIDADE PARA EXPRESSÃO DOS SINTOMAS CAUSADOS PELA MANCHA PRETA DOS CITROS.....	30
RESUMO	30
2.1. INTRODUÇÃO.....	31
2.2. MATERIAL E MÉTODOS.....	33
2.2.1 Condução dos experimentos.....	33
2.2.2 Análise dos dados	34
2.2.3 Obtenção dos modelos.....	36
2.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
2.3.1 Município de Barretos	37
2.3.2 Município de Pedranópolis.....	39
2.3.3 Município de Taquarituba	42
2.3.4 Análise conjunta para os municípios de Barretos, Pedranópolis e Taquarituba.....	44
2.4. CONCLUSÃO.....	46
2.5. REFERÊNCIAS	47
CAPÍTULO 3 – MAPAS DE ZONA DE RISCO DE EXPRESSÃO DOS SINTOMAS DA MANCHA PRETA DOS CITROS NO ESTADO DE SÃO PAULO	50
RESUMO	50
3.1. INTRODUÇÃO.....	51
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	52
3.2.1. Região de estudo e obtenção dos dados.....	52

3.2.2. Índice de Favorabilidade	53
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
3.4. CONCLUSÃO	64
3.4. REFERÊNCIAS	65

INTENSIDADE DA MANCHA PRETA DOS CITROS EM FUNÇÃO DE VARIÁVEIS METEOROLÓGICAS

RESUMO

O objetivo do presente trabalho foi construir modelos de favorabilidade para a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros no estado de São Paulo e elaborar mapas de zonas de risco da expressão dos sintomas. Desenvolveu-se um sistema empírico com base em um banco de dados da ocorrência da doença e das condições climáticas, em campo, nos municípios de Barretos, Pedranópolis e Taquarituba, durante as Safras 2007/2008 e 2008/2009. A variedade de laranja doce utilizada nos experimentos foi a ‘Valência’ enxertada sobre limoeiro ‘Cravo’, com 10 anos de idade. Para a incidência da mancha preta foi avaliada a porcentagem de frutos com sintomas na planta e para a severidade, a porcentagem de casca lesionada por fruto. Na análise de regressão as variáveis climáticas e os dados de intensidade de doença foram selecionados no procedimento *stepwise* no programa SAS. Para a elaboração dos mapas de zonas de risco foram utilizados dados meteorológicos referentes as safras 2003/2004 e 2004/2005. Os modelos utilizados foram os construídos para o município de Pedranópolis que estava localizado na região 1 (Auriflama, Jales e Votuporanga), para o município de Barretos (região 2) e para o município de Taquarituba na região 3 (Tatuí e Campinas). A frequência dos dados foi horária e após a contabilização dos índices, foram calculadas as porcentagens de dias favoráveis à ocorrência das doenças durante o ano e em períodos pré-definidos. A partir destas informações, foram gerados os mapas temáticos do Estado de São Paulo, com a distribuição espacial da porcentagem de dias favoráveis à ocorrência das doenças. Os mapas de favorabilidade da mancha preta dos citros gerados com dados de campo apresentam a região Norte, central e Sudeste do estado de São Paulo com a maior porcentagem de dias favoráveis à expressão dos

sintomas da doença. Toda região citrícola do estado de São Paulo encontra-se em condições climáticas favoráveis a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros.

Palavras Chave: *Guignardia citricarpa*, zoneamento agroclimático, sistema de previsão de doenças.

CITRUS BLACK SPOT INTENSITY TO WEATHER VARIABLES

ABSTRACT

The objective this study was to build forecasting models for the expression of citrus black spot in the state of Sao Paulo and produce maps of areas at risk of symptom expression. Developed an empirical system based on a database of disease occurrence and climatic conditions the city of Barretos, Pedranópolis and Taquarituba during the 2008/2009 and 2007/2008. The sweet orange variety was the 'Valencia', with 10 years. For the incidence of citrus black spot was evaluated the percentage of fruits with symptoms in the plant and the severity, the percentage of skin lesions fruit. In regression analysis climatic variables and data intensity of the disease were selected in *stepwise* in SAS. For maps of risk areas were used meteorological data regarding the 2004/2005 and 2003/2004. The models used were constructed for the city of Pedranópolis which was located in region 1 (Auriflama, Jales and Votuporanga), for the city of Barretos (region 2) and the region 3 Taquarituba (Tatuí and Campinas). The frequency of hourly and after accounting for the indices, we calculated the percentage of days favorable to the occurrence of disease. From this information, thematic maps were generated in the state of São Paulo, with the spatial distribution of the percentage of days favorable to the occurrence of diseases. Favorability maps of citrus black spot generated with field data show the north, central and southeastern state of Sao Paulo with the largest percentage of days favorable to the expression of disease symptoms. All citrus region of São Paulo is in favorable climatic conditions the expression of the symptoms of citrus black spot.

Keywords: *Guignardia citricarpa*, agroclimatic risk indexes, disease forecasting system.

CAPÍTULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS

1. Introdução

A mancha preta dos citros (MPC), cujo agente causal é o fungo *Guignardia citricarpa* Kiely, foi relatada pela primeira vez em pomares comerciais no estado de São Paulo em 1992, na região de Limeira (GOES & FEICHTENBERGER, 1993). Os sintomas ocasionados pela doença depreciam os frutos para a comercialização *in natura* no mercado interno, assim como restringem as exportações (AGUILAR-VILDOSO et al., 2002). A MPC também causa a queda prematura dos frutos (TIMMER, 1999), podendo levar a redução de até 80% na produção (KLOTZ, 1978).

A expressão dos sintomas da MPC está relacionada com a época de maturação das variedades, sendo tanto maior quanto mais maduro estiver o fruto (FEICHTENBERGER, 1996). Altas temperaturas e intensa radiação solar são condições ambientais que favorecem a expressão dos sintomas (KOTZÉ, 1963). As variedades de laranjeiras utilizadas em plantios comerciais apresentam o mesmo grau de suscetibilidade para a MPC (SPÓSITO et al., 2004). Com isto, alguns autores atribuem a maior intensidade da doença em variedades tardias, ao maior período de exposição de seus frutos a condições favoráveis para a expressão dos sintomas, como aumento da radiação solar e temperatura (FEICHTENBERGER, 1996).

Portanto, o clima influencia sobremaneira a expressão dos sintomas da MPC. Devido o estado de São Paulo apresentar diferentes regiões climáticas (CEPAGRI, 2011) e o avanço da citricultura paulista ocorrer nessas regiões (NEVES et al., 2007), o presente trabalho teve por objetivo construir modelos de favorabilidade para a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros no estado de São Paulo e elaborar mapas de zonas de risco da expressão dos sintomas.

1.2. Revisão de Literatura

1.2.1 A cultura dos citros

As plantas cítricas como as do gênero *Citrus*, *Fortunella* (kumquats) e *Poncirus trifoliata* (trifoliata) relativos à subfamília Aurantioideae, família Rutaceae, são nativas da região sudeste do continente asiático, com ramos filogenéticos que se estendem do Centro da China ao Japão, e do Leste da Índia a Nova Guiné, Austrália e África Tropical (Swingle e Reece, 1967; Scora, 1975; Soost e Cameron, 1975, apud DONADIO et al., 2005).

No Brasil, a cultura do citros foi introduzida pelos portugueses, no começo do século XVI, provavelmente a partir de 1530, quando teve início a colonização. A partir desse período, foi relatada a presença de plantas cítricas em Cananéia, SP. Sua expansão pelo litoral brasileiro foi rápida devido ao fato das plantas encontrar nessa região melhores condições para vegetar e produzir do que nas próprias regiões de origem (DONADIO et al., 2005).

Entre os países produtores de citros destacam-se o Brasil, Estados Unidos, China, México e Espanha, responsáveis, respectivamente, por 37,0%; 20,4%; 12,6%; 8,8% e 8,6% da produção mundial (FAO, 2010). O Brasil assumiu a partir da década de 1990, a liderança mundial na produção de laranjas, tendo produzido na safra 2008/09, 16 milhões de toneladas, seguido pelos Estados Unidos com 8,5 milhões de toneladas (AGRIANUAL, 2010).

O estado de São Paulo é o maior produtor de citros do país, e produziu na safra 2008/09, 452 milhões de caixas de 40,8 Kg, representando cerca de 80% da produção do país. Entretanto, na década de 2000, o São Paulo perdeu mais de 20% da área de produção de citros, devido, entre outros fatores, a substituição por culturas como a cana

de açúcar e aos elevados custos do controle fitossanitário inerente à cultura, como o huanglongbing (*Candidatus Liberibacter* spp.), a CVC (*Xyllela fastidiosa*), a podridão floral (*Colletotrichum acutatum*) e a mancha preta dos citros (*Guignardia citricarpa*) (NEVES et al., 2007; AGRIANUAL, 2010).

1.2.2. Mancha preta dos citros

O primeiro relato da mancha preta dos citros (MPC) foi feito por BENSON em 1895 em frutos sintomáticos de laranjeira doce ‘Valência’, oriundos de áreas produtoras de citros em Nova Gales do Sul, Austrália, onde na região ocorreram perdas consideráveis pela doença (SUTTON & WATERSTON, 1966; PAUL et al., 2005).

Na África do Sul a MPC foi relatada em 1929 em áreas ao redor de Pietermaritzburg (DOIDGE, 1929). A doença foi também relatada em outros países africanos: Quênia, Moçambique, Zimbábue, Zâmbia (PAUL et al., 2005) e Nigéria (BAAYEN et al., 2002); na Ásia: China, Indonésia (PAUL et al., 2005), Filipinas, Taiwan (TIMMER, 2000) e Hong Kong (MENDES & FREITAS, 2005); na Oceania: Nova Zelândia e Vanuatu (MENDES & FREITAS, 2005); na América do Sul: Uruguai, Venezuela (TIMMER, 2000), Argentina, Peru (REIS et al., 2006) e Brasil (FEICHTENBERGER, 1996); na América Central: em Cuba (EPPO, 2009; CABI, 2010); e na América do Norte: nos Estados Unidos (SCHUBERT et al., 2010; ADASKAVEG et al., 2010). A doença é de relevante importância econômica na Austrália, África do Sul (MENDES & FREITAS, 2005) e principalmente no Brasil (FEICHTENBERGER, 1996; GUILARDI et al., 2004).

No Brasil, o primeiro relato em pomares cítricos ocorreu em 1980 no estado do Rio de Janeiro, causando perdas consideráveis em mexerica do ‘Rio’ (*Citrus deliciosa*) (GOES et al., 1990). Em 1992, a doença foi verificada no estado de São Paulo em frutos

de pomares paulistas localizados nos municípios de Mogi Guaçu, Mogi Mirim e Conchal (GOES & FEICHTENBERGER, 1993). Nos anos subsequentes, a doença ampliou a sua distribuição geográfica no Brasil, sendo relatada em todos os estados das regiões Sul, Sudeste (COSTA et al., 2003; ANDRADE et al., 2004; BALDASSARI et al., 2004; GASPAROTTO et al., 2004; THEODORO et al., 2004 e CAIXETA et al., 2005); Centro-Oeste e em dois Estados da região Norte: Amazonas e Rondônia (VIEIRA JUNIOR et al., 2010).

A MPC tem grande importância econômica por afetar a produção, os aspectos dos frutos e a comercialização de frutas frescas. Esta doença quarentenária restringe a comercialização de material de propagação, mudas e frutos. Estes fatores causam perdas de divisas para o Brasil, em razão das restrições fitossanitárias impostas, principalmente pela Comunidade Européia, principal mercado consumidor de frutas cítricas brasileiras (AGUILAR-VILDOSO, 2002).

O fungo agente causal da MPC, *Guignardia citricarpa* Kiely, pertence ao filo Ascomycota, ordem Dothideales e família Botryosphaeriaceae; tendo *Phyllosticta citricarpa* McAlpine como anamorfo (MENDES & FREITAS, 2005).

O patógeno apresenta na natureza as fases teleomórfica e anamórfica. A sua fase teleomórfica ou sexual (*Guignardia citricarpa* Kiely) (KOTZÉ, 1981) ocorre em folhas de citros em decomposição, onde o fungo forma estroma plectenquimatoso, pseudotécio globoso a subgloboso, contendo em seu interior ascas medindo 125 a 360 µm de diâmetro em forma de clava, arredondado e bitunicado. No interior das ascas são formados oito ascósporos unicelulares, hialinos, ligeiramente cinzentos, rombóides, contendo grânulos e um grande vacúolo central. Os ascósporos são cobertos por uma massa gelatinosa na extremidade, medindo 8 a 17µm x 3,3 a 8 µm. Os ascósporos

quando maduros são ejetados a força pelo estíolo atingindo uma altura de 1,5 cm, sendo dispersos pelo vento (McONIE, 1964).

A produção dos ascósporos é favorecida pela alternância entre períodos de molhamento e secagem das folhas em decomposição (KOTZÉ, 1981). Tais condições são verificadas, normalmente, no início das chuvas. No estado de São Paulo essa condição ocorre a partir do início da primavera, estendendo-se até final do verão (REIS, 2001). A morfologia dos ascósporos favorece sua disseminação a longas distâncias pelo ar, ou a curtas pela proximidade das folhas em decomposição no solo dos tecidos da parte baixa das plantas (BALDASSARI et al., 2001). A disponibilidade de ascósporos depende, entre outros fatores, do período em que ocorre a desfolha, pela intensidade da desfolha e do tempo de decomposição das folhas, estando diretamente relacionada com a temperatura e as precipitações (ALCOBA et al., 2000).

Na fase assexuada, o fungo produz picnídios em lesões contidas em frutos, no pedúnculo, assim como em folhas aderidas à planta (SIVANESAN, 1984). São também produzidos em grande quantidade em folhas cítricas caídas sob a copa das plantas (McONIE, 1964) e em ramos secos. (FEICHTENBERGER et al., 2005).

Os picnídios são de coloração marrom escuro ou preta, solitários ou agregados, globosos (115 a 190 μm de diâmetro) apresentando um ostíolo levemente papilado e circular, de 12 a 14,5 μm de diâmetro (FEICHTENBERGER et al., 2005). No interior dos picnídios são formados os conídios que apresentam forma ovóide a elíptica (8-10,5 X 5,5-7 μm), são subglobosos, hialinos, unicelulares, multigutulados com um apêndice (5 - 10 μm) hialino numa das extremidades e são envoltos em mucilagem (FEICHTENBERGER et al., 2005; BALDASSARI et al., 2001). Sob condições naturais, essa mucilagem apresenta coloração creme claro, de aspecto brilhante (BALDASSARI et al., 2001). De acordo com Punithalingam & Woodhams (1982), a

mucilagem serve de proteção contra o ressecamento das estruturas do fungo quando expostas à ambientes adversos. Quando a água passa sobre a superfície do picnídio, solubiliza a mucilagem que envolve os conídios e os carrega em suspensão até a superfície dos tecidos suscetíveis localizados abaixo da fonte de inóculo, onde novas infecções podem ser iniciadas (FEICHTENBERGER, 1996).

A epidemiologia da MPC é influenciada pelos seguintes fatores: inóculo disponível, condições climáticas requeridas para ocorrer à infecção; ciclo de crescimento das plantas de citros e idade do fruto em relação à suscetibilidade para infecção e eventual desenvolvimento dos sintomas (KOTZÉ, 1988).

Entre o processo da infecção ao aparecimento de sintomas basicamente seguem os seguintes passos: os esporos (ascósporos ou conídios) germinam na superfície de tecidos suscetíveis e formam os tubos germinativos e em sua extremidade são formados apressórios (McONIE, 1967). A penetração do patógeno é direta, não necessitando de aberturas naturais para ocorrer a infecção. Do apressório é formada uma hifa delgada, *peg* de penetração, que penetra através da cutícula e forma uma massa micelial abaixo da cutícula (KOTZÉ, 1981). Nessa forma de micélio subcuticular, o fungo permanece quiescente. O período de incubação da MPC é variável e é inversamente proporcional ao desenvolvimento do fruto. Em frutos com 1,5 cm de diâmetro esse período pode se expandir por mais de 200 dias, enquanto que em frutos com seu desenvolvimento pleno, acima de 5 cm de diâmetro, esse período encontra-se por volta de 40 dias (AGUIAR, 2011). Os frutos cítricos são sempre suscetíveis ficando, portanto, a doença limitada às condições climáticas favoráveis e a presença do inóculo (BALDASSARI et al., 2006; ALMEIDA, 2009).

Não existe um consenso sobre quais das formas, conídios ou ascósporos, mostram-se de maior importância uma vez que a doença já tenha sido estabelecida.

McONIE (1964) relatou, em Taiwan, uma maior importância epidemiológica dos conídios produzidos nas folhas caídas. O mesmo, no entanto, defende o ponto de vista de que os ascósporos são os principais propágulos do patógeno e que os esporos do estágio assexuado têm relativamente pouca importância na evolução da doença. KOTZÉ (1981) relatou que para as condições da África do Sul, os ascósporos constituem-se na principal fonte de inóculo e se desenvolvem em folhas em decomposição, de 40 a 180 dias depois da sua queda no solo. Segundo este mesmo autor, os conídios podem ser uma fonte de inóculo quando frutos imaturos ou frutos colhidos tardiamente com lesões permanecem nas árvores após o florescimento e fixação dos frutos da safra seguinte.

A influência da temperatura e do tempo de incubação na germinação de ascósporos de *G. citricarpa* foi verificada em trabalhos realizados por Timossi (2000), onde as maiores médias de germinação ocorreram nas temperaturas de 21 e 24 °C, após 18 horas de incubação, sendo os extremos de temperatura de 15 e 33 °C menos favoráveis a germinação de ascósporos.

Para o estado de São Paulo, os conídios são importantes na epidemiologia da doença dado ao reduzido número de variedades cultivadas e à sua elevada suscetibilidade, e ao clima favorável para o desenvolvimento da doença (FEICHTENBERGER, 1996). A ocorrência de vários fluxos florais, também, propicia a formação de frutos de forma extemporânea, o que redundará na coexistência de frutos de diferentes tamanhos e idade. Tal fato faz com que na presença de inóculo e com ambiente favorável para as infecções haja um forte incremento dos níveis da doença, possibilitando o seu progresso ao longo dos anos. Os ramos secos também constituem em fonte de conídios, principalmente em pomares velhos e mal cuidados (FEICHTENBERGER et al., 2005). Com exceção da laranja azeda e seus híbridos e da

lima ácida ‘Tahiti’, os quais são resistentes à *G. citricarpa* (KOTZÉ, 1981; BALDASSARI et al., 2008), as demais espécies cítricas de importância econômica são suscetíveis ao patógeno.

1.2.3. Sintomatologia da mancha preta dos citros

Guignardia citricarpa causa lesões em ramos, folhas e frutos. Entretanto, os sintomas em laranjeiras são visíveis e problemáticos apenas em frutos (BAAYEN et al., 2002).

No Brasil já foram relatados seis diferentes sintomas:

- *mancha dura* – sintoma mais comum e típico da doença. Em geral aparece quando os frutos iniciam a maturação. Em frutos verdes, um halo amarelado aparece circundando as lesões, enquanto que no caso de frutos maduros ocorre o contrário, sendo produzido um halo verde ao redor das lesões, que apresentam o centro deprimido de cor marrom claro ou cinza escuro e as bordas salientes, de coloração marrom escura. No interior dessas lesões aparecem pequenas pontuações negras, que são os picnídios do fungo (HERBERT, 1989);

- *falsa melanose* - normalmente aparece quando o fruto encontra-se com cerca de 4-5 meses após a queda das pétalas. Caracteriza-se por apresentar manchas escuras e pequenas, normalmente sem textura áspera ao tato, de tamanho variado, mas predominantemente pequenas e circundadas por numerosos pontos escuros, constituindo as lesões satélites (HERBERT, 1989). Este sintoma pode ser confundido com os de outra doença fúngica, a melanose (*Diaporthe citri*). Entretanto, nesta última, as lesões são ásperas;

- *mancha sardenta* - aparece depois que os frutos já atingiram a maturação, estando com a casca apresentando coloração amarelada ou alaranjada. As lesões são

levemente deprimidas e avermelhadas. Elas podem coalescer, formando uma grande lesão, ou permanecerem pequenas e individualizadas (HERBERT, 1989);

- *mancha virulenta* - desenvolvem-se normalmente no final da safra, quando os frutos estão maduros e as temperaturas mais elevadas, e podem também ocorrer após a colheita, durante o transporte e o armazenamento dos frutos. As lesões aparecem como resultado do desenvolvimento e coalescência de lesões dos dois tipos anteriores, dando origem a grandes lesões deprimidas, de centro acinzentado e bordos salientes, de coloração marrom escuro ou vermelho escuro. No centro dessas lesões aparecem muitas pontuações escuras, que são os picnídios. A casca do fruto fica necrosada na área da lesão, mas a parte interna do fruto não é afetada (HERBERT, 1989);

- *mancha trincada* - observada em frutos ainda verdes, onde são produzidas manchas de aspecto oleoso e posteriormente, quando próximo à maturação dos frutos as lesões exibem manchas com aspecto de trincas. Esse sintoma ocorre pela interação da MPC com a presença do ácaro da falsa ferrugem (*Phyllocoptruta oleivora*) (GOES et al., 2000);

- *mancha rendilhada* - caracterizada pela presença de lesões superficiais de coloração marrom que atingem grandes áreas dos frutos, quando estes ainda apresentam-se verdes. Estas lesões não apresentam corpos de frutificação (FUNDECITRUS, 2003).

Em geral, os sintomas da MPC são observados em maior frequência na fase inicial de maturação dos frutos. No decorrer da maturação dos frutos e, sob elevada temperatura, estresse hídrico e deficiência nutricional, os sintomas aparecem com maior severidade. Também, quando na presença de pragas como ácaros e cochonilhas, especialmente *Parlatoria ziziphus* e *P. pergandii*, pode haver agravamento dos sintomas nos frutos, com consequente queda prematura dos mesmos. Em folhas, os sintomas são

pouco frequentes, mas quando presentes assemelham-se àqueles do tipo mancha dura dos frutos, com centro deprimido e as bordas salientes e escuras com a formação de picnídios no centro da lesão (FUNDECITRUS, 2003).

A manifestação dos sintomas é favorecida pela radiação solar combinada com altas temperaturas, sendo comum encontrar frutos com maior número de lesões na face exposta à luz do sol (FEICHTENBERGER, 1996).

Os sintomas estão relacionados a quantidade de inóculo de *G. citricarpa* no momento da infecção. Baixa concentração de inóculo faz com que a doença expresse o sintoma de mancha dura, enquanto que alta concentração de inóculo a MPC expressa o sintoma de falsa melanose (ALMEIDA, 2009). Os demais sintomas são variantes desses dois.

1.2.4. Condições climáticas e doenças de plantas

De acordo com Ayoade (1986) a natureza periódica ou sazonal das perdas de muitos pomares sugere que as condições climáticas desempenham importante papel em relação à incidência de doenças, pois as epidemias são muitas vezes dependentes do clima, tanto em termos de condições climáticas locais favoráveis ao seu crescimento e desenvolvimento, como de ventos para a dispersão de esporos para outras áreas. Também algumas doenças tem como vetores insetos, de modo que as condições climáticas favoráveis à propagação desses vetores são as que facilitam a transmissão dessas enfermidades.

Os elementos meteorológicos que mais influenciam a ocorrência e desenvolvimento das doenças são a temperatura e a umidade do ar (SENTELHAS et al., 2001). Considerando-se todo o ciclo das doenças, outros elementos do clima também podem ter papel fundamental no processo infeccioso, tais como a luminosidade, o

vento, a radiação solar e a chuva, que atuam nos processos de disseminação, germinação e penetração de esporos.

O conhecimento da influência do clima no ciclo biológico e na atividade do patógeno permite que este seja expresso em forma de relações quantitativas, sendo, em alguns casos, possível produzir modelos matemáticos que refletem a biologia do patógeno em função dos elementos do clima (WMO, 1988). Os modelos mais antigos foram derivados da comparação direta entre os dados epidemiológicos e os dados meteorológicos, sendo considerados como “regras” de decisão, os quais eram limitados pela inexistência de longas séries de dados e de conhecimento do impacto da doença no desenvolvimento das culturas, existindo a tendência de se usar resultados apenas de trabalhos de laboratório (BOURKE, 1970).

1.2.5. Sistemas de previsão de doenças

Modelos de previsão de epidemias têm sido utilizados com o objetivo de otimizar o controle de doenças de plantas.

O importante de um sistema de previsão do progresso da doença em relação às condições meteorológicas, é que ele seja preciso e de fácil implementação. Um modelo que oferece 95% de exatidão sob condições de laboratório, nem sempre pode ser usado em condições de campo, devido à complexidade dos dados requeridos (KRAUSE et al., 1975).

O principal objetivo na elaboração de modelos de previsão das doenças é atingir a máxima simplicidade, para uma fácil e uniforme aplicação, sem sacrificar os aspectos essenciais da inter-relação clima-doença (BOURKE, 1970). Portanto, conhecendo-se as condições do tempo favoráveis para o desenvolvimento da doença é possível se determinar o momento oportuno para a pulverização da cultura, alcançando um controle

eficiente, com mínimo custo, além de reduzir a contaminação ambiental e retardar o desenvolvimento de resistência no patógeno alvo (BOURKE, 1970; GILLESPIE, 1994).

Quando as plantas são submetidas a uma ampla gama de temperatura, desde o limite mínimo até o máximo, é possível descrever a influência da temperatura no componente monocíclico por meio de modelos matemáticos, que permitem a interpolação dos dados para temperaturas não testadas, desde que se encontrem dentro do intervalo estudado (HAU, 1988).

Modelos polinomiais são frequentemente utilizados em função da flexibilidade das curvas dada pelo grau do polinômio. Essas funções são matematicamente simples, mas tem pouco significado biológico, sendo seu ajuste limitado pelo grau do polinômio utilizado. Um modelo específico utilizado nesse tipo de estudo, é a função beta generalizada (HAU & KRANZ, 1990), sendo esta, mais condizente com a resposta de eventos biológicos à variação de temperatura. Godoy (2000), estudando a influência da temperatura e do molhamento no desenvolvimento da ferrugem polysora na cultura do milho, em câmaras de crescimento, obteve boa correlação entre os períodos latente e de incubação com a temperatura, determinada por meio de um modelo beta generalizado, e de molhamento com a severidade, determinada por meio de um modelo logístico.

Carneiro (1998), avaliando o efeito de diferentes temperaturas e períodos de molhamento em componentes monocíclicos do “Mal de sete voltas” (*Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cepae*) em plantas de cebola, realizou o ajuste dos dados relativos aos componentes monocíclicos avaliados, com boa correlação entre alguns componentes medidos e estimados pelo modelo beta generalizado em função da temperatura, mas com baixa correlação entre a severidade medida e a estimada em função do período de molhamento, com o modelo de Gompertz. Também em câmaras de crescimento, Leite (2002), estudando a influência da temperatura e do molhamento no monociclo da

mancha de alternaria (*Alternaria helianthi*) em girassol, realizou o ajuste dos dados por meio de alguns modelos matemáticos e obteve bons coeficientes de determinação nas estimativas pelo modelo logístico em função do molhamento e pelo modelo beta generalizado em função da temperatura.

Mendes (1987), analisando a influência da temperatura e do molhamento foliar, em câmaras de crescimento, no desenvolvimento da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* f.sp. *typica* Arth.), observou um aumento crescente na intensidade da doença com o aumento do período de molhamento na inoculação, sendo a maior intensidade da doença na temperatura de 17°C, quando comparada com as de 21°C e 25°C.

Apesar de ser uma simplificação da realidade, os experimentos em câmara de crescimento são extremamente úteis para a obtenção de informações iniciais a respeito do desenvolvimento dos patossistemas, uma vez que é possível isolar os efeitos da temperatura e da umidade (molhamento), normalmente as variáveis mais importantes no estabelecimento de epidemias. As informações levantadas nesses experimentos servem como base ou ponto de partida para a incorporação de novas informações obtidas em condições de campo. Sem essa base inicial, a proposição de simuladores de epidemias demandaria muito mais tempo, sendo muito mais complexa, devido à dificuldade de se isolar os fatores determinantes na manifestação de doenças.

As condições em experimentos conduzidos em câmaras de crescimento, no entanto, simulam parte da situação real de campo, na qual as atividades cíclicas do patógeno são inevitavelmente influenciadas por muitos outros fatores que interagem entre si (ROYLE & BUTLER, 1986). Assim, Godoy (2000), ao testar em condições de campo, o simulador desenvolvido para ferrugem polysora no milho, não pôde estabelecer correlação entre os períodos de favorabilidade estabelecidos em câmaras de crescimento e a taxa de progresso da doença obtida a campo, atribuindo a isso o fato de

que períodos muito prolongados de molhamento acabaram resultando em correlação negativa, possivelmente por limitar o processo de dispersão do inóculo. Desse modo, esse autor recomenda que experimentos de campo sejam conduzidos com o objetivo de se testar e ajustar os modelos, antes desses serem implementados no campo.

Ao que parece, a ocorrência de chuva em qualquer cultura, realmente favorece a maioria dos patossistemas, porém, dentro de certos limites (DEL PONTE et al., 2006). Da mesma forma que no exemplo citado para a ferrugem polysora milho, o simulador desenvolvido para o patossistema *Uromyces appendiculatus* – feijão (BERGER et al., 1995) foi impreciso na previsão de epidemias de ferrugem no feijoeiro no campo, em Viçosa, por desconsiderar o efeito do molhamento na esporulação e na dispersão do patógeno. Apesar de apresentar correlação positiva com o número de lesões, períodos de molhamento prolongados dificultaram a liberação do inóculo das pústulas e desfavoreceram sua disseminação. Em Viçosa, os frequentes períodos de alta favorabilidade climática determinados pelo simulador estavam correlacionados com períodos prolongados de molhamento, não ocorrendo naquelas condições incremento da doença no campo (AMORIM et al., 1995).

Fica claro, portanto, que não se pode considerar, para a ocorrência de doenças, prolongados períodos de molhamento provocados por dias chuvosos consecutivos. Ao contrário do que ocorre em uma câmara de crescimento com longo período de molhamento, no campo, a chuva muito intensa ou prolongada atua na remoção do inóculo, carregando para o solo as estruturas reprodutivas depositadas nas plantas em dias anteriores. Obviamente, isso deve ser considerado para a proposição de novos simuladores de epidemias.

Logo, como recomendado por Godoy (2000), é mais adequado que antes de se propor um simulador baseado somente nas observações em câmaras de crescimento

sejam conduzidos experimentos em condições naturais para que se detectem as particularidades de cada caso e para que, de alguma maneira, essas informações possam ser acrescentadas ao modelo inicial.

Dessa forma, é possível que as limitações apontadas por Amorim et al. (1995), para o patossistema *Uromyces appendiculatus* – feijão, e por Godoy (2000), para ferrugem polysora no milho, sejam contornadas, ou ainda, que novas limitações possam ser detectadas e, posteriormente, solucionadas.

Para a cultura dos citros, Noronha (2002) elaborou um modelo de previsão para a mancha preta dos citros que estimava o efeito da temperatura e da duração do molhamento foliar na formação de apressórios de *Guignardia citricarpa* “in vitro”. Neste experimento verificou-se que os conídios de *G. citricarpa* germinavam e formavam apressórios numa faixa de temperatura que variava de 10 a 40 °C, com uma amplitude de temperaturas favoráveis entre 15 e 35 °C, sendo a umidade relativa e a duração do molhamento foliar uma das variáveis climáticas que mais influenciaram na formação de apressórios “in vitro” de *G. citricarpa*.

1.2.6. Zoneamento agroclimático

Em 1972, o fitopatologista Weltzien introduziu o termo geofitopatologia para descrever a técnica de apresentação da distribuição espacial das doenças de plantas numa determinada área. Tal técnica mostra como as doenças se distribuem num espaço geográfico por mapas, estabelecendo relações com fatores climáticos, de vegetação e do solo que favoreçam sua ocorrência, de modo a permitir a compreensão da causa desses padrões de distribuição. Esses mapas ilustram a expansão das doenças de plantas numa escala regional ou até mesmo em escala continental, os quais podem ser classificados em: mapas de localização, mapas de intensidade, mapas de áreas de ocorrência, mapas

de datas de ocorrência e mapas de distribuição das áreas de risco de ocorrência ou das áreas de escape (WELTZIEN, 1972).

Os mapas mais utilizados são os de ocorrência da doença, normalmente baseados em estudos de campo, portanto, a aparente ausência de uma doença indica a ausência do patógeno. Se as distribuições geográficas de um patógeno e de seu hospedeiro são conhecidas e há disponibilidade suficiente de informações sobre seus requerimentos ecológicos, é possível prever a ocorrência da doença, sendo esta uma das principais aplicações da geofitopatologia (WELTZIEN, 1972).

Com o surgimento dos Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e outras ferramentas como a Geoestatística e os Sistemas de Geoposicionamento (GPS), os estudos nessa área têm se incrementado e fortalecido, especialmente pela combinação das diferentes técnicas com SIG, sensores remotos, dados ou ferramentas agrometeorológicas e modelos de previsão da ocorrência de doenças das culturas (PRADO, 2006).

A utilização de mapas de zonas de risco climático foi estudada por García (2005) que observou o risco climático de ocorrência da Requeima da batata na região dos Andes na Venezuela. Prado (2006) desenvolveu uma metodologia para o zoneamento de risco climático de doenças de plantas, usando a requeima do tomateiro como exemplo.

Cristofaro (2006) utilizou o sistema de previsão para o zoneamento de risco climático da antracnose da goiabeira dentro do estado de São Paulo para três regiões produtoras deste cultivo.

Lopes (2007) elaborou mapas de zona de risco climático para a ocorrência da mancha preta dos citros, baseando-se em modelo matemático para a formação de apressórios de *Guignardia citricarpa* “in vitro”.

1.3. Referências

ADASKAVEG, J.; KORSTEN, L; AGOSTINI, J.P.; LEVY, L.; BULLUCK, R.; MILES, A.; CARROLL, G.; PLAM, M.; DEWDNEYM.; PERES, N.; EL-LISSY, O.; SCHUBERT, T.; GOTTWALD, T.; SEAVER, D.; HENDERSON, M.; SPÓSITO, M.B.; HOLLINGSWORTH, C.; TIMMER, P.; HORNBY, P.; ZELLER, K.; HORNYAK, M. *Guignardia citricarpa* (Citrus Black Spot, CBS) technical working group final report. **United States Department of Agriculture (USDA), Animal Plant Health Inspection Service (APHIS), Plant Protection and Quarantine (PPQ), Center for Plant Health Science and Technology (CPHST)**, Washington, 2jun., 2010.

AGRIANUAL 2010: **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: FNP, p.271-289, 2010.

AGUIAR, R.L. **Produção de anticorpo policlonal para caracterização de *Phyllosticta citricarpa* em tecidos lenhosos de citros**. 2011. 66f. Tese (Doutorado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

AGUILAR-VILDOSO, C.I. (Coord.) **Manual técnico de procedimentos da mancha preta do citros**. Brasília: MAPA/DAS/DDIV, 2002. 72p.

ALCOBA, N.J.; VIGIANI, A.R.; BEJARANO, N.V.; ALVAREZ, S.E.; SERRANO, M.A.; BONILLO, M.C. **Mancha negra de los cítricos: Epidemiología y control**. San Salvador de Jujuy: Ediciones Universidad Nacional de Jujuy. 2000, 56p.

ALMEIDA, T.F. **Mancha preta dos citros: Expressão dos sintomas em frutos pela inoculação com conídios e controle do agente causal (*Guignardia citricarpa*)**. 2009. 66f. Tese (Doutorado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

AMORIM, L.; BERGER, R.D.; BERGAMIN FILHO, A.; HAU, B.; WEBER, G.E.; BACCHI, L.M.A.; VALE, F.X.R.; SILVA, M.B. A simulation model to describe epidemics of rust of *phaseolus* beans II. Validation. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, p.722-727, 1995.

ANDRADE, T.; THEODORO, G.F.; GOES, A. de; BALDASSARI, R.B. Mancha preta (*Guignardia citricarpa*) dos citros no Estado de Santa Catarina. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.30, p.126, 2004.

AYOADE, J.O. **Introdução à Climatologia para os Trópicos**. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. São Paulo: Difel. 1986.

BAAYEN, R.P.; BONANTS, P.J.M.; VERKLEY, G.P.; CARROLL, G.C.; VAN DER AA, M.; WEERDT, M.; BROUWERSHAVEN, G.C.; SCHUTTE, G.C.; MACCHERONI, Jr., W.; GLIENKE-BLANCO, C.; AZEVEDO, J.L. Nonpathogenic strains of the citrus black spot fungus, *Guignardia citricarpa*, identified as a

cosmopolitan endophyte of woody plants, *Guignardia mangiferae*, (*Phyllosticta capitalensis*). **Phytopathology**, Sant Paul, v.92, n.5, p.464-477, 2002.

BALDASSARI, R.B.; GOES, A. de; SANTOS, J.M.; TIMOSSI, A.J. Microscopia eletrônica de varredura de isolados de *Guignardia citricarpa* obtidos de plantas cítricas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.27, n.1, p.88-92, 2001.

BALDASSARI, R.B.; REIS, R.F.; GOES, A. de. Relato de mancha preta do citros em pomares do estado de Minas Gerais. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 27, 2004. Campinas. **Anais...**Campinas, p.126, 2004.

BALDASSARI, R.B.; REIS, R.F.; GOES, A. Susceptibility of fruits of the ‘Valência’ and ‘Natal’ sweet orange varieties to *Guignardia citricarpa* and the influence of the coexistence of healthy and symptomatic fruits. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, p.337–341, 2006.

BALDASSARI, R.B.; WICKERT, E.; GOES, A. de Pathogenicity, colony morphology and diversity of isolates of *Guignardia citricarpa* and *G. mangiferae* isolated from *Citrus* spp. **European Journal of Plant Pathology**, Dordrecht, v.120, p.103-110, 2008.

BERGER, R.D.; HAU, B.; WEBER, G.E.; BACCHI, L.M.A.; BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. A simulation model to describe epidemics of rust of Phaseolus beans. I. Development of the model and sensivity analysis. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 85, p. 715-721, 1995.

BOURKE, P.M.A. Use of weather information in the prediction of plant disease epiphytotics. **Annual Review of Phytopathology**, Palo Alto, v.8, p.345-37, 1970.

CABI (2010). **Crop protection compendium edition**. CABI International, Wallingford. Disponível em: <<http://www.cabi.org>>. Acesso em 03 maio 2011.

CAIXETA, M.P.; CORAZA NUNES, M.J.; VIDA, J.B.; NUNES, W N.; TESSMANN, D.J.; ZANUTO, C.A.; MULLER, G.R. Ocorrência da pinta preta dos citros (*Guignardia citricarpa*) no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.30, n.1, p.136, 2005.

CARNEIRO, L.C. **Influência da temperatura e do molhamento foliar no monociclo do “mal-de-sete-voltas” da cebola e transporte de *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. *cepae* pela semente**. 1998. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

CEPAGRI. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <<http://www.cpa.unicamp.br>>. Acesso em 03 maio 2011.

COSTA, H.; VENTURA, J.A.; ARLEU, R.J.; AGUILAR-VILDOSO, C.I. Ocorrência da pinta preta (*Guignardia citricarpa*) em citros no estado do Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.28, suplemento, p. 205, 2003.

CRISTOFARO, L., Zoneamento climático para ocorrência de antracnose da goiabeira nas principais regiões produtoras do Estado de São Paulo. 2006. 38f. Trabalho de Graduação (Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

DEL PONTE, E.M.; GODOY, C.V.; LI, X.; YANG, X.B. Predicting severity of Asian soybean rust epidemics with empirical rainfall models. **Phytopathology**, Saint Paul, v. 96, n. 7, p. 797- 803, 2006.

DOIDGE, E.M. Some diseases of citrus prevalent in South Africa. **South African Journal of Science**, Pretoria, v.26, p.320-325, 1929.

DONADIO, L.C.; FILHO, F.A.A.M.; MOREIRA, C.S. **Centros de origem, distribuição geográfica das plantas cítricas e histórico da citricultura no Brasil.** In: JUNIOR, D.de M.; NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; JUNIOR, J.P. Citros. Campinas: Instituto Agronomico e Fundag, 2005. p. 3-15.

EPPO Bulletin. 36, 459-460. EPPO (2009). **Documentation and reporting on a diagnosis.** Bulletin.

FAO 2010. Disponível em: <<http://www.faostat.fao.org>>. Acesso em 25 março 2011.

FEICHTENBERGER, E. Mancha-preta dos citros no Estado de São Paulo. **Laranja** 17:93-108.1996.

FEICHTENBERGER, E.; BASSANEZI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; BELASQUE, Jr.. Doenças do citros. In: KIMATI, H., AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p.239-269, 2005.

FUNDECITRUS. **Manual de pinta preta**, Araraquara: Fundo Paulista de Defesa da Citricultura, 2003, 7p.

GARCÍA, B.I.L. Risco climático de ocorrência da requeima da batata na região dos Andes, Venezuela, 2005. 132f., Tese (Doutorado em Física do Ambiente Agrícola) – Universidade de São Paulo, Piracicaba.

GASPAROTTO, L.; GOES, A. de; PEREIRA, J.C.R.; BALDASSARI, R.B. Ocorrência da Mancha preta (*Guignardia citricarpa*) dos citros no Estado de Amazonas. **Summa Phytopathologica**, Botucatu, v.30, p.126, 2004.

GILLESPIE, T.J. Pest and disease relationships. In: GRIFFITHS, J.F. **Handbook of agricultural meteorology**. New York: Oxford University Press. 1994. Chap 19, p.203-209.

GODOY, C.V. **Influência de variáveis climáticas no desenvolvimento da ferrugem polysora na cultura do milho**. 2000. 79 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2000.

GOES, A. de; BARROS, J.C.S.M. de; PINHEIRO, J.E. Controle da pinta preta dos frutos de tangerina 'Rio' (*Citrus deliciosa*) ocasionada por *Phyllosticta citricarpa*. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.15, p.73-75, 1990.

GOES, A.; BALDASSARI, R.B.; FEICHTENBERGER, E.; AGUILAR-VILDOSO, C.I.; SPÓSITO, M.B. Cracked spot, a new symptom of citrus black spot in Brazil. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Orlando, Florida, p.1001-1002, 2000.

GOES, A. de; FEICHTENBERGER, E. Ocorrência da mancha preta causada por *Phyllosticta citricarpa* (McAlp) Van der Aa em pomares citricos do Estado de Sao Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FITOPATOLOGIA, X., Aracaju, 1992. **Anais...** Brasilia, Sociedade Brasileira de Fitopatologia, 1993, p. 318.

GUILARDI, A.A.; MAIA, M.L.; DE NEGRI, J.D. Custo de produção de laranja para indústria na safra agrícola paulista 2003/04: básico e ampliado. **Laranja**, v.25, n.2, p.277-290, 2004.

HAU, B. Modeling epidemics of polycyclic foliar diseases and development of simulators In: KRANZ J.; ROTEM, J. (Ed.). **Experimental techniques in plant disease epidemiology**. Heildelberg: Springer-Verlag, 1988. p. 267-278.

HAU, B.; KRANZ, J. Mathematics and statistics for analyses in epidemiology. In: KRANZ, J. (Ed.). **Epidemics of plant disease: mathematical analyses and modeling**. 2nd ed. Berlin: Spring-Verlag, 1990. p. 12-52.

HERBERT, J.A. **Citrus black spot**. Citrus and Subtropical Fruit Research Institute, Nelspruit. Citrus H.30, 1989.

KLOTZ, L.J. Fungal, bacterial, and nonparasitic diseases and injuries originating in the seedbed, nursery, and orchard. In: REUTHER, W.; CALAVAN, E.C.; CARMAN, G.E. (Ed.) **The Citrus Industry**. Riverside, University of California, p. 1-66, 1978.

KOTZÉ, J.M. Black spot. In: WHITESIDE, J.O.; GARNSEY, S.M.; TIMMER, L.W. (Ed.) **Compendium of Citrus Diseases**. St. Paul, APS Press, 1988, p.10-12.

KOTZÉ, J.M. Epidemiology and control of citrus black spot in South África. **Plant Disease**, v.65, n.12, p.945-950, 1981.

KOTZÉ, J.M. **Studies on the black spot disease of citrus caused by *Guignardia citricarpa* Kiely with particular reference to its epiphytology and control at Lebata**. Pretoria, 1963. 147p. Thesis (Ph.D.) – University of Pretoria.

KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B. HYRE, R.A. Blitecast: a computerized forecast of potato late blight. **Plant Disease Reporter**, v.50, p.95-98, 1975.

LEITE, R.M.V.B.C. **Influência da temperatura e da duração do período de molhamento foliar no monociclo da mancha de alternaria em girassol**. 2002. 78 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2002.

LOPES, M.V. **Mapas de zona de risco de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo**. 2007. 46f. Dissertação (Mestrado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

McONIE, K. C. Germination and infection of citrus by ascospores of *Guignardia citricarpa* in relation to control of black spot. **Phytopathology**, St.Paul, v.57, p.743-746, 1967.

McONIE, K.C. The latent occurrence in *Citrus* and other hosts of a *Guignardia* easily confused with *G. citricarpa*, the citrus black spot pathogen. **Phytopathology**, Sant Paul, v.54, p.40-43, 1964.

MENDES, B.M.J. **Influência de parâmetros de clima e do hospedeiro no desenvolvimento da ferrugem do feijoeiro (*Uromyces phaseoli* var. *typica* Arth.)**. 1987. 102 p. Tese (Doutorado em Fitopatologia) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1987.

MENDES, M.A.S.; FREITAS, V.M. **Comunicado Técnico 130 – Espécies invasoras para a citricultura**. Brasília: EMBRAPA, 2005. Disponível em: <<http://www.cenargen.embrapa.br/publica/trabalhos/cot130.pdf>>. Acesso em 15 março 2011.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F.; TROMBIN, V.G.; AMARO, A.A.; NEVES, E.M.; JANK, M.S. **Caminhos para a citricultura**. 1 ed. São Paulo. Editora Atlas, p.114, 2007.

NORONHA, M.A. **Escala diagramática para avaliação da mancha preta em folhas de citros e efeito da temperatura e da duração do molhamento na pré-penetração de conídios de *Guignardia citricarpa* Kiely [*Phyllosticta citricarpa* (McAlp. Van der Aa)].** 2002. 67f. Dissertação (Mestrado em agronomia, Fitopatologia.) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicabal, 2002.

PAUL, I.; VAN JAARSVELD, A.S.; KORSTEN, L.; HATTINGH, V. The potential global geographical distribution of Citrus Black Spot caused by *Guignardia citricarpa* (Kiely): likelihood of disease establishment in the European Union. **Crop Protection**, v.24, p.297-308, 2005.

PRADO, T.A. **Metodologia para o zoneamento de risco climático de ocorrência de requeima do tomateiro.** 2006. 53f. Trabalho de Graduação (Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PUNITHALINGAM, E.; WOODHAMS, J.E. **The conidial appendage in *Phyllosticta* spp.** Nova Hedwigia, Berlin, v.26, p.151-175, 1982.

REIS, R.F dos. **Influência de controle e de fatores climáticos na produção e liberação de ascósporos de *Guignardia citricarpa*, em pomares de laranjeiras ‘Natal’ e ‘Valência’.** Jaboticabal, 2001. 92p. Dissertação (Mestrado em agronomia, Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista.

REIS, R.F.; TIMMER, L. W.; GOES, A. de. Effect of temperature, Leaf Wetness, and Rainfall on the Production of *Guignardia citricarpa* Ascospores and on Black Spot Severity on Sweet Orange. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.31, n.1, p.29-34, 2006.

ROYLE, D.J.; BUTLER, D.R. Epidemiological significance of liquid water in crop canopies and its role in disease forecasting. In: AYRES, P.G.; BODDY, L. (Ed.). **Water, fungi and plants**. Cambridge: Cambridge University Press, 1986. p. 139-156.

SCHUBERT, T.; SUTTON, JEYAPRAKASH, A. Citrus Black Spot (*Guignardia citricarpa*) discovered in Florida. **Pest Alert**. Florida Department of Agriculture and Consumer Services, Division of Plant Industry, Charles H. Bronson, Commissioner of Agriculture, Florida, 5abr., 2010.

SENTELHAS, P.C.; FARIA, T.deR.; CHAVES, M.O.; HOOGENBOMM, G. Evaluation of the WGEN and SIMMETEO weather generators for the Brazilian tropics and subtropics, using crop simulation models. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Sta. Maria, v.9, n.2, p.357-376, 2001.

SIVANESAN, A. **The bitunicate ascomycetes and their anamorphs**. Germany: J. Cramer, 1984, p. 701.

SPÓSITO, M.B.; BASSANEZI, R.B.; AMORIM, L. Resistência à mancha preta dos citros avaliada por curvas de progresso da doença. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.29, n.5, p.532-537, 2004.

SUTTON, B.C.; WATERSTON, J.M. *Guignardia citricarpa*, Kew: C.M.I. Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria no85, CAB International, Wallingford, UK. 1966.

THEODORO, G. de F.; GOES, A. de; BALDASSARI, R.B; Mancha Preta (*Guignardia citricarpa*) dos citros no Estado de Santa Catarina. In: CONGRESSO PAULISTA DE FITOPATOLOGIA, 27. 2004, **Anais...**Campinas: INSTITUTO AGRONÔMICO, p.126, 2004.

TIMMER, L.W. Disease of fruit and foliage. In: TIMMER, L.W. DUNCAN, L.W. (Ed.). **Citrus Health Management**. Florida: APS Press, p.107-123, 1999.

TIMMER, L.W. *Black Spot*. In: TIMMER, L.W., GARNSEY, S.M., GRAHAM, J.H. **Compendium of Citrus Diseases**. 2aed. St. Paul, Minnesota, USA: APS Press, 2000. 92p.

TIMOSSI, J.A. **Influência de fatores físicos no desenvolvimento do teleomorfo de *Guignardia citricarpa*, agente causal da mancha negra dos frutos cítricos**. Jaboticabal, 2000, 58p. (Monografia) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Campus de Jaboticabal, “Júlio de Mesquita Filho”.

VIEIRA JUNIOR, J.R.; FERNANDES, C.F.; ANTUNES, J.; SILVA,D.S.G.; REIS,N.D.;LIMA,R.F.; FERNANDES NETO,A.; SILVA,R.B. **Levantamento da ocorrência da pinta preta dos citrus em Rondônia**. Tropical Plant Pathology, v.35, supl, p.182, 2010. Edição dos resumos do Congresso Brasileiro de Fitopatologia, 43.

WELTZIEN, H.C. Geophytopathology. **Annual Reviews of Phytopathology**, Palo Alto, v.10, p. 227-298, 1972.

WMO. **Agrometeorological aspects of operational crop protection**. Genebra: WMO, 1988. 185 p. (Technical note, 192).

CAPÍTULO 2 – MODELO DE FAVORABILIDADE PARA EXPRESSÃO DOS SINTOMAS CAUSADOS PELA MANCHA PRETA DOS CITROS

RESUMO - A mancha preta dos citros é uma doença causada pelo fungo *Guignardia citricarpa* que produz lesões em todas as variedades de laranja doce comerciais, causando queda precoce dos frutos, diminuindo a produtividade e levando a depreciação dos mesmos para o mercado da fruta. O objetivo do trabalho foi verificar quais variáveis meteorológicas favorecem a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros e desenvolver um modelo de favorabilidade para a doença. Para isso desenvolveu-se um sistema empírico com base em um banco de dados da ocorrência da doença e das condições climáticas, em campo, nos municípios paulistas de Barretos, Pedranópolis, Taquarituba e Gavião Peixoto, durante as Safras 2007/2008 e 2008/2009. A variedade de laranjeira doce utilizada nos experimentos foi a ‘Valência’ enxertada sobre limoeiro ‘Cravo’, com 10 anos de idade. Para a incidência da mancha preta foi avaliada a porcentagem de frutos com sintomas na planta e para a severidade, a porcentagem de casca lesionada por fruto. Foram feitas análises de regressão utilizando 60 variáveis climáticas e os dados de intensidade de doença, sendo as variáveis selecionadas no procedimento *stepwise*. Procedeu-se então a validação no município de Gavião Peixoto durante a Safra 2008/2009, realizando a correlação entre a severidade observada no experimento e os dados previstos que foram os determinados pela equação, sendo que não houve correlação. As melhores equações de regressão foram selecionadas pelo coeficiente de determinação e pela significância da regressão no teste F que resultou nos modelos para cada um dos municípios que podem ser utilizados nas regiões Norte, Noroeste e Sudoeste do estado de São Paulo.

Palavras-chave: *Guignardia citricarpa*, pinta preta, previsão de doenças.

2.1 Introdução

A mancha preta dos citros (MPC), também denominada pinta preta, é uma doença causada pelo fungo *Guignardia citricarpa* (anamorfo: *Phyllosticta citricarpa*), responsável por elevados prejuízos na cultura dos citros (FEICHTENBERGER et al., 2005). Do ponto de vista econômico, sua importância reside pelo fato de atingir as variedades comerciais mais importantes, depreciar os frutos no mercado de fruta fresca e reduzir a produtividade, uma vez que ocasiona a queda precoce dos frutos; do ponto de vista de manejo, destaca seu alto custo e difícil controle; do ponto de vista epidemiológico, o longo período de incubação do fungo, longo período de suscetibilidade dos frutos, existência de condições ambientais altamente favoráveis à formação do inóculo e à ocorrência de severas epidemias em pomares de importantes regiões citrícolas de São Paulo, principal estado produtor do país (GOES et al., 2000; SPÓSITO et al., 2004).

A MPC expressa diferentes tipos de sintomas. O primeiro sintoma a se expressar em áreas onde a doença já está endêmica é a falsa melanose, quando os frutos ainda se encontram verdes (FUNDECITRUS, 1998). O sintoma típico da doença é conhecido como mancha dura, e se expressa nos frutos a partir da fase de mudança de cor do verde para o amarelo, e caracteriza-se por manifestar lesões inicialmente pardo-avermelhadas e, posteriormente, escuras, deprimidas e com centro acinzentado, contendo picnídios (FUNDECITRUS, 1998).

Os frutos estão sempre suscetíveis, desde a queda das pétalas até a sua maturação plena (ALMEIDA, 2009). Um fator importante para a expressão dos sintomas é o período de incubação variável da MPC. Quando a infecção ocorre em frutos com diâmetro de aproximadamente 1,5 cm a expressão dos sintomas ocorre em

período superior a 200 dias, enquanto que, frutos próximos a maturação, com mais de 5 cm de diâmetro, esse período é reduzido para menos de um mês (AGUIAR, 2011).

O período de incubação variável pode estar relacionado à resistência de frutos imaturos à colonização pelo patógeno, baseada em alguns mecanismos, tais como, compostos tóxicos presentes nos frutos imaturos, como fenóis, a presença de substâncias complexas inadequadas para a nutrição do patógeno, quantidade inadequada de enzimas produzidas pelo patógeno para degradar as substâncias pectínicas da parede celular do fruto ou a produção de fitoalexinas nos frutos pós infecção (JEFFRIES et al., 1990). O processo de amadurecimento e senescência dos frutos, geralmente, reduz as respostas de resistência (BENATO, 2002).

A expressão dos sintomas é dependente da presença de inóculo na área e condições climáticas favoráveis à infecção e do desenvolvimento dos frutos e condições climáticas favoráveis para a expressão dos sintomas (JEFFRIES et al., 1990). A manifestação dos sintomas é favorecida pela radiação solar combinada com altas temperaturas, portanto, frutos mais expostos ao sol, em geral, expressam mais sintomas (FEICHTENBERGER et al., 2005).

Fatores como temperatura e precipitação, que variam nas distintas regiões citrícolas, influenciam tanto na sobrevivência, na esporulação e na dispersão do patógeno, como na fisiologia do hospedeiro (época de florescimento, taxa de crescimento dos frutos) que somados determinam o início e a duração do período de infecção (ALCOBA et al., 2000).

O conhecimento dos efeitos da interação entre os fatores de clima e as diferentes fases do ciclo da doença, assim como do hospedeiro, permite a previsão com maior acerto não somente da ocorrência de epidemias, mas também da taxa de aumento das doenças.

Portanto, o objetivo do trabalho foi verificar quais variáveis meteorológicas favorecem a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros e desenvolver um modelo de favorabilidade para a doença.

2.2 Material e Métodos

2.2.1 Condução dos experimentos

Os experimentos foram conduzidos em pomares comerciais nos municípios de Barretos, Taquarituba, Pedranópolis e Gavião Peixoto, estado de São Paulo, durante as safras 2007/2008 e 2008/2009.

O município de Barretos está localizado na região Norte do estado com Latitude de 20°19'S, Longitude 48°20'O e altitude de 540 m, possui de acordo com a classificação de Koeppen o clima do tipo Aw caracterizado como tropical chuvoso com inverno seco e mês mais frio com temperatura média superior a 18°C. O mês mais seco tem precipitação inferior a 60 mm e com período chuvoso que se atrasa para o outono.

O município de Taquarituba está situado a Sudoeste do estado com Latitude de 23°19'S, Longitude 49°81'O e altitude de 620m, possui clima do tipo Cwa de acordo com a classificação de Koeppen caracterizado pelo clima tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, com a temperatura média do mês mais quente superior a 22°C.

Em Pedranópolis, localizado na região Nordeste do estado com Latitude de 20°8'S, Longitude 50°3'O e altitude de 470 m, com clima do tipo Aw, assim como os municípios de Barretos e Gavião Peixoto (Latitude 21°30'S; Longitude 48°17'O e altitude 520 m).

A variedade de laranjeira doce utilizada nos campos experimentais foi ‘Valência’ enxertada sobre limoeiro ‘Cravo’, com 10 anos de idade. Durante todo o período de experimentação, as áreas experimentais não receberam tratamentos fúngicos.

Em cada área experimental foram selecionadas 30 plantas (cinco ruas de seis plantas), onde avaliou-se em intervalos de 15 dias, desde o surgimento dos primeiros sintomas até a colheita, em 50 frutos por planta, a incidência da MPC (porcentagem de frutos sintomáticos) e severidade da doença (porcentagem da área da casca dos frutos com sintomas da doença), com auxílio de escala diagramática (SPÓSITO et al., 2004).

Para obtenção dos dados climáticos foi utilizado um sistema automático de aquisição de dados, modelo Vantage Pro[®], da Marca Davis[®]. As plataformas de aquisição de dados forneceram os dados relativos às condições meteorológicas gerais (macroclimáticas), além de conter um conjunto de sensores com um psicrômetro e um sensor de molhamento foliar. As variáveis monitoradas foram medidas a cada 1 minuto e armazenadas a cada 30 minutos pela média dos valores ou seu total, no caso de precipitação.

2.2.2 Análise dos dados

Com o objetivo de realizar as análises exploratórias dos dados para se verificar possíveis efeitos de todas as variáveis meteorológicas monitoradas na expressão dos sintomas da MPC, foram obtidas equações de regressão múltipla para os dados obtidos nos experimentos utilizando o programa SAS[®].

Os parâmetros climáticos analisados foram: temperatura do ar (média diária; média diurna, no período das 6h as 17:30h e média durante as horas de molhamento foliar), número de horas de molhamento foliar (somatória diária), umidade relativa do ar

(média diária e média diurna, no período das 6h as 17:30h) e precipitação (somatória diária).

Com os dados de campo, tanto para incidência quanto para severidade, os parâmetros climáticos foram testados no esquema de intervalos de 5, 7, 10 e 12 dias considerando como dado inicial 20, 40, 60, 80, 100, 130 e 160 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma da doença (Figura 1), totalizando 60 variáveis nomeadas de X_1 a X_{60} .

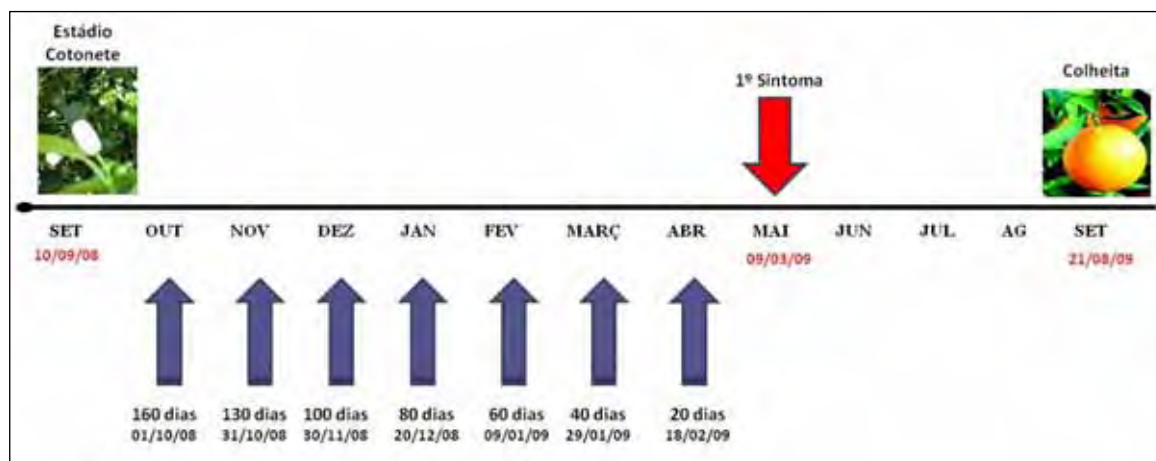


Figura 1. Representação esquemática do início da análise dos dados de 20 a 160 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma (das) da mancha preta dos citros.

No diagrama da Figura 2 é apresentado o esquema ilustrativo de como as variáveis climáticas foram consideradas em diferentes períodos procedentes. O diagrama mostra o período compreendido entre duas avaliações. A taxa da doença foi considerada a total no período, tendo em vista que esta doença não tem seu progresso de forma linear.

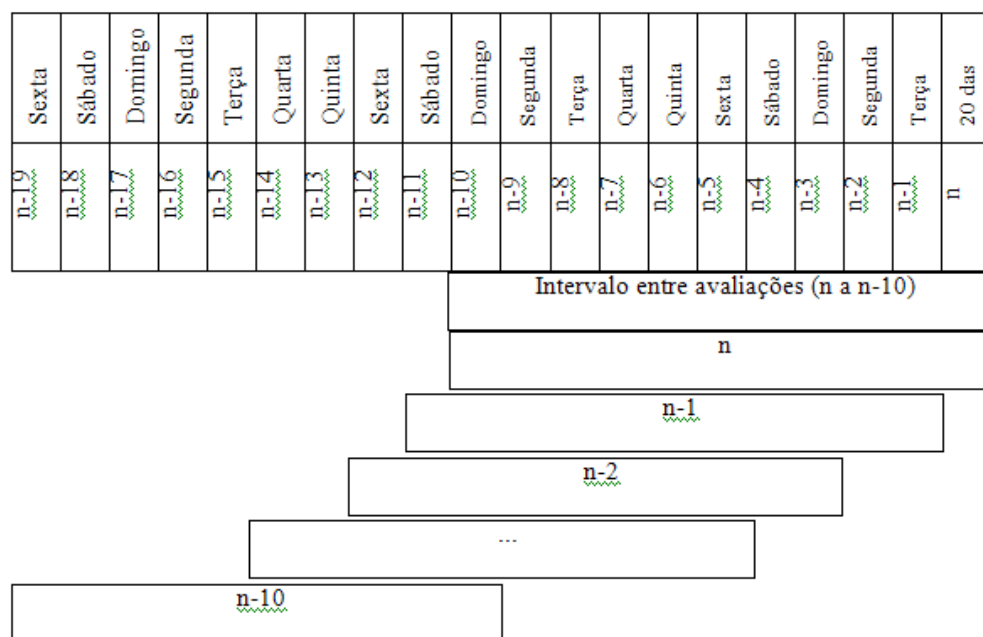


Figura 2. Representação esquemática de como a taxa da mancha preta dos citros do intervalo entre duas avaliações foi analisada em relação às variáveis meteorológicas em diferentes períodos, desde 20 dias antes do aparecimento do primeiro sintoma da doença.

2.2.3 Obtenção dos modelos

As equações de regressão múltipla desenvolvidas para previsão do aparecimento dos sintomas da MPC levaram em consideração o nível de doença no período e diferentes parâmetros climáticos.

Foram analisados sete períodos iniciais (20, 40, 60, 80, 100, 130 e 160 dias antes do aparecimento dos primeiros sintomas) para determinação do melhor modelo, quatro formas de agrupamento de dados (5 em 5, 7 em 7, 10 em 10 e 12 em 12 dias), além de 60 variáveis para cada um dos três municípios (Taquarituba, Barretos e Pedranópolis), totalizando 5040 combinações para incidência e 5040 combinações para a severidade da doença.

Devido ao elevado número de combinações entre as variáveis independentes para estimativas da incidência e severidade, apenas as que mostraram maiores coeficientes de determinação foram consideradas.

Para a análise de regressão, as variáveis foram selecionadas no procedimento '*stepwise*' pelo programa SAS[®] (Statistical Analysis System). Selecionaram-se as variáveis significativas a 5% de probabilidade pelo teste F. As melhores equações de regressão foram selecionadas pelo coeficiente de determinação (R^2) e pela significância da regressão no teste F ($P \leq 0,05$ e $P \leq 0,01$).

Baseando-se nos dados de severidade e incidência de mancha preta dos citros e nas condições climáticas obtidas nos pomares, no período referido, foram realizadas as análises de regressão múltipla entre a severidade da doença e os parâmetros climáticos.

Com as equações geradas foram realizadas as validações utilizando-se os dados experimentais do município de Gavião Peixoto e os mesmos foram correlacionados para verificar a eficiência dos modelos.

2.3 Resultados e discussão

2.3.1 Município de Barretos

As variáveis meteorológicas, temperatura média do dia (°C), umidade relativa média do dia (%) e precipitação soma (mm) durante o ano de 2008 apresentaram respectivamente os valores médios de 22,91 °C e 68,83%, sendo que a soma da precipitação durante a safra foi de 1314,5 mm. Na Figura 3 estão demonstrados os valores de precipitação (soma) durante o ano de 2008 e a temperatura média do dia.

Estes valores confirmam o tipo de clima estabelecido para o município de acordo com a classificação de Koeppen como clima Aw, tropical chuvoso, caracterizado pela alta temperatura e umidade relativa, além de elevadas precipitações.

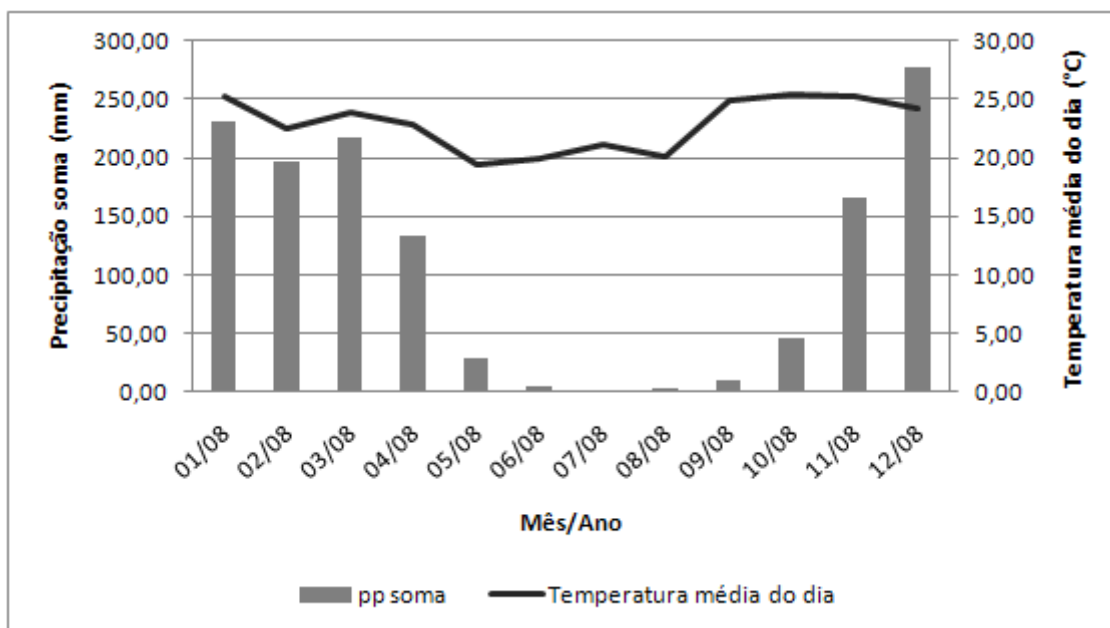


Figura 3: Valores da soma da precipitação (mm) e temperatura média do dia (°C) para os meses do ano de 2008 no município de Barretos/SP.

A curva de progresso da MPC, tanto para incidência quanto para severidade, no município de Barretos está apresentada na Figura 4. Para o ajuste do modelo referente à expressão dos sintomas da doença, os maiores coeficientes de determinação, tanto para a incidência quanto para a severidade da MPC, foram obtidos quando utilizou-se a média dos parâmetros climáticos de 12 em 12 dias.

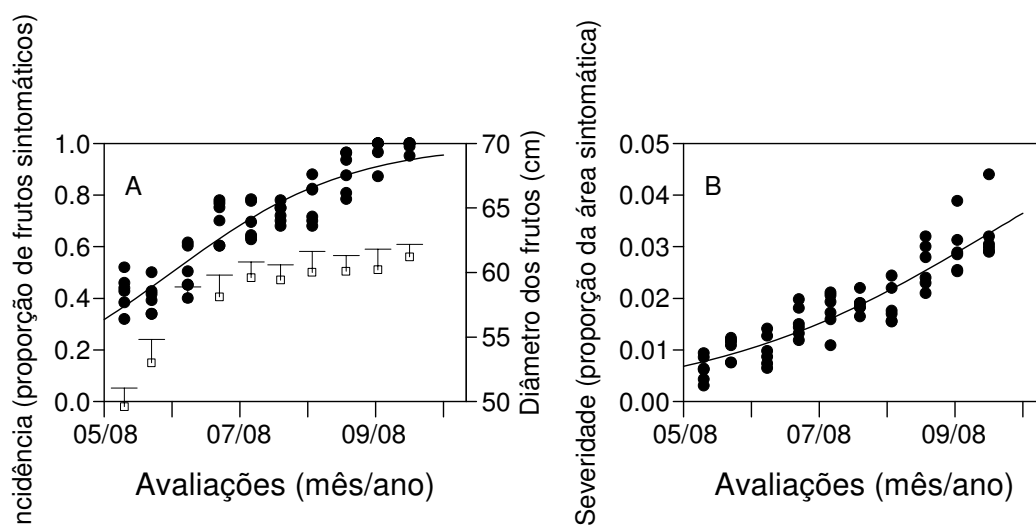


Figura 4. Curvas de progresso da Incidência (A) e da severidade (B) da mancha preta dos citros (*Guignardia citricarpa*) e diâmetro médio dos frutos em cada avaliação, com seu respectivo erro-padrão (quadrados em A), entre maio e outubro de 2008, em uma propriedade comercial de laranja Valência, no município de Barretos/SP

A equação com maior coeficiente de determinação ($R^2=0,97$ e $F=101,29$) foi para a severidade da mancha preta dos citros que analisou os parâmetros a partir de 160 dias antes do aparecimento dos primeiros sintomas (das), correspondendo a 20 dias após a queda de 2/3 das pétalas (final do florescimento), sendo expressa pelo seguinte modelo:

$$Y = -10,37 - 1,93 X_{12} + 1,80 X_{16} + 0,13 X_{32}$$

Em que:

X_{12} : Temperatura média diária a cada 5 dias a partir de 160 das;

X_{16} : Temperatura média diurna a cada 5 dias a partir de 160 das;

X_{32} : Umidade relativa média diária a cada 5 dias a partir de 160 das.

De acordo com Lopes (2007) a região Noroeste do estado de São Paulo apresentou maior favorabilidade para a ocorrência da mancha preta dos citros, por possuir condições climáticas favoráveis a formação de apressórios do fungo.

O município de Barretos, além de estar localizado no parque citrícola do estado, que é uma região de alta incidência da mancha preta dos citros, está geograficamente localizado na região Noroeste do estado de São Paulo, apresentando condições favoráveis a incidência e severidade da doença e inóculo presente na região.

2.3.2 Município de Pedranópolis

As variáveis meteorológicas, temperatura média do dia ($^{\circ}\text{C}$), umidade relativa média do dia (%) e precipitação soma (mm) durante o ano de 2008 apresentaram respectivamente os valores médios de $23,76^{\circ}\text{C}$ e $67,16\%$, sendo que a

soma da precipitação durante a safra foi de 1190,9 mm. Na Figura 5 estão demonstrados os valores de precipitação (soma) durante o ano de 2008 e a temperatura média do dia.

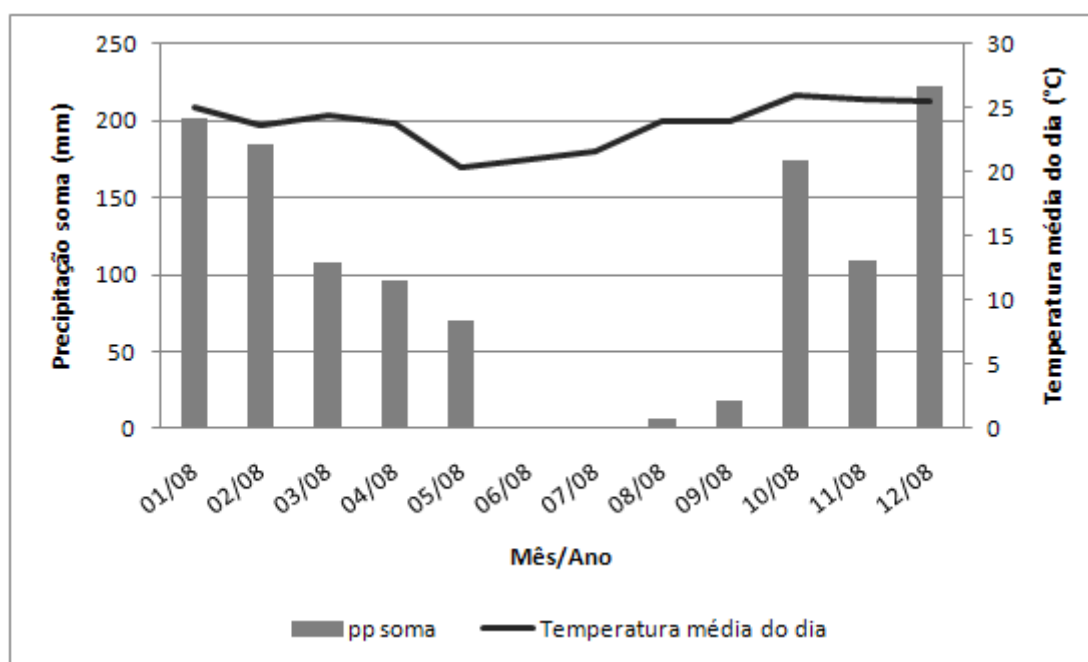


Figura 5: Valores da soma da precipitação (mm) e temperatura média do dia (°C) para os meses do ano de 2008 no município de Pedranópolis/SP.

Para os dados das curvas de progresso da MPC, observa-se que para a incidência as curvas apresentaram um padrão semelhante nos dois períodos avaliados e na Figura 6 estão demonstradas a incidência e severidade. Para o ajuste do modelo referente à expressão dos sintomas da doença, modelo com maior coeficiente de determinação foi para a severidade que analisou parâmetros a partir de 100 dias antes do aparecimento dos primeiros sintomas (das), ou seja, 149 dias após a florada, com $F=977,35$ e $R^2=0,99$ e os dados analisados em agrupamentos de 5 em 5 dias.

$$Y = -1,29 - 0,4 X_9 + 0,29 X_{13} + 0,05 X_{29} + 0,08 X_{41} - 0,01 X_{45} + 0,07 X_{49}$$

Em que:

X_9 : Temperatura média diária a cada 5 dias a partir de 100 das;

X_{13} : Temperatura média diurna a cada 5 dias a partir de 100 das;

X₂₉: Umidade relativa média diária a cada 5 dias a partir de 100 das;

X₄₁: Precipitação (soma) a cada 5 dias a partir de 100 das;

X₄₅: Molhamento foliar (soma) a cada 5 dias a partir de 100 das;

X₄₉: Temperatura média durante o molhamento foliar a cada 5 dias a partir de 100 das.

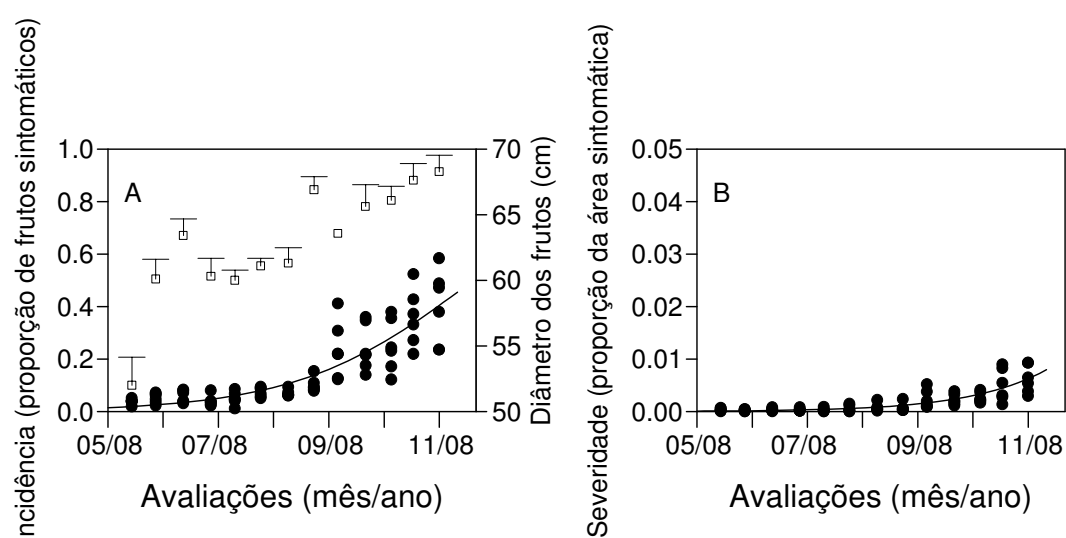


Figura 6. Curvas de progresso da Incidência (A) e da severidade (B) da mancha preta dos citros (*Guignardia citricarpa*) e diâmetro médio dos frutos em cada avaliação, com seu respectivo erro-padrão (quadrados em A), entre maio e outubro de 2008, em uma propriedade comercial de laranja Valência, no município de Pedranópolis/SP

Nota-se que as curvas de progresso tanto da incidência quanto da severidade da MPC possuem menor expressão quando comparadas ao município de Barretos, apesar dos dois municípios possuírem o mesmo tipo de clima (Figura 6). Esse fato provavelmente está relacionado à doença ter se instalado recentemente na região. Em Barretos onde a doença está instalada há vários anos, o que possibilita maior quantidade de inóculo presente na área e conseqüentemente maiores níveis de infestação, além da diferença entre as variáveis climáticas que afetam diretamente na expressão dos sintomas da doença.

2.3.3 Município de Taquarituba

As variáveis meteorológicas, temperatura média do dia (°C), umidade relativa média do dia (%) e precipitação soma (mm) durante o ano de 2008 apresentaram respectivamente os valores médios de 16,48 °C e 79,35%, sendo que a soma da precipitação durante a safra foi de 1233,5 mm. Na Figura 7 estão demonstrados os valores de precipitação (soma) durante o ano de 2008 e a temperatura média do dia.

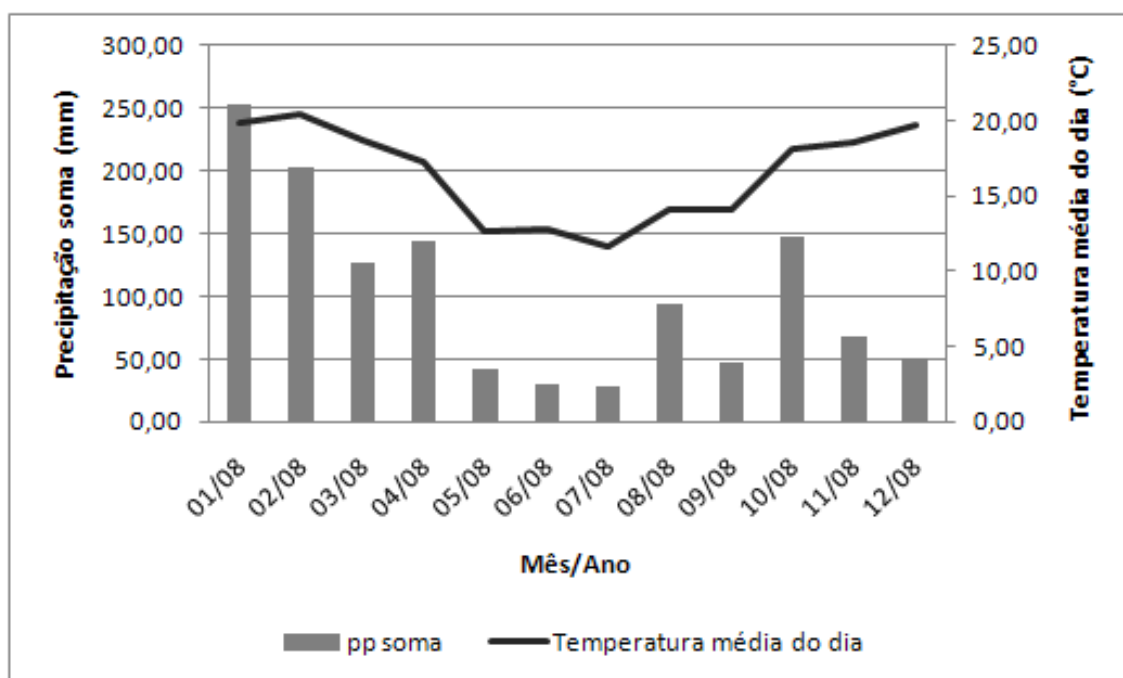


Figura 7: Valores da soma da precipitação (mm) e temperatura média do dia (°C) para os meses do ano de 2008 no município de Taquarituba/SP.

Para os dados das curvas de progresso da MPC, observa-se níveis baixos tanto para incidência quanto para a severidade da doença nos dois períodos avaliados (Figura 8).

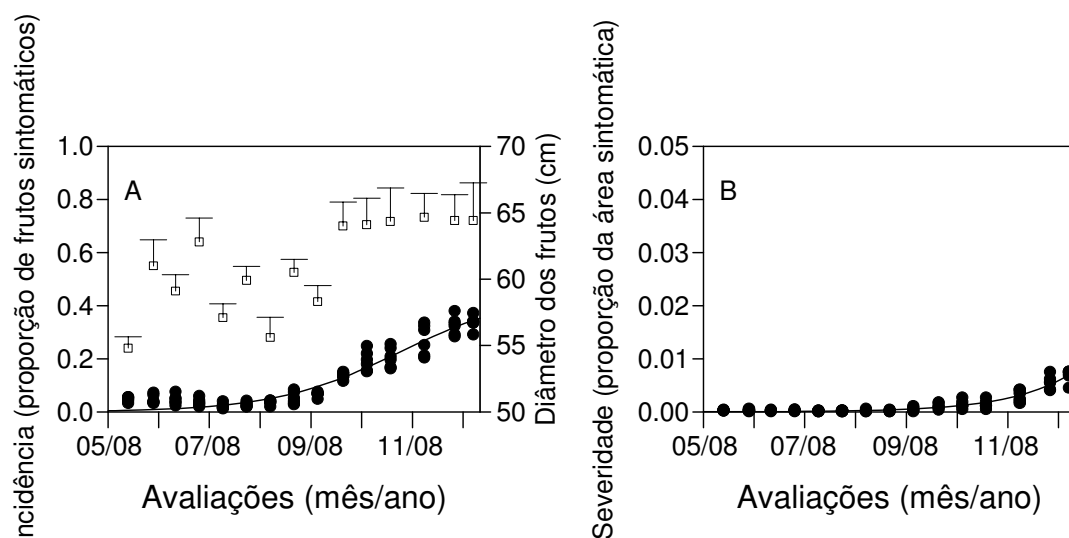


Figura 8. Curvas de progresso da Incidência (A) e da severidade (B) da mancha preta dos citros (*Guignardia citricarpa*) e diâmetro médio dos frutos em cada avaliação, com seu respectivo erro-padrão (quadrados em A), entre maio e outubro de 2008, em uma propriedade comercial de laranja Valência, no município de Taquarituba/SP

Em Taquarituba o modelo que melhor ajustou os dados climáticos com a expressão dos sintomas foi o desenvolvido para a severidade da MPC, que analisou parâmetros a partir de 160 dias antes do aparecimento dos primeiros sintomas (das), ou seja, 143 dias após a florada, com $F=58,65$ e $R^2=0,98$ e os dados analisados em agrupamentos de 12 em 12 dias.

$$Y = -0,22 + 0,02 X_{12} + 0,03 X_{16} - 0,007 X_{32} + 0,01 X_{36} - 0,002 X_{52}$$

Em que:

X_{12} : Temperatura média diária a cada 12 dias a partir de 160 das;

X_{16} : Temperatura média diurna a cada 12 dias a partir de 160 das;

X_{32} : Umidade relativa média diária a cada 12 dias a partir de 160 das;

X_{36} : Umidade relativa média diurna a cada 12 dias a partir de 160 das;

X_{52} : Temperatura média durante o molhamento foliar a cada 12 dias a partir de 160 das.

Segundo Lopes (2007) a região Sul do estado de São Paulo apresenta-se favorável a ocorrência da mancha preta dos citros por possuir condições climáticas favoráveis a formação de apressórios do fungo.

Andrade et al. (2009) estudando a influência do alinhamento de plantio na severidade da mancha preta dos citros relata que as propriedades localizadas mais ao Sul do estado de São Paulo apresentam menores níveis de doença quando comparadas as demais regiões, provavelmente em consequência da ocorrência recente da doença em tais áreas.

Podemos verificar que no município de Taquarituba, apesar das variáveis meteorológicas como temperatura, umidade relativa e precipitação serem favoráveis, os níveis de incidência e severidade são baixos, este fato pode ser atribuído a baixa quantidade de inóculo presente na área.

2.3.4 Análise conjunta para os municípios de Barretos, Pedranópolis e Taquarituba

A análise conjunta dos dados dos três municípios (Barretos, Pedranópolis e Taquarituba) gerou um modelo com base na severidade da mancha preta dos citros, com $R^2=0,70$ e $F= 14,86$ que analisou parâmetros a partir de 160 dias antes do aparecimento dos primeiros sintomas (das) e os dados analisados de 10 em 10 dias, resultando na equação abaixo descrita:

$$Y = -14,36 - 0,87 X_{11} + 1,04 X_{15} + 0,11 X_{31} - 0,02 X_{43}$$

Em que:

X_{11} : Temperatura média diária a cada 10 dias a partir de 160 das;

X_{15} : Temperatura média diurna a cada 10 dias a partir de 160 das;

X_{31} : Umidade relativa média diária a cada 10 dias a partir de 160 das;

X₄₃: Precipitação (soma) a cada 10 dias a partir de 160 das.

A equação gerada foi testada para os dados da safra de 2008/2009 de progresso da MPC no município de Gavião Peixoto para a validação do modelo. A correlação entre a severidade observada no experimento e os dados previstos, que foram os determinados pela equação, não houve correlação ($R^2=0,1$).

Como o modelo gerado com os dados dos três municípios não foi validado para os dados de Gavião Peixoto, não há como, com os dados obtidos, gerar um único modelo que seja representativo para todos os municípios do estado de São Paulo. A dificuldade em se gerar um modelo, baseado em dados de campo, que atendam o estado provavelmente está relacionado à grande amplitude climática observada entre os municípios. Normalmente, as equações geradas são oriundas de trabalhos desenvolvidos em câmara de crescimento, em condições controladas. No caso para a implementação de um sistema de previsão da expressão dos sintomas da MPC, com dados gerados em condição de campo, deve-se adotar equações regionais.

Os sintomas da MPC, especialmente os do tipo mancha dura, normalmente se mostram mais evidentes a partir das fases iniciais de maturação dos frutos (KOTZÉ, 1981). A magnitude da expressão dos sintomas, contudo, mostra-se relacionada com as fases subsequentes de desenvolvimento e maturação dos frutos. Entretanto, no Brasil, os sintomas de MPC tornam-se mais expressivos nos meses mais quentes da primavera e do verão, sendo dessa forma mais pronunciados nas variedades de maturação tardia (FEICHTENBERGER et al., 2005).

Para o município de Barretos os fatores climáticos relevantes no modelo são temperatura média diária e diurna e umidade relativa. Nesta região onde predomina o clima tropical chuvoso, onde no mês mais frio a temperatura média é superior a 18°C, a temperatura exerce um papel fundamental. Nesta região onde as temperaturas são mais

altas há um maior desenvolvimento dos sintomas conforme demonstrado nas curvas de progresso da doença para este município.

Dessa forma, torna-se evidente que, mais que propriamente a fase de maturação dos frutos, o ambiente tem impacto mais relevante (KRAJEWISK & RABIE, 1995). Além disso, a maior severidade de sintomas da MPC normalmente está associada à elevação de temperatura por ocasião da maturação dos frutos, maior estresse hídrico e debilidade das plantas (KOTZÉ, 1981).

Em Pedranópolis onde o clima é caracterizado como tropical de altitude, com chuvas no verão e seca no inverno, além da temperatura e umidade relativa, o molhamento foliar também é fundamental no modelo de previsão de doenças, tendo em vista que nessas regiões os períodos de molhamento prolongam-se por boa parte da manhã, deixando a planta mais exposta ao efeito do molhamento e favorecendo a disseminação do patógeno.

2.4. Conclusão

- Nas condições do estudo as variáveis climáticas temperatura média do dia, temperatura média diária, umidade relativa, precipitação, molhamento foliar e temperatura média durante o molhamento foliar influenciaram na expressão dos sintomas da MPC.
- Os modelos de favorabilidade para a expressão dos sintomas da MPC individualizados podem ser utilizados nas regiões Norte, Noroeste e Sudoeste do estado de São Paulo para a construção de mapas de zonas de risco no Estado de São Paulo, porém os mesmos não podem ser extrapolados.

2.5. Referências

AGUIAR, R.L. **Produção de anticorpo policlonal para caracterização de *Phyllosticta citricarpa* em tecidos lenhosos de citros**. 2011. 66f. Tese (Doutorado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2011.

ALCOBA, N.J.; VIGIANI, A.R.; BEJARANO, N.V.; ALVAREZ, S.E.; SERRANO, M.A.; BONILLO, M.C. **Mancha negra de los cítricos: Epidemiología y control**. San Salvador de Jujuy: Ediciones Universidad Nacional de Jujuy. 2000, 56p.

ALMEIDA, T.F. **Mancha preta dos citros: Expressão dos sintomas em frutos pela inoculação com conídios e controle do agente causal (*Guignardia citricarpa*)**. 2009. 66f. Tese (Doutorado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2009.

ANDRADE, A.G.; PIMENTA, A.A.; GOES, A. Influência do alinhamento de plantio na severidade da mancha preta dos citros, produção e qualidade do suco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 31, n. 4, p. 1033-1041, 2009.

BENATO, E.A. Indução de resistência no controle de doenças pós colheita: frutas e hortaliças. In: REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE INDUÇÃO DE RESISTÊNCIA EM PLANTAS CONTRA FITOPATÓGENOS, 1, 2002, São Pedro. **Resumos**, São Pedro: 2002. p.29-31

FEICHTENBERGER, E.; BASSANEZI, R.B.; SPÓSITO, M.B.; BELASQUE, Jr.. Doenças do citros. In: KIMATI, H., AMORIM, L.; REZENDE, J.A.M.; BERGAMIM FILHO, A.; CAMARGO, L.E.A. (Ed.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. 4 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, v.2, p.239-269, 2005.

FUNDECITRUS. **Manual técnico sobre pinta preta**. Araraquara: Fundo Paulista de Defesa da Citricultura, 1998. 10p. (Boletim Técnico).

GOES, A.; BALDASSARI, R.B.; FEICHTENBERGER, E.; AGUILAR-VILDOSO, C.I.; SPÓSITO, M.B. Cracked spot, a new symptom of citrus black spot in Brazil. **Proceedings of the International Society of Citriculture**, Orlando, Florida, p.1001-1002, 2000.

JEFFRIES, P.; DODD, J.C.; JEGER, M.J.; PLUMBIEY, R.A. The biology and control of *Colletotrichum* species on tropical fruits crop. **Plant Pathology** 39: 346-366.1990.

KRAJEWISK, A.J.; RABIE, E. Citrus flowering: a critical evaluation. **Journal of Horticultural Science**, London, v.70, n.3, p.357-374, 1995.

KOTZÉ, J.M. Epidemiology and control of citrus black spot in South África. **Plant Disease**, v.65, n.12, p.945-950, 1981.

LOPES, M.V. **Mapas de zona de risco de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo**. 2007. 46f. Dissertação (Mestrado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

SPÓSITO, M. B.; AMORIM, L.; BELASQUE JUNIOR, J.; BASSANEZI, R. B.;
AQUINO, R. de. Elaboração e Validação de Escala Diagramática para Avaliação da
Severidade da Mancha Preta em Frutos Cítricos. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, DF,
v. 29, n. 1, p. 81-85, 2004.

CAPÍTULO 3 – MAPAS DE ZONA DE RISCO DE EXPRESSÃO DOS SINTOMAS DA MANCHA PRETA DOS CITROS

RESUMO - O objetivo do presente trabalho foi analisar as condições climáticas do estado de São Paulo para desenvolver mapas de zonas de risco de expressão dos sintomas da mancha preta dos citros. Foram utilizados dados meteorológicos referentes às safras 2003/2004 e 2004/2005, os quais foram utilizados os modelos de previsão determinados de acordo com a expressão dos sintomas da doença para os municípios de Barretos, Pedranópolis e Taquarituba. A frequência dos dados foi horária e após a contabilização dos índices, foram calculadas as porcentagens de dias favoráveis à ocorrência dos sintomas durante a safra e em períodos pré-definidos. A partir destas informações, foram gerados os mapas temáticos do Estado de São Paulo, com a distribuição espacial da porcentagem de dias não favoráveis, favoráveis e muito favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros. Os mapas de favorabilidade da mancha preta dos citros gerados com dados de campo apresentam as regiões Norte, Central e Sudeste do estado de São Paulo com as maiores porcentagens de dias favoráveis à expressão dos sintomas da doença. Toda região citrícola do estado de São Paulo encontra-se em condições climáticas favoráveis a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros.

Palavras Chave: *Guignardia citricarpa*, zoneamento agroclimático, Mapas temáticos, Favorabilidade.

3.1. Introdução

A mancha preta dos citros (MPC), cujo agente causal é o fungo *Guignardia citricarpa* Kiely (anamorfo *Phyllosticta citricarpa* McAlpine 1973), é caracterizada por lesões na casca de frutos de laranjas doces, limões, tangerinas e seus híbridos, o que os tornam depreciados para o mercado de fruta fresca. Quando o ataque é severo, é possível observar lesões também em ramos e folhas. Os diferentes tipos de lesões causadas pela doença ficam restritos ao albedo e não afetam a qualidade interna dos frutos. A MPC pode também causar a queda prematura dos frutos, o que reduz significativamente a produção (KLOTZ, 1978; SPÓSITO, 2003).

O fato das condições climáticas exercerem papel significativo na incidência de pragas e doenças, tanto em relação ao seu desenvolvimento quanto à sua disseminação, faz com que o clima possa ser considerado um elemento importante no auxílio ao controle fitossanitário. O conhecimento do microclima de um pomar é fundamental no controle de pragas e doenças, pois através dele pode-se aplicar práticas agrícolas que ofereçam um manejo mais adequado a cultura (GILHAM, 1968; AYOADE, 1986).

A influência do clima nas doenças se faz principalmente sob a influência de períodos de molhamento favoráveis à ocorrência de epidemias e da temperatura durante este período (BERGER, 1989; BERGAMIN FILHO & AMORIM, 1996). Uma rede de estações meteorológicas pode servir de base para elaborar mapas de zonas de risco de epidemias para definir um zoneamento agroclimático (CARAMORI et al., 1994; PUGSLEY et al. 2001). No caso de doenças de plantas, os mapas de zonas de risco acoplados aos modelos de simulação, podem ser úteis para indicar áreas geográficas ou até mesmo, épocas do ano mais favoráveis à ocorrência de epidemias.

Sistemas podem ser utilizados para verificar se as condições meteorológicas estão favoráveis à ocorrência de infecção por patógenos. Normalmente são baseados na

combinação da ocorrência de condições biológicas e meteorológicas que afetam o desenvolvimento da doença em plantas (KRAUSE et al., 1975; FRY, 1982; JOHNSON, 1987; FERNANDES, 1996). Estes sistemas podem ser usados para prever o tempo provável de início ou de aumento rápido da doença, ou então para identificar períodos em que os patógenos estão relativamente inativos (CAMPBELL & MADDEN, 1990; TRAVIS & LATIN, 1991).

No caso específico da citricultura estes mapas de zonas de risco podem ser muito úteis em casos de expansão de área, assim como nas migrações como é a tendência em função de diferentes doenças da cultura (NEVES et al., 2007).

Neste sentido, o objetivo do trabalho foi analisar as condições climáticas do estado de São Paulo e desenvolver mapas de zonas de risco para expressão dos sintomas da mancha preta do citros.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Região de estudo e obtenção dos dados

Trabalhou-se com dados meteorológicos de três regiões produtoras de citros do estado de São Paulo (Tabela 1). Destas regiões foram analisados os dados de seis estações meteorológicas de microrregiões, fornecidos pelo Instituto Agrônomo (IAC) e cedidos pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus).

Tabela 1 – Micro-regiões produtoras de citros do Estado de São Paulo divididas em três regiões principais.

Regiões	Microrregiões
Região 1	Auriflama, Jales e Votuporanga
Região 2	Barretos
Região 3	Tatuí e Campinas

No desenvolvimento do modelo de previsão de expressão da MPC foram utilizados os dados meteorológicos referentes às Safras 2003/2004 e 2004/2005 de cada micro-região. A frequência dos dados obtidos nas estações meteorológicas foi horária e quando alguma estação apresentava falha na série de dados, os mesmos foram extrapolados pela utilização de método empírico, da distância Euclidiana, sendo substituídos pelos dados da estação mais próxima (Tabela 2).

Tabela 2 - Relação de estações, falhas ocorridas e forma de correção dos dados adotada.

Ano	Município	Falha	Correção
2003	Votuporanga	Temperatura negativa	Cópia de Santa Fé
2004	Auriflama	Julho sem temperatura	Cópia de Adamantina
2005	Auriflama	UR 100% no mês 12	Cópia de Jales

Os dados cartográficos para a geração dos mapas foram obtidos junto ao Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). A malha utilizada para a geração dos mapas foi a de microrregiões do estado de São Paulo.

Após a obtenção dos índices de favorabilidade, foram calculadas as porcentagens de dias favoráveis à ocorrência da doença no período das duas safras. A partir destas informações, foram gerados os mapas temáticos, com a distribuição espacial da porcentagem de dias não favoráveis, favoráveis e muito favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros.

3.2.2. Índice de Favorabilidade

Baseando-se nos dados de severidade da MPC e nas condições climáticas obtidas na cultura dos citros, variedade ‘Valência’, durante as safras 2007/2008 e 2008/2009

para os municípios de Pedranópolis, Barretos e Taquarituba, localizados no estado de São Paulo, foram realizadas análises de regressão múltipla entre a severidade da doença e os parâmetros climáticos.

Os parâmetros climáticos analisados foram: temperatura do ar (média diária; média diurna, para o período das 6:00h as 17:30h e média durante as horas de molhamento foliar), número de horas de molhamento foliar (somatória diária), umidade relativa do ar (média diária e média diurna, para o período das 6:00h as 17:30h) e precipitação (somatória diária).

De posse dos modelos, foram utilizados para a região 1 o modelo obtido para o município de Pedranópolis, para a região 2 o modelo obtido para o município de Barretos e para a região 3 o modelo obtido para o município de Taquarituba, descritos abaixo.

Região 1: Auriflama, Jales e Votuporanga

$$Y = -1,29 - 0,4 X_9 + 0,29 X_{13} + 0,05 X_{29} + 0,08 X_{41} - 0,01 X_{45} + 0,07 X_{49}$$

Em que:

X_9 : Temperatura média diária;

X_{13} : Temperatura média diurna;

X_{29} : Umidade relativa média diária;

X_{41} : Precipitação (soma);

X_{45} : Molhamento foliar (soma);

X_{49} : Temperatura média durante o molhamento foliar.

Região 2: Barretos

$$Y = -10,37 - 1,93 X_{12} + 1,80 X_{16} + 0,13 X_{32}$$

Em que:

X_{12} : Temperatura média diária;

X_{16} : Temperatura média diurna;

X_{32} : Umidade relativa média diária

Região 3: Tatuí e Campinas

$$Y = -0,22 + 0,02 X_{12} + 0,03 X_{16} - 0,007 X_{32} + 0,01 X_{36} - 0,002 X_{52}$$

Em que:

X_{12} : Temperatura média diária;

X_{16} : Temperatura média diurna;

X_{32} : Umidade relativa média diária;

X_{36} : Umidade relativa média diurna;

X_{52} : Temperatura média durante o molhamento foliar.

Considerando-se não favoráveis os valores de severidade iguais a zero, favoráveis, valores maiores que 0 e menores que 2,9 e muito favoráveis os valores acima de 3,0. Foram gerados mapas de favorabilidade levando em consideração o período de setembro de 2003 a agosto de 2004 e de setembro de 2004 a agosto de 2005, que compreende desde o período da florada até próximo a colheita, quando a fenologia da planta permite a expressão dos sintomas da doença.

Foram obtidos três mapas para a Safra, 2003/2004 e três mapas para a safra 2004/2005, sendo o primeiro mapa apresentando a porcentagem de dias Não Favoráveis a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros, e outro para a porcentagem de dias Favoráveis e um terceiro para a porcentagem de dias Muito Favoráveis a doença em cada uma das regiões estudadas.

Além disso, foram elaborados dois mapas para a Safra 2003/2004 e dois mapas para a Safra 2004/2005 com a porcentagem de dias favoráveis e muito favoráveis para o Estado de São Paulo.

3.3. Resultados e discussão

A região 1 que compreende os municípios de Auriflama, Jales e Votuporanga possui a maior porcentagem de dias não favoráveis a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros (Figuras 1, 2 e 3). Nessa região a doença se instalou recentemente e durante as Safras 2007/2008 e 2008/2009 a expressão dos sintomas em Pedranópolis que faz parte da região estudada, se manifestou de forma menos expressiva que em outros municípios estudados, por este motivo verifica-se que apesar da região 1 obter condições climáticas mais favoráveis do que a região 2, há maior porcentagem de dias não favoráveis a doença.

Ainda na Safra 2003/2004 as regiões 2 e 3 apresentaram maior número de dias favoráveis a doença, destacando-se a região de Barretos que apresentou 35% dos dias muito favoráveis a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros e Campinas que apresentou 100% dos dias favoráveis a doença.

Para visualização das zonas favoráveis e muito favoráveis são apresentados nas Figuras 4 e 5 os mapas para o estado de São Paulo na Safra 2003/2004 onde foram considerados os modelos dentro das respectivas regiões, e onde não haviam dados o programa Map Info utilizou o interpolador IDW (Inverse Distance Weighting). O IDW é uma interpolação simples, que leva em conta a distância para calcular os valores nas regiões onde não existem dados.

Em São Paulo a mancha preta foi constatada em 1992, nos municípios de Conchal e Engenheiro Coelho (GOES & FEICHTENBERGER, 1993). Segundo Feichtenberger

(1996) e Goes (1998), a doença era encontrada de forma endêmica em toda a região citrícola de Limeira.

Hoje se sabe, porém que, a mancha preta encontra-se disseminada por praticamente todo o Estado de São Paulo, e como demonstrado por Lopes, 2007, durante a Safra 2003/2004 as regiões Sul e Sudeste do estado de São Paulo apresentaram maior porcentagem de dias favoráveis a doença quando analisada a favorabilidade da ocorrência da mancha preta dos citros tendo como base as condições climáticas favoráveis para a formação de apressórios do fungo *Guignardia citricarpa*.

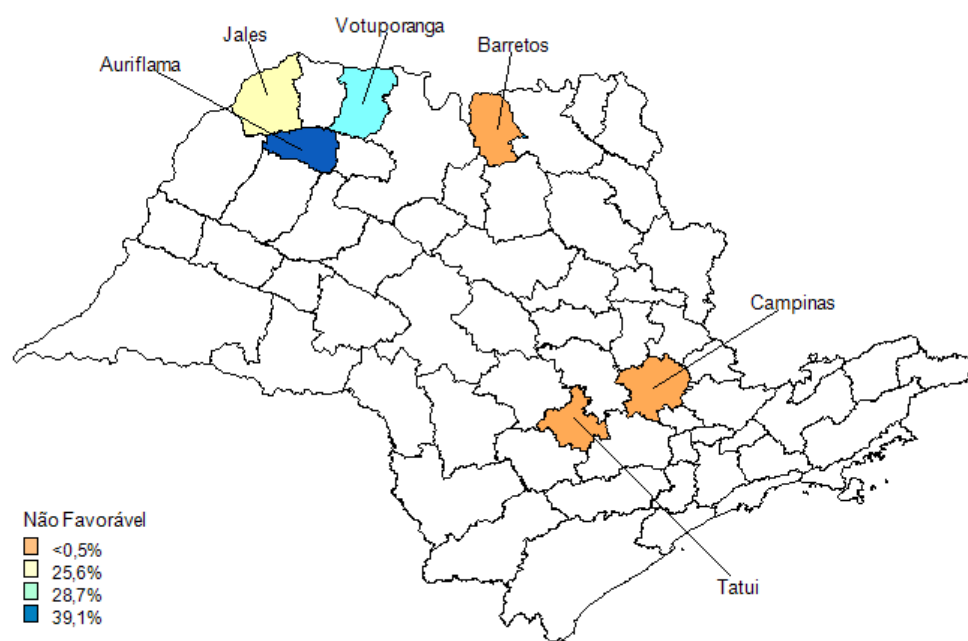


Figura 1 - Porcentagem de dias Não Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros em 3 regiões do Estado de São Paulo durante a Safra 2003/2004.

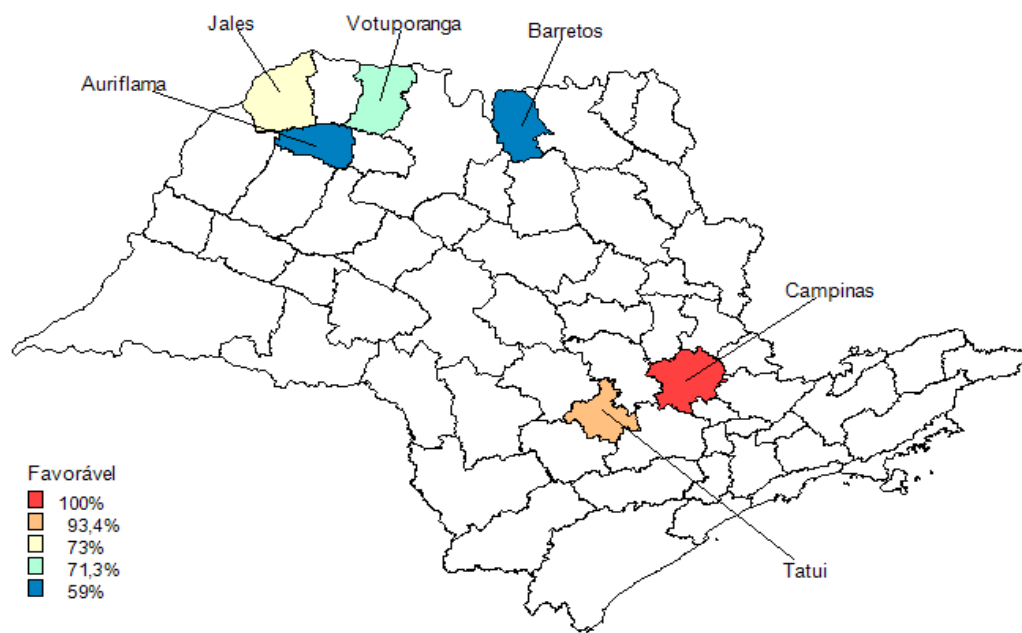


Figura 2 - Porcentagem de dias Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros em 3 regiões do Estado de São Paulo durante a Safra 2003/2004.

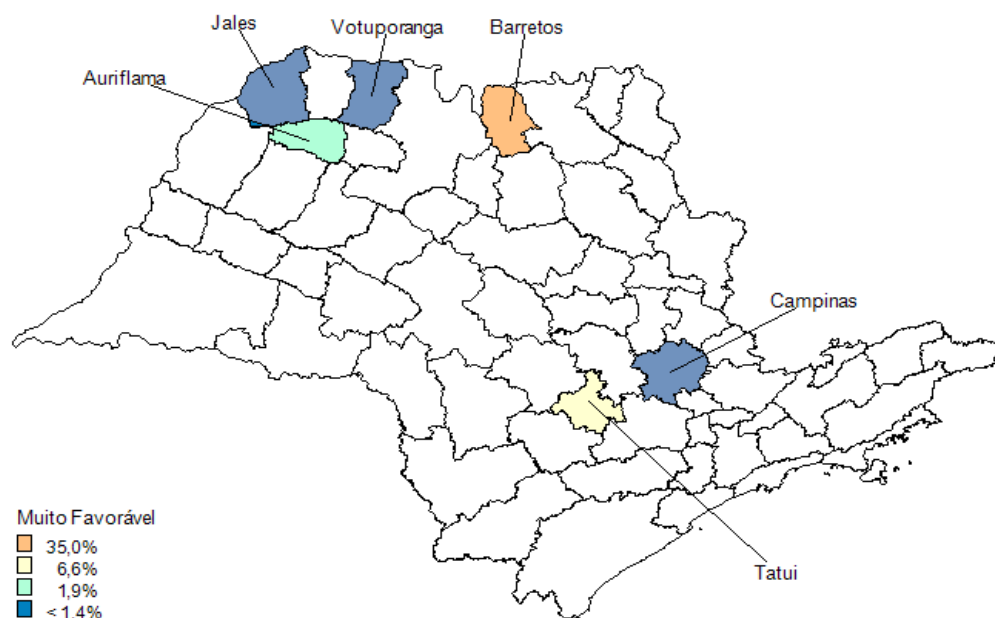


Figura 3 - Porcentagem de dias Muito Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros em 3 regiões do Estado de São Paulo durante safra 2003/2004.

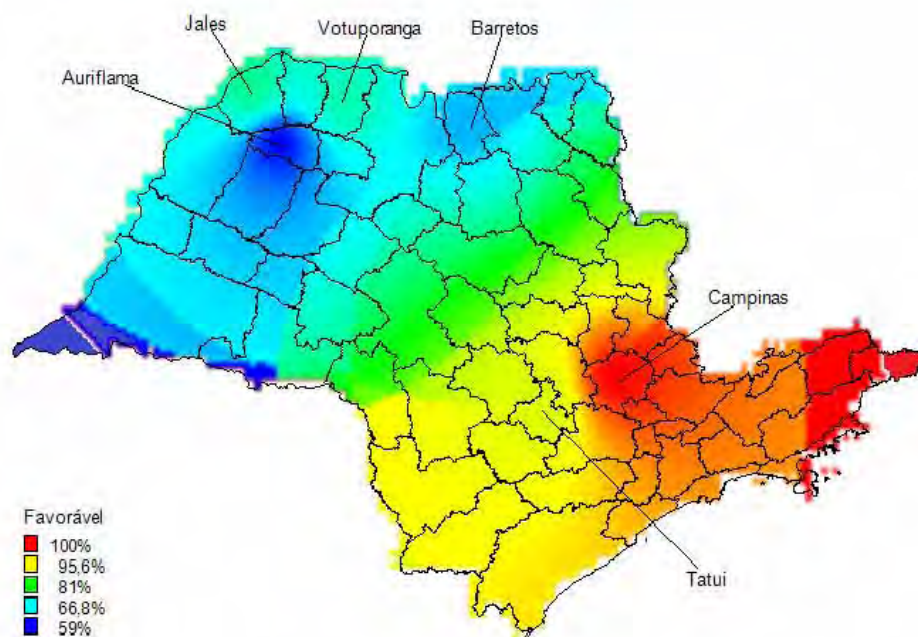


Figura 4 - Porcentagem de dias Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros no Estado de São Paulo durante safra 2003/2004.

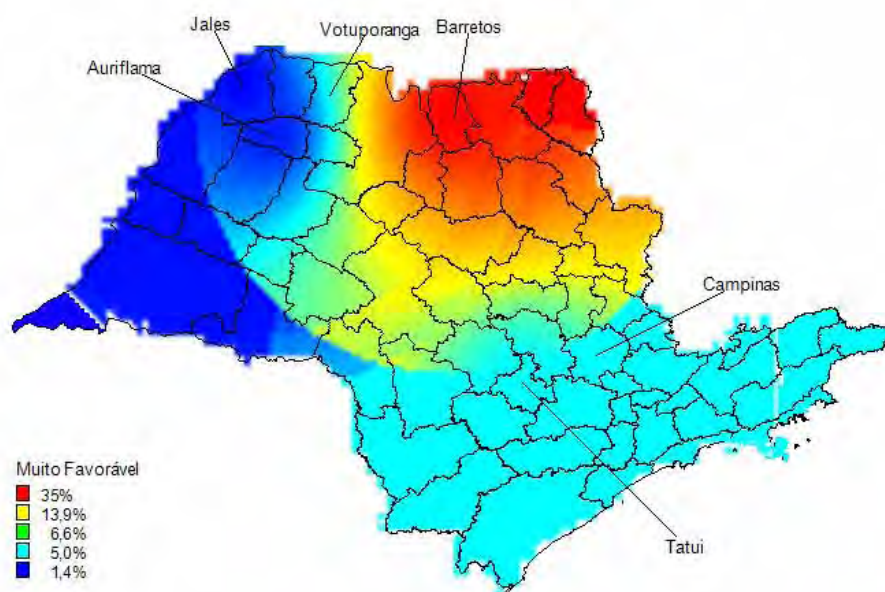


Figura 5 - Porcentagem de dias Muito Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros no Estado de São Paulo durante safra 2003/2004.

As Figuras 6, 7 e 8 demonstram o mapa com a favorabilidade estimada para a Safra 2004/2005, onde constata-se um decréscimo na porcentagem de dias favoráveis para a região 1 quando comparada a Safra 2003/2004 para Auriflama, Jales e Votuporanga que apresentavam valores de 60,9; 74,4 e 71,3% respectivamente e na Safra 2004/2005 passaram a 51,3; 66,3 e 51,5% respectivamente. Este fato é advindo da mudança climática entre uma safra e outra.

Por isso a análise de favorabilidade e os modelos de previsão de doença tornam-se ferramentas de extrema importância, pois com a redução da favorabilidade em torno de 12,5% na região 1, estima-se uma redução na severidade da expressão dos sintomas da mancha preta dos citros, que durante esta Safra a análise que favorabilidade poderia auxiliar de forma antecipada a melhor tomada de decisão junto ao produtor.

As regiões 2 e 3 mesmo durante a Safra 2004/2005 apresentaram alta porcentagem de dias favoráveis (Figuras 9 e 10) a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros assim como na Safra 2003/2004.

Historicamente nestas regiões há alta favorabilidade a expressão dos sintomas da doença, tendo em vista que o primeiro foco da doença foi detectado na região de Limeira como anteriormente citado.

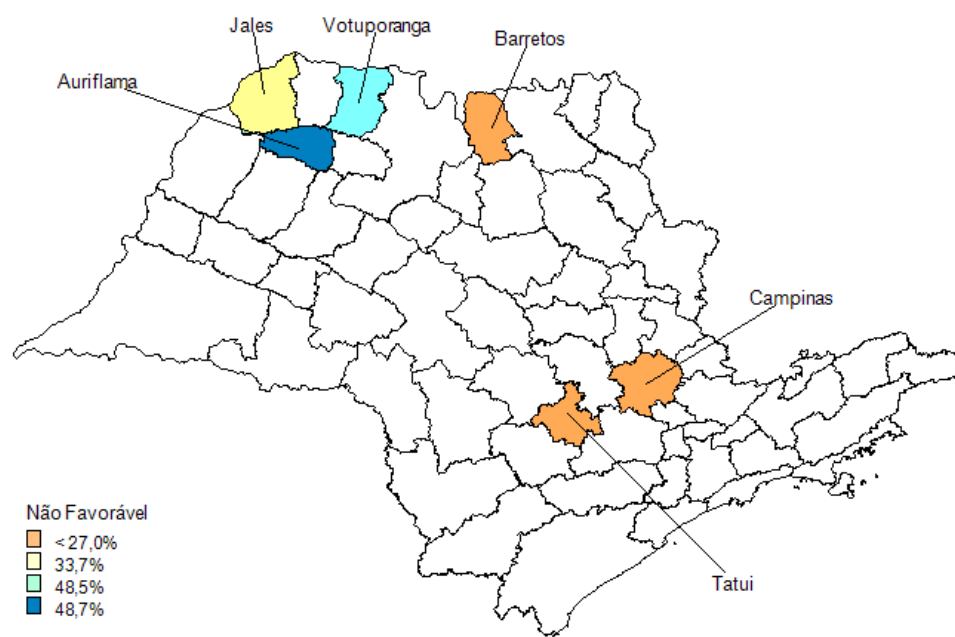


Figura 6 - Porcentagem de dias Não Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros em 3 regiões do Estado de São Paulo durante a safra 2004/2005.

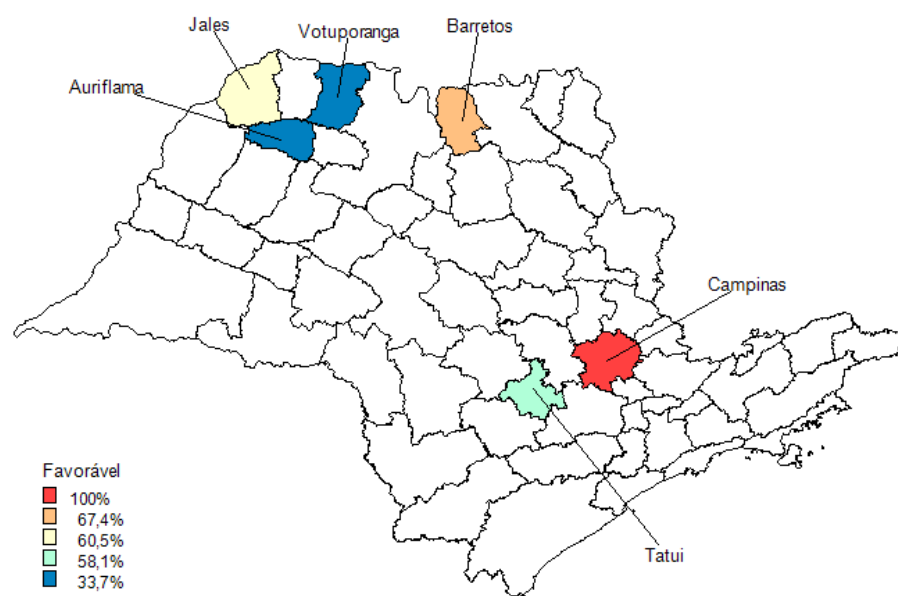


Figura 7 - Porcentagem de dias Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros em 3 regiões do Estado de São Paulo durante a safra 2004/2005.

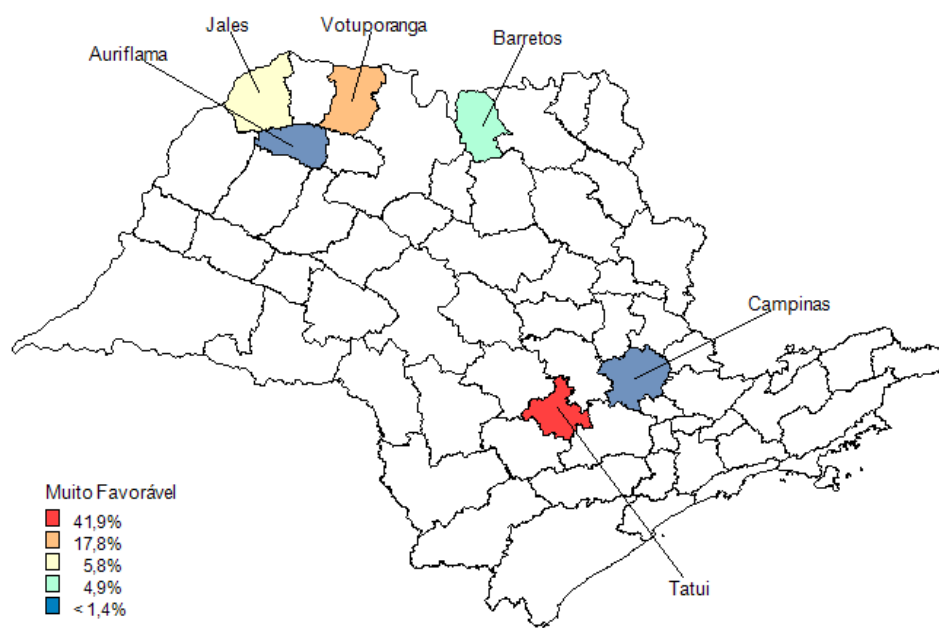


Figura 8 - Porcentagem de dias Muito Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros em 3 regiões do Estado de São Paulo durante a safra 2004/2005.

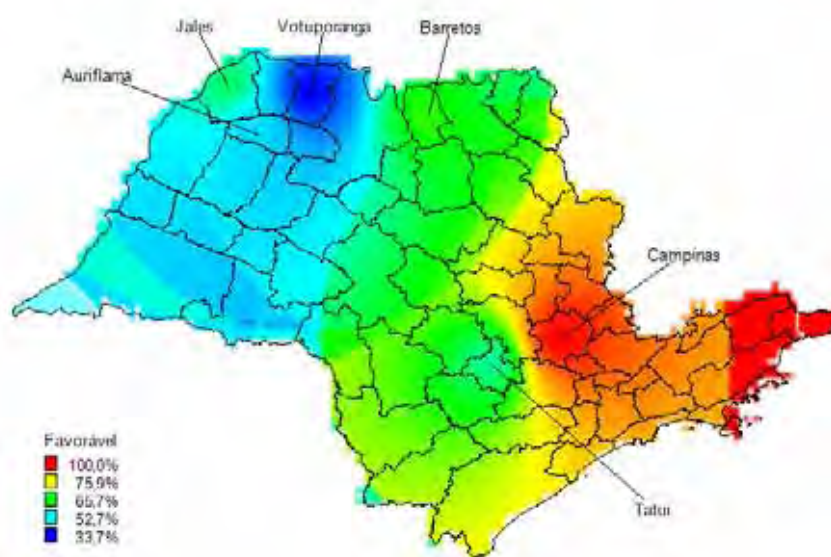


Figura 9 - Porcentagem de dias Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros no Estado de São Paulo durante a safra 2004/2005.

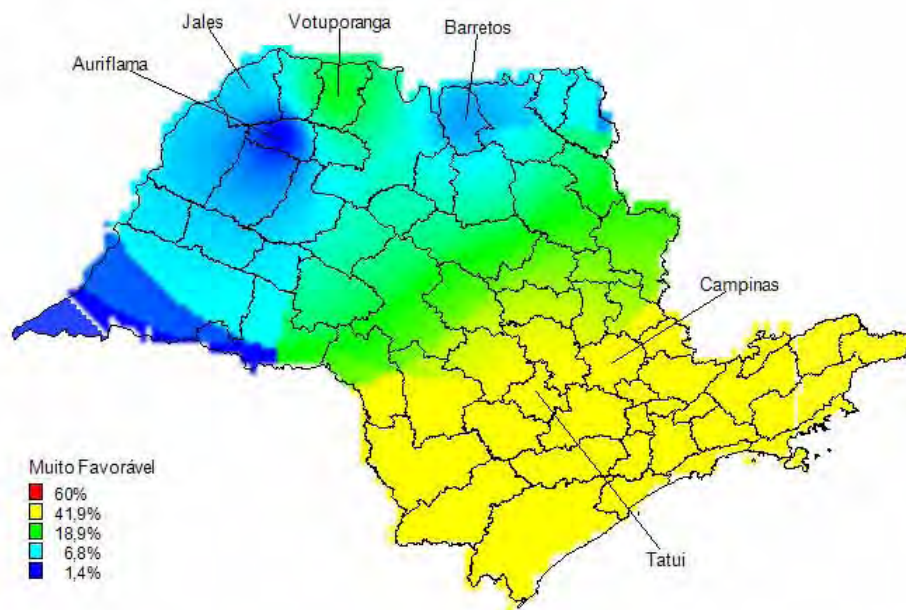


Figura 10- Porcentagem de dias Muito Favoráveis à expressão dos sintomas da mancha preta dos citros no Estado de São Paulo durante a safra 2004/2005.

Entretanto, a cada dia mais se tornam necessários nos estudos agrometeorológicos a disponibilidade de dados climáticos diários. No entanto, séries históricas de dados diários de precipitação, temperatura e umidade relativa não estão disponíveis ou quando estão apresentam falhas ou dados faltantes, os quais limitam o uso dessa importante informação (JEFFREY et al., 2001).

Para uma maior precisão dos mapas de zonas de risco, talvez fosse necessária uma base mais ampla de dados, de preferência com 30 anos, para a criação de um zoneamento mais preciso de modo que seja uma ferramenta de planejamento (PRADO, 2006).

No caso específico da citricultura estes mapas de zonas de risco podem ser muito úteis em casos de expansão de áreas, assim como nas migrações em função da necessidade de substituição de porta-enxerto para controle, por exemplo, da Morte Súbita dos Citros (MSC). Normalmente os novos porta-enxertos necessitam de irrigação

ou plantio em regiões com maior pluviosidade. Assim, seria de grande utilidade os mapas de zonas de risco, mesmo fora da região tradicionalmente citrícola.

É importante ressaltar que os mapas de zona de risco de doenças sempre são construídos a partir de modelos obtidos de dados analisados sob condições de controladas em câmaras de crescimento, diferentemente deste estudo que elaborou os mapas de zona de risco utilizando-se os dados de condições estudadas a nível de campo.

Desta forma mais estudos devem ser realizados para analisar as zonas de risco da ocorrência e expressão dos sintomas das doenças dos citros, sobretudo com associado a outras práticas de manejo e controle de doenças.

3.4. Conclusões

Os mapas de zona de risco da mancha preta dos citros gerados com os dados de campo apresentam a região Norte, central e Sudeste do estado de São Paulo com a maior porcentagem de dias favoráveis à expressão dos sintomas da doença.

Toda região citrícola do estado de São Paulo encontra-se em condições climáticas favoráveis a expressão dos sintomas da mancha preta dos citros.

3.5. Referências

AYOADE, J.O. Introdução à Climatologia para os Trópicos. Tradução Maria Juraci Zani dos Santos. São Paulo: Difel. 1986.

BERGAMIN FILHO, A.; AMORIM, L. **Doenças de plantas tropicais: epidemiologia e controle econômico**. Editora agronômica Ceres Ltda. São Paulo, 1996. 299p.

BERGER, R.D. Description and application of some general models for plant disease epidemics. In: LEONARD, K.J.; FRY, W.E. **Plant disease epidemiology – genetics, resistance and management**. McGraw-Hill, 1989, v.2, p.125-49.

CAMPBELL, C.L.; MADDEN, L.V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York. John Willey, 1990. p.329-52.

CARAMORI, P.H.; OLIVEIRA, D.; FARIA, R.T. Sistema de Monitoramento Agroclimático do Estado do Paraná In: Congresso Brasileiro de Meteorologia, 8; 1994, Belo Horizonte. (**Anais...**)

FEICHTENBERGER, E. Mancha-preta dos citros no Estado de São Paulo. **Laranja**, v.17, p.93-108, 1996.

FERNANDES, J.M. Manejo de pragas e doenças e a superestrada da informação: situação atual e perspectivas. In: Seminário sul-brasileiro de informática na agricultura, 1; 1996, Passo Fundo. p.24-29. (**Anais...**)

FRY, W.E. Disease forecasting: Epidemiological considerations. In: **Principles of plant disease management**. New York, Academic Press, 1982. p.105-25.

GOES, A. Controle da mancha-preta dos frutos cítricos. **Laranja**, v.9, p.305-320, 1998.

GOES, A. de; FEICHTENBERGER, E. Ocorrência da mancha preta causada por *Phyllosticta citricarpa* (McAlp) Van der Aa (*Guignardia citricarpa* Kiely) em pomares cítricos do estado de São Paulo. **Fitopatologia Brasileira**, v.18, p.138, 1993. Suplemento.

GILLHAM, F.E.M. Climate, pests and agriculture. In: UNESCO (Coord.). **Agroclimatological Methods**. Paris:UNESCO. 1968, p.131-138

JEFFREY, S.J.; CARTER, J.O.; MOODIE, K.B.; BESWICK, A.R. Using spatial interpolation to construct a comprehensive archive of Australian climate data. **Environmental Modeling & Software**, Oxford, v.16, p. 309-330, 2001.

JONHSON, K.B. The role of predictive systems in disease management. In: TENG, P.S. **Crop loss assesment and pest management**. APS Press, 1987. 176-90 p.

KLOTZ, L.J. Fungal, bacterial, and nonparasitic diseases and injuries originating in the seedbed, nursery, and orchard. In: REUTHER, W.; CALAVAN, E.C.; CARMAN, G.E. (Ed.). **The citrus industry**. Riverside: University of California, 1978. v.4, p.1-66.

KRAUSE, R.A.; MASSIE, L.B.; HYRE, R.A. Blitecast: a computerized forecast of potato late blight. **Plant Disease Reporter**, v.59, p.95-98, 1975.

LOPES, M.V. **Mapas de zona de risco de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo**. 2007. 46f. Dissertação (Mestrado em agronomia, Produção Vegetal.) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2007.

NEVES, M.F.; LOPES, F.F.; TROMBIN, V.G.; AMARO, A.A.; NEVES, E.M.; JANK, M.S. **Caminhos para a citricultura**. 1 ed. São Paulo. Editora Atlas, p.114, 2007.

PRADO, T.A. Metodologia para o zoneamento de risco climático de ocorrência de requeima do tomateiro. 2006. 53f. Trabalho de Graduação (Agronomia) – Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PUGSLEY, L., CRUVINEL, P.E., CARAMORI, P.H. New agroclimatic digital images classification system and risk zone mapping. Brazilian Symposium on Computer Graphics and Image Processing, 14; 2001. p.237-244. (**Proceedings...**)

SPÓSITO, M.B. **Dinâmica temporal e espacial da mancha-preta (*Guignardia citricarpa*) e quantificação dos danos causados à cultura dos citros**. 2003. 112p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba.

TRAVIS, J.W.; LATIN, R.X. Development, implementation, an adoption of expert systems in plant pathology. **Annual Review of Phytopathology**, v.19, p.343-60, 1991.