

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM
CONTROLE DE DOENÇAS E PRAGAS DOS CITROS**

LUIZ FERNANDO BAENNINGER CATAPANI

**Relação da mancha preta dos citros com danos e influência de
variáveis do controle químico na intensidade da doença**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
Citricultura como parte dos requisitos para obtenção
do título de Mestre em Fitossanidade

Orientador: Dr. Geraldo José da Silva Junior

**Araraquara
Dezembro 2015**

LUIZ FERNANDO BAENNINGER CATAPANI

**Relação da mancha preta dos citros com danos e influência de
variáveis do controle químico na intensidade da doença**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da
Citricultura como parte dos requisitos para
obtenção do título de Mestre em Fitossanidade

Orientador: Prof. Dr. Geraldo José da Silva Junior

**Araraquara
Dezembro 2015**

LUIZ FERNANDO BAENNINGER CATAPANI**Relação da mancha preta dos citros com danos e influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença**

Dissertação apresentada ao Fundo de Defesa da Citricultura – Fundecitrus, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Fitossanidade.

Araraquara, 18 de dezembro de 2015.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Geraldo José da Silva Junior (orientador)
Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, SP

Prof. Dr. Renato Beozzo Bassanezi
Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, SP

Prof. Dr. Fernando Alves de Azevedo
Centro de citricultura “Sylvio Moreira”/IAC, Cordeirópolis, SP

DEDICO

Aos meus pais, Tite e Cristina. Às minhas irmãs e maridos, Flávia e Rodrigo, Patricia e Guilherme. Aos meus sobrinhos Rafael e Pedro.

Especialmente à minha esposa Tatiana, pelo companheirismo e dedicação à nossa família.

OFEREÇO

Aos meus filhos Henrique, Vicente e Laura

AGRADECIMENTOS

Ao meu orientador, pesquisador e professor Dr. Geraldo José da Silva Junior pela amizade, orientação e incentivo na realização deste trabalho.

Ao Antonio Juliano Ayres, pela amizade e incentivo em realizar o curso de mestrado no Fundecitrus.

Aos pesquisadores e professores do Fundecitrus, André Signoretti, Franklin Behlau, Marcelo P. Miranda, Marcelo S. Scapin, Nelson A. Wuff, Renato B. Bassanezi, Silvio A. Lopes e Viviani V. Marques.

Ao Prof. José Carlos Barbosa, pela contribuição valiosa para a realização das análises estatísticas.

Ao Prof. Dr. José Belasque Junior pelos ensinamentos.

Aos funcionários do Fundecitrus pela dedicação à instituição.

Aos colegas de mestrado pela amizade, companheirismo e aprendizado.

EPÍGRAFE

“Stay hungry, stay foolish.”

Steve Jobs

Relação da mancha preta dos citros com danos e influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença

Autor: Luiz Fernando Baenninger Catapani

Orientador: Dr. Geraldo José da Silva Junior

Resumo

A mancha preta dos citros (MPC), causada pelo fungo *Phyllosticta citricarpa*, é uma das doenças mais importantes dos citros. Os sintomas depreciam o valor das frutas frescas e causam a queda prematura dos frutos, reduzindo a produção. O controle químico é a principal estratégia de manejo e, diferentes variáveis podem interferir na sua eficiência. A relação entre a intensidade da doença e as respectivas perdas de produção ainda não foi estabelecida para o patossistema *P. citricarpa*-citros. Este trabalho foi proposto com os objetivos de: i) determinar a relação entre a intensidade da mancha preta nos frutos e os danos causados pela doença sobre a produção e; ii) verificar quais variáveis associadas ao controle químico mais interferem na redução da intensidade da mancha preta nos frutos. Dados de nove campos experimentais conduzidos para o controle da MPC em pomares adultos de laranja ‘Valência’, entre as safras 2011/12 a 2014/15 foram utilizados. Nos diferentes campos um total de 88 diferentes tratamentos foram avaliados, alterando-se o número de pulverizações, intervalo entre aplicações de cobre ou estrobilurina, período de controle, volume de calda e dose de cobre ou estrobilurina. As variáveis incidência e severidade da MPC, queda de frutos e produção das plantas foram avaliadas. Os dados dos campos foram agrupados para as diferentes variáveis avaliadas e submetidos a duas análises, ajuste de modelos de regressão linear ou não-linear aos dados de intensidade da doença (variável independente) e danos (variável dependente), e regressão múltipla entre as variáveis do controle químico e a intensidade da doença. As relações entre incidência e severidade ($R^2=0,93$), incidência e queda ($R^2=0,35$), e severidade e queda ($R^2=0,52$) foram significativas e melhor representadas pelo modelo exponencial. Incidência ($R^2=0,28$) e queda de frutos ($R^2=0,67$) apresentaram relação linear negativa e significativa com produção. A relação entre severidade e produção foi significativa e representada pelo modelo logístico negativo ($R^2=0,49$). Dano na produção somente foi observado quando a planta apresentava, em média, severidade acima de 2,5%. O período de controle e as doses dos fungicidas foram as variáveis que mais interferiram na eficiência do controle químico da mancha preta em pomares adultos de laranja ‘Valência’.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, *Guignardia citricarpa*, severidade, incidência, perdas.

Citrus black spot-related loss and influence of chemical control variables on disease intensity

Author: Luiz Fernando Baenninger Catapani

Advisor: Dr. Geraldo José da Silva Junior

Abstract

Citrus black spot (CBS), caused by *Phyllosticta citricarpa*, is one of the most important citrus diseases. CBS symptoms depreciate the value of fresh fruit and cause premature fruit drop, reducing yield of the trees. Fungicide sprays is the main management strategy and different variables may interfere with its effectiveness. The relationship between CBS intensity and yield loss has not been established for the pathosystem *P. citricarpa*-citrus. This study aimed to: i) determine the relationship between the CBS intensity on fruits and the yield loss caused by the disease and; ii) determine which variables associated with chemical control interfere in reducing the CBS intensity on fruits. Data from nine field trials conducted to CBS control in adult orchards of Valencia sweet orange from 2011/12 to 2014/15 seasons were used. In different fields a total of 88 different treatments were evaluated by changing the number of sprays, interval between copper or strobilurin application, control period, spray volume and copper or strobilurin rates. The variables CBS incidence, CBS severity, premature fruit drop, and yield were evaluated. The data are pooled to different variables evaluated and subjected to two tests, fitting linear or non-linear regression models to data of CBS intensity (independent variable) and loss (dependent variable), and multiple regression between the variables of chemical control and CBS intensity. Positive relationships between incidence and severity ($R^2 = 0.93$), incidence and fruit drop ($R^2 = 0.35$), and severity and fruit drop ($R^2 = 0.52$) were significant and best represented by the exponential model. Incidence ($R^2 = 0.28$) and fruit drop ($R^2 = 0.67$) had a significant negative linear relationship with yield. The relationship between severity and yield was significant and represented by negative logistic model ($R^2 = 0.49$). Yield loss was only observed when the tree had on average severity above 2.5%. The control period and fungicide rates were the variables that most interfered with the efficiency of CBS chemical control in adult orchards of Valencia sweet orange.

Keywords: *Citrus sinensis*, *Guignardia citricarpa*, incidence, severity, damage.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Escala diagramática utilizada para a avaliação dos sintomas de mancha preta nos frutos, elaborada por Spósito et al. (2004).....8
- Figura 2.** Relação entre severidade máxima em função da incidência máxima de mancha preta dos citros. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados de nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo exponencial (A) e linear (B).....18
- Figura 3.** Queda prematura de frutos acumulada em função da incidência (A) ou severidade (B) máximas. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados de nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo exponencial.....20
- Figura 4.** Produção relativa em função da queda prematura de frutos (%) em plantas submetidas a diferentes tratamentos com controle químico da mancha preta dos citros. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados dos nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo linear (A) e exponencial (B).....22
- Figura 5.** Produção relativa em função da incidência máxima de mancha preta nos frutos em plantas submetidas a diferentes tratamentos com controle químico da mancha preta dos citros. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados dos nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo linear (A) e exponencial (B).....23
- Figura 6.** Produção relativa em função da severidade máxima da mancha preta dos citros em plantas de laranja doce ‘Valência’ submetidas à diferentes tratamentos com pulverização de

fungicidas. Pontos representam as produções relativas em função da severidade média de cada tratamento avaliado nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados em conjunto dos nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015, ajustados ao modelo logístico negativo.....25

Figura 7. Produção relativa em função da severidade máxima da mancha preta dos citros em plantas de laranja doce ‘Valência’ submetidas a diferentes tratamentos com pulverização de fungicidas. Pontos representam as produções relativas em função da severidade de cada tratamento avaliado nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados em conjunto dois nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015, ajustados aos modelos linear (A) e exponencial negativo (B).....26

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Descrição da idade, região do campo experimental e faixa de variação das diferentes variáveis analisadas nos nove campos experimentais de laranja doce ‘Valência’, localizados no estado de São Paulo, conduzidos entre as safras 2011/12 a 2014/15.....6
- Tabela 2.** Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da MPC, nos campos experimentais 1 e 2, em Mogi Guaçu, SP, nas safras de 2011/2012 e 2012/2013.....7
- Tabela 3.** Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 3, em Tambaú, SP, na safra de 2013/2014.....9
- Tabela 4.** Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 4, em Tambaú, SP, na safra de 2014/2015.....10
- Tabela 5.** Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 5, 6 e 7, em Mogi Guaçu, SP, nas safras de 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015.....11
- Tabela 6.** Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 8, em Américo Brasiliense, SP, na safra 2011/2012.....12
- Tabela 7.** Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 9, em Matão, SP, na safra 2013/2014.....13

Tabela 8. Parâmetros estimados pela regressão usando os modelos lineares com ou sem transformação log-log ou o modelo exponencial para ajuste aos dados de incidência <i>versus</i> severidade de mancha preta dos citros.....	17
Tabela 9. Parâmetros estimados pela regressão usando o modelo linear ou exponencial para ajuste aos dados de queda de frutos <i>versus</i> intensidade de mancha preta dos citros de diferentes campos experimentais.....	19
Tabela 10. Parâmetros estimados pela regressão usando o modelo linear ou exponencial para ajuste aos dados de produção relativa <i>versus</i> porcentagem de queda de frutos em plantas de diferentes campos experimentais.....	21
Tabela 11. Parâmetros estimados pela regressão usando o modelo linear ou exponencial para ajuste aos dados de produção <i>versus</i> intensidade de mancha preta de diferentes campos experimentais.....	22
Tabela 12. Parâmetros estimados pela regressão usando diferentes modelos para ajuste aos dados de produção e severidade de mancha preta dos citros de diferentes campos experimentais.....	24
Tabela 13. Coeficiente beta da análise multivariada para as variáveis associadas ao controle químico, número de pulverizações, intervalo entre aplicações de estrobilurina (dias), período de controle e período sem proteção (dias), volume de calda (mL/m ³) e doses de cobre e estrobilurina (mg/m ³) sobre a incidência e severidade (%) da mancha preta dos citros em pomares de laranja doce ‘Valência’	28

SUMÁRIO

Resumo	VI
Abstract.....	VII
LISTA DE TABELAS	X
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 MATERIAL E MÉTODOS.....	5
2.1 Banco de dados.....	5
2.2. Descrição dos campos experimentais.....	7
2.2.1 Campos experimentais 1 e 2.....	7
2.2.2 Campos experimentais 3 e 4.....	8
2.2.3 Campos experimentais 5, 6 e 7.....	10
2.2.4 Campo experimental 8.....	11
2.2.5 Campo experimental 9.....	13
2.3 Análise dos dados.....	14
2.3.1 Relação entre doença e danos à produção.....	14
2.3.2 Influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença.....	16
3 RESULTADOS.....	17
3.1 Relação entre mancha preta dos citros e danos à produção.....	17
3.1.1 Incidência e severidade.....	17
3.1.2 Intensidade da doença e queda de frutos.....	18
3.1.3 Queda de frutos e produção.....	20
3.1.4 Intensidade da doença e produção.....	22
3.2 Influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença.....	28
4. CONCLUSÕES.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O Brasil destaca-se como um dos grandes produtores de citros do mundo, sendo o estado de São Paulo o maior produtor do país. O PIB do setor citrícola foi de US\$6,5 bilhões em 2009, sendo um terço deste valor obtido com as exportações de suco. A cadeia citrícola gera 230 mil empregos diretos e indiretos (Neves et al., 2010). A citricultura ocupa uma área de 483 mil hectares no estado de São Paulo e Triângulo Mineiro em mais de 11 mil propriedades. O total de árvores no ano de 2015 foi de 198 milhões de plantas, incluindo as produtivas e ainda em formação (Fundecitrus, 2015).

Diferentes doenças têm causado impactos negativos significativos na citricultura brasileira, exigindo alto grau de especialização por parte de todos os profissionais que atuam na produção, e também gerando um alto risco ao negócio de forma geral. Dentre essas doenças merecem destaque o *huanglongbing* (HLB), cancro cítrico, morte súbita dos citros (MSC), podridão floral dos citros (PFC) e mancha preta dos citros (MPC) (Del Rovere, 2013; Feichtenberger et al., 2005).

A MPC foi descrita pela primeira vez em 1895 na Austrália onde chamou a atenção devido às consideráveis perdas em frutos de laranja doce (Sutton & Waterston, 1966). Na África do Sul a doença foi observada em 1925, causando grandes perdas (Doidge, 1929). A doença já foi relatada em importantes continentes produtores de citros como: América (Argentina, Brasil, Estados Unidos e Uruguai), Ásia (China) (Kotzé, 2000; EPPO, 2015) e África (África do Sul) (Paul et al., 2005). No Brasil a doença foi relatada em 1980, no estado do Rio de Janeiro (Robbs et al., 1980) e encontra-se presente em todas as regiões cítricas do Brasil, incluindo-se todos os estados das regiões Sul (Feichtenberger, 1996; Andrade et al., 2004; Caixeta et al., 2005), Sudeste (Costa et al., 2003; Baldassari et al., 2004) e Centro-Oeste (Scaloppi, 2010), no Amazonas (Gasparotto et al., 2004) e Rondônia (Vieira Junior et al., 2012) na região Norte e no estado da Bahia situado na região Nordeste (Silva et al., 2013). No estado de São Paulo, o primeiro relato da doença foi em 1993 em pomares no município de Conchal (Goes & Feichtenberger, 1993).

A MPC, causada pelo fungo *Phyllosticta citricarpa* (sin. *Guignardia citricarpa*) (Kiely, 1948), gera um grande impacto econômico à cultura dos citros no mundo, devido à redução da produção nos pomares causada pela queda prematura de frutos, depreciação dos frutos para o mercado interno de fruta fresca, inviabilização das exportações para a União Europeia, onde é considerada praga quarentenária A1, além de onerar os custos de produção devido às pulverizações e demais estratégias de manejo (Kotzé, 1981; Aguilar-Vildoso et al., 2002).

O agente causal da MPC possui dois tipos de inóculos: conídios e ascósporos (Kotzé, 1981; Spósito et al., 2011). Os ascósporos são produzidos nas folhas caídas em decomposição (McOnie, 1964; Kotzé, 2000). A produção dos ascósporos é favorecida pela alternância entre os períodos secos e úmidos (Kiely, 1948). Os ascósporos podem ser carregados pelo vento a distâncias de até 25 metros (Spósito et al., 2007). Os conídios são produzidos em lesões de frutos sintomáticos, nos ramos secos e nas folhas. Os conídios são formados em picnídios, e são disseminados por escorrimento de água no sentido descendente para outras partes da planta distante em até 77 cm da fonte de inóculo (Spósito et al., 2011).

A MPC possui um longo período de incubação após a infecção, uma vez que os sintomas aparecem, em sua maioria, a partir da fase de mudança de cor da casca de verde para laranja (Kotzé, 1981). Os frutos estão suscetíveis desde o início da sua formação no estágio de queda das pétalas das flores até o final da sua maturação. O período de incubação é variável, podendo ocorrer com menos de 40 dias até mais de 200 dias (Aguiar et al., 2012). A exposição dos frutos aos raios solares e temperaturas elevadas favorece a manifestação dos sintomas. Plantas velhas e estressadas apresentam mais sintomas do que as novas e não estressadas (Kotzé, 1981, 1988; Feichtenberger, 1996). Os sintomas podem ocorrer em folhas e frutos. Nos frutos é onde a doença torna-se economicamente importante, pois as lesões depreciam a qualidade da casca ou causam a sua queda prematura. Os sintomas são restritos ao flavedo e não afetam a qualidade do suco (Fagan & Goes, 2000; Silva, 2013a) sendo observados em todas as espécies comerciais de citros, exceção feita à laranja azeda e à lima ácida 'Tahiti' (Kotzé, 1981; Aguilar-Vildoso et al., 2002). Nas condições do Brasil, seis tipos de sintomas podem ser observados nos pomares, sendo eles a mancha dura, a falsa melanose, a mancha sardenta, a mancha virulenta, a mancha rendilhada e a mancha trincada (Goes et al., 2000; Spósito, 2003; Silva Junior & Spósito, 2014). Nas folhas, as lesões do tipo mancha dura são observadas em limão verdadeiro e raramente em laranja doce, e lesões do tipo falsa melanose são encontradas em pomares velhos de laranja doce de maturação tardia (Kotzé, 2000; Silva Junior et al., 2012). Normalmente os frutos que apresentam queda prematura estão associados a mancha dura, desprendendo-se da planta pelo menos três vezes mais cedo que os demais (Silva-Pinhati et al., 2009).

O manejo da MPC é realizado por meio dos controles químico e cultural (Scaloppi et al., 2012). Pulverização com fungicida é considerada a principal medida de controle, sendo fundamental para manter elevadas produtividades e boa qualidade da casca dos frutos. O custo de controle da MPC é relativamente alto, mas o retorno financeiro obtido com a redução dos danos sobre a produção é quase sempre superior ao custo, uma vez que a doença causa queda

acentuada de frutos em pomares não tratados (Silva, 2013a,b; Del Rovere, 2013; Metzker, 2014). Em pomares cuja produção será destinada ao consumo *in natura*, o controle é realizado com um maior número de aplicações (seis ou mais) e menores intervalos entre as aplicações (20 a 35 dias), uma vez que poucas lesões podem depreciar a qualidade dos frutos. Em pomares onde a produção será destinada para a indústria de processamento de suco, os intervalos entre aplicações normalmente são de 35 a 42 dias e o número de pulverizações varia de quatro a seis por safra (Scaloppi et al., 2012; Silva Junior & Spósito, 2014), uma vez que o foco é manter os frutos na planta até a colheita independente da severidade da doença na casca. Entretanto, falhas cometidas durante as pulverizações podem comprometer a eficiência dos fungicidas, tais como intervalos longos entre aplicações, período de proteção inferior ao recomendado, doses reduzidas de produtos e volume de calda reduzidos dentre outros (Silva Junior & Spósito, 2014). Dessas variáveis associadas ao controle químico ainda não se sabe quais são as que mais interferem na eficiência de redução dos sintomas da MPC.

O conhecimento dos danos das doenças de plantas sobre a produção é de fundamental importância em diferentes culturas. Os danos devem estar em níveis aceitáveis e devem ser inferiores ao custo do controle. Para se definir a melhor estratégia de manejo a ser adotada e quando elas devem ser utilizadas, é necessário determinar em quais situações a doença afeta a produção das plantas. O impacto de uma doença sobre a produção de uma planta é determinado por uma função de doença-dano, ajustada por modelos empíricos integrais ou modelos matemáticos que podem ser lineares ou não lineares (Madden et al., 2007). Para estabelecer as relações entre doenças e danos, os dados podem ser obtidos de plantas individuais ou de parcelas de experimentos de campo (Campbell & Madden, 1990; Bergamin Filho et al., 1995). Os dados devem representar de forma realista a incidência ou severidade da doença (James, 1974).

Em diferentes patossistemas já foram estabelecidas relações entre doença e danos (Madden et al., 2007). O uso desses modelos permite reduzir relações complexas entre doenças e danos a uma relação explicada por uma equação simples. Na prática, essas relações doença-danos podem ser utilizadas para prever danos de uma doença sobre a produção, determinar se a doença afeta a produção, avaliar a importância da doença em diferentes regiões, avaliar o potencial de dano de uma doença a ser introduzida em uma área livre e, definir prioridades de controle em áreas com diferentes intensidades de doença (Savary et al., 2006; Madden et al., 2007; Gonçalves et al., 2012).

Na cultura dos citros, diferentes fatores interferem na elaboração da função de dano para doenças (Bassanezi et al., 2011; Gonçalves et al., 2012), incluindo a variação de produção dos citros (Ye et al., 2008). Mesmo com variações, uma metodologia acurada e precisa é requerida para estabelecer de forma quantitativa as relações entre doença e dano (Gaunt, 1995). Alguns estudos já foram realizados para determinar a relação entre doenças e danos sobre produção de laranja doce. Para HLB, equações foram geradas para três variedades de laranja doce com coeficientes de determinação (R^2) de 0,10 a 0,44, e uma equação exponencial negativa descreve a relação entre severidade e produção das variedades de laranja doce mais comuns no Brasil [$y = \exp(-1,85x)$] (Bassanezi et al., 2011). Para CVC, a relação entre porcentagem de ramos com sintomas de CVC e produção de laranja doce ‘Natal’ foi descrita pelo modelo [$y = 114 * \exp(-0,017x)$], com $R^2 = 0,45$ (Gonçalves et al., 2012). Para a PFC, a relação entre a incidência de flores sintomáticas e a produção de laranja ‘Pera’ foi representada pelo modelo [$y = 97,5 * \exp(-0,011x)$], com $R^2 = 0,43$ (Silva Junior, 2011).

Para a MPC não há modelos que descrevam os dados causados sobre a produção das plantas pelo aumento da intensidade dos sintomas nos frutos. Em diferentes publicações é possível encontrar relatos de perdas de até 80% na produção de plantas severamente atacadas pela MPC (Klotz, 1978; Kotzé, 2000; Rossetti, 2001; Spósito, 2003; Spósito et al., 2004). Entretanto, nessas publicações, o objetivo não era estudar a relação entre a MPC e danos. Em um trabalho realizado com laranja doce ‘Natal’ foram encontradas relações positivas entre severidade e queda de frutos, representada por um modelo cúbico em uma avaliação e por um modelo quadrático em outra avaliação (Fagan & Goes, 1999). A severidade parece ser a variável mais associada com a queda de frutos, uma vez que o aumento da severidade esteve associado a menor retenção dos frutos na planta (Scaloppi, 2010; Marin et al., 2011; Ferretti, 2013). A severidade média da doença em uma planta normalmente é inferior a 10%, pois frutos severamente atacados permanecem aderidos à planta por períodos curtos, uma vez que caem prematuramente (Scaloppi, 2010; Del Rovere, 2013; Silva, 2013a,b; Metzker, 2014).

Baseado no exposto, objetivou-se com este trabalho: i) determinar a relação entre a intensidade da mancha preta e os impactos causados pela doença sobre a produção das plantas em função da queda prematura de frutos e; ii) identificar quais variáveis associadas ao controle químico que mais interferem na redução da intensidade da mancha preta nos frutos.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Banco de dados

Foi obtido junto ao Fundo de Defesa da Citricultura – Fundecitrus, um banco de dados de nove experimentos realizados em pomares de laranja doce ‘Valência’ [*Citrus sinensis* (L.) Osbeck], entre as safras 2011/2012 e 2014/15. Os experimentos foram conduzidos nas regiões central (Américo Brasiliense, Matão ou Tambaú) e sul (Mogi Guaçu) do estado de São Paulo. Em todos os experimentos o objeto do estudo foi o manejo da MPC, onde foram avaliadas diferentes variáveis associadas ao controle químico: número de pulverizações, intervalo entre aplicações de estrobilurina, período de controle, volumes de calda e doses de cobre e estrobilurina (Tabela 1). As análises dos dados foram realizadas para os experimentos de forma compilada. Foram realizadas duas análises, sendo a primeira relacionando a intensidade da doença nos frutos com os danos na produção, visando gerar uma curva de doença-dano para este patossistema e, a segunda, para verificar quais as variáveis relacionadas ao controle químico tem maior influência sobre a intensidade da doença.

Tabela 1. Descrição da idade, região do campo experimental e faixa de variação das diferentes variáveis analisadas nos nove campos experimentais de laranja doce ‘Valência’, localizados no estado de São Paulo, conduzidos entre as safras 2011/12 a 2014/15.

Campos	Safra	Idade (anos)	Região do estado de SP	Nº de pulverizações	Intervalo para cobre (dias)	Intervalo para estrobilurina (dias)	Período de controle (dias)	Volume de calda (mL/m ³)	Dose de cobre (mg/m ³)	Dose de estrobilurina (mg/m ³)	Severidade (%)	Incidência (%)
1	2011/2012	15	Sul	0; 2; 3; 4; 5; 6	30	0; 40; 80; 120	0; 61; 102; 141; 181; 220; 260; 300; 340	0; 100	0; 90	0; 3,8	0,23 a 4,69	15 a 98
2	2012/2013	16	Sul	0; 2; 3; 4; 5; 6	30	0; 40; 80; 120	0; 66; 109; 150; 189; 230; 271; 311; 351	0; 100	0; 90	0; 3,8	0,65 a 2,05	44 a 76
3	2013/2014	13	Centro	0;5	27	42	0; 195	0; 50; 100	0; 90	0; 3,8; 4,0	0,22 a 3,50	30 a 100
4	2014/2015	14	Centro	0;5	27	42	0; 195	0; 50; 100	0; 90	3,75	0,33 a 7,06	21 a 100
5	2012/2013	10	Sul	0; 5; 6; 8	27	20; 30; 40	0; 189	0; 50; 75; 100; 125	0; 45; 67,5; 90; 113	0; 1,9; 2,8; 3,7; 4,7	0,66 a 5,05	29 a 98
6	2013/2014	11	Sul	0; 5; 6; 8	27	20; 30; 40	0; 189	0; 50; 75; 100; 125	0; 45; 67,5; 90; 113	0; 1,9; 2,8; 3,7; 4,7	0,19 a 4,52	26 a 100
7	2014/2015	11	Sul	0; 5; 6; 8	27	20; 30; 40	0; 189	0; 50; 75; 100; 125	0; 45; 67,5; 90; 113	0; 1,9; 2,8; 3,7; 4,7	0,19 a 7,50	20 a 100
8	2011/2012	22	Centro	0; 5; 6	28	40	0; 168; 196	0; 60	0; 21; 26; 34; 54	0; 2,25	1,83 a 7,14	58 a 98
9	2013/2014	23	Centro	0; 6	28	40	0; 216	0; 75	0; 32,8	0; 2,8; 3,7	1,24 a 5,51	68 a 100

*Campos experimentais 1 e 2 (Metzker, 2013), 5 (Silva, 2013b) e 8 (DelRovere, 2013). Demais campos apresentam dados não publicados.

2.2. Descrição dos campos experimentais

2.2.1 Campos experimentais 1 e 2

Os campos experimentais 1 e 2 foram conduzidos no mesmo pomar, sendo o primeiro na safra 2011/2012 e o segundo na safra seguinte, em laranja ‘Valência’, enxertada em limão ‘Cravo’ (*Citrus limonia* Osbeck), com 15 anos de idade, espaçamento 7,6 m x 3,8 m, no município de Mogi Guaçu. O pomar possuía sistema de irrigação por aspersão e apresentava histórico de MPC. Nesses campos experimentais foram avaliados 16 diferentes programas de pulverização para o controle da doença nas duas safras (Tabela 2). O volume de calda adotado foi de 100 mL/m³ de copa em todas as pulverizações.

Tabela 2. Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da MPC, nos campos experimentais 1 e 2, em Mogi Guaçu, SP, nas safras de 2011/2012 e 2012/2013.

Tratamento	Momento da aplicação (dias)								
	0 ^a	30	61	102	141	181	221	260	300
	0 ^b	34	66	109	150	189	230	271	311
T 1	Cu ^c	Cu	Tr	Tr	Tr	Tr			
T 2	Cu	Cu				Tr	Tr	Tr	Tr
T 3	Cu	Cu				Tr	Tr	Tr	
T 4	Cu	Cu				Tr	Tr		
T 5	Cu	Cu	Tr						
T 6	Cu	Cu	Tr			Tr	Tr		
T 7	Cu	Cu	Tr			Tr	Tr	Tr	
T 8	Cu	Cu	Tr				Tr	Tr	
T 9	Cu	Cu	Tr	Tr					
T 10	Cu	Cu	Tr	Tr		Tr	Tr		
T 11	Cu	Cu	Tr	Tr			Tr	Tr	
T 12	Cu	Cu	Tr	Tr	Tr				
T 13	Cu	Cu	Tr	Tr	Tr		Tr		
T 14	Cu	Cu	Tr	Tr	Tr				Tr
T 15	Cu	Cu							
T 16	Testemunha								

^aDias após início das aplicações no campo experimental 1. Dia 0 corresponde a fase de 2/3 de pétalas caídas em 30/09/10; ^bDias após início das aplicações no campo experimental 2, com início em 23/09/11; ^cCu, aplicação de oxicloreto de cobre (90 mg de cobre metálico/m³ de copa); Tr, aplicação de trifloxistrobina (3,8 mg/m³ de copa); Testemunha = sem aplicação de fungicidas. Óleo mineral (0,25%) foi adicionado à calda fungicida.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela constituída de 3 linhas com 10 plantas, totalizando 30 plantas por parcela, onde foi considerado como parcela útil as 4 plantas centrais da linha. A incidência e severidade da doença foi avaliada em 100 frutos por parcela, de abril a novembro de 2011 (campo 1) e de maio a dezembro de 2012 (campo 2), sendo a severidade avaliada com o auxílio da escala de Spósito et al. (2004) (Figura 1). A queda de frutos foi avaliada de setembro a novembro de 2011 (campo 1) e de setembro a dezembro de 2012 (campo 2). A produtividade das plantas foi avaliada na colheita, em novembro de 2011 (campo 1) e dezembro de 2012 (campo 2).

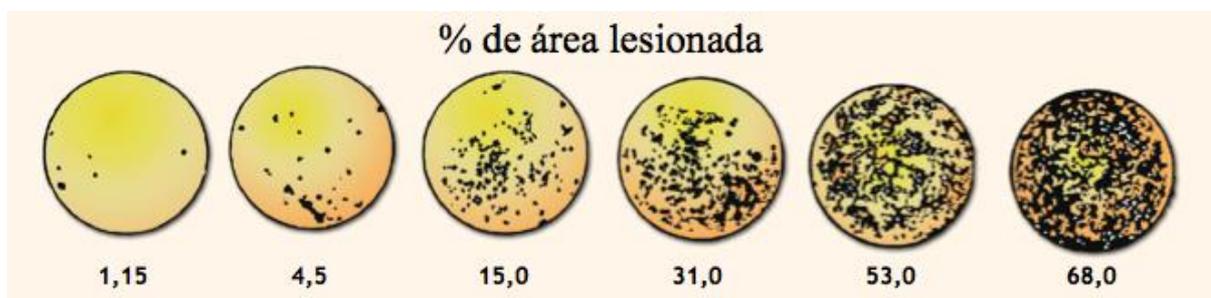


Figura 1. Escala diagramática utilizada para a avaliação dos sintomas de mancha preta nos frutos, elaborada por Spósito et al. (2004).

2.2.2 Campos experimentais 3 e 4

Experimentos conduzidos nas safras 2013/2014 e 2014/2015, em laranja ‘Valência’ enxertada em limão ‘Cravo’, com 13 e 14 anos de idade, espaçamento 7,0 m x 3,0 m, no município de Tambaú, SP. O pomar não possuía sistema de irrigação e apresentava histórico de MPC.

No campo experimental 3 foram avaliados sete diferentes programas de pulverização para controle da doença, variando-se o tipo de estrobilurina, o volume de calda e o adjuvante acrescido a calda. Cinco aplicações foram realizadas totalizando um período de proteção de 195 dias, considerando 35 dias após a última aplicação (Tabela 3).

Tabela 3. Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 3, em Tambaú, SP, na safra de 2013/2014.

Tratamentos	Volume mL/m ³	Adjuvante	Momento da aplicação (dias)				
			0 ^a	28	77	119	160
T1	100	Om	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi
T2	100	Om	Cu	Cu+Az+Di	Az+di	Az+di	Az+di
T3	100	Om	Cu	Cu+Tr	Tr	Tr	Tr
T4	50	Om	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi
T5	100	Cps	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi
T6	50	Cps	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi
T7	Testemunha						

^aDias após início das aplicações no campo experimental 3. Dia 0 corresponde a fase de 2/3 de pétalas caídas em 08/11/12; Cu, aplicação de oxicloreto de cobre (90 mg de Cu metálico/m³ de copa); Pi, aplicação de piraclostrobina (3,8 mg/m³ de copa); Az+Di, aplicação de azoxistrobina + difenoconazol (4,0 + 2,5 mg/m³ de copa); Tr, aplicação de trifloxistrobina (3,8 mg/m³ de copa); Om, adição de óleo mineral (0,25%) à calda; Cps, adição de copolímero de poliéter e silicone (0,025%) à calda; Testemunha, sem aplicação de fungicidas.

Os experimentos foram conduzidos em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela constituída de 3 linhas com 13 plantas, totalizando 39 plantas por parcela, onde foi considerado como parcela útil as 4 plantas centrais da linha. A incidência e severidade da doença foi avaliada em 200 frutos por parcela, de maio a novembro de 2013, sendo a severidade avaliada com auxílio da escala de Spósito et al. (2004) (Figura 1). A queda de frutos foi avaliada de setembro a novembro de 2013 e a produtividade das plantas foi avaliada na colheita em novembro de 2013.

No campo experimental 4 foram avaliados cinco tratamentos, onde variou-se o volume de calda e o adjuvante acrescido na calda fungicida. Foram realizadas seis pulverizações, com um período de proteção de 179 dias (Tabela 4).

Tabela 4. Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 4, em Tambaú, SP, na safra de 2014/2015.

Tratamentos	Volume mL/m ³	Adjuvante	Momento da aplicação (dias)					
			0 ^a	25	55	77	111	144
T1	100	Om	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi	Pi
T2	50	Om	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi	Pi
T3	100	Cps	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi	Pi
T4	50	Cps	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi	Pi
T5	Testemunha							

^a Dias após início das aplicações no campo experimental 3. Dia 0 corresponde a fase de 2/3 de pétalas caídas em 03/10/13; Cu, aplicação de oxiclreto de cobre (90 mg de Cu metálico/m³ de copa); Pi, aplicação de piraclostrobina (3,8 mg/m³ de copa); Om, adição de óleo mineral (0,25%) à calda; Cps, adição de copolímero de polieter e silicone (0,025%) à calda; Testemunha, sem aplicação de fungicidas.

O delineamento foi o mesmo adotado no campo 3. A incidência e severidade da doença nos frutos foi avaliada em 200 frutos por parcela, de maio a outubro de 2014, sendo a severidade avaliada com auxílio da escala de Spósito et al. (2004) (Figura 1). A queda de frutos foi avaliada de setembro a outubro de 2014 e a produtividade das plantas foi avaliada na colheita em outubro de 2014.

2.2.3 Campos experimentais 5, 6 e 7

Experimentos conduzidos nas safras 2012/2013 (campo 5), 2013/2014 (campo 6) e 2014/2015 (campo 7), em laranja ‘Valência’ enxertada em limão ‘Cravo’, com 10, 11 e 12 anos de idade e espaçamento de 6,5 m x 2,8 m, no município de Mogi Guaçu, SP. O pomar não possuía sistema de irrigação e apresentava histórico de MPC.

Nos campos experimentais 5 e 6 foram avaliados nove diferentes programas de pulverização para controle da doença, variando-se o volume de calda, a dose dos fungicidas, o intervalo e número de pulverizações. O número de aplicações variou de cinco a oito sendo os intervalos adotados entre as aplicações de estrobilurina de 20 a 40 dias, totalizando em todos os tratamentos um período de proteção de 182 (campo 5) e 190 (campo 6) dias, considerando 35 dias após a última aplicação (Tabela 5). No campo experimental 7 foram avaliados sete dos nove tratamentos descritos na Tabela 5, sendo excluídos os tratamentos T1 e T2. O período de proteção foi de 196 dias, considerando 35 dias após a última aplicação.

Tabela 5. Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 5, 6 e 7, em Mogi Guaçu, SP, nas safras de 2012/2013, 2013/2014 e 2014/2015.

Tratamentos	Volume (mL/m ³)	Dose Cu (g/m ³)	Dose Pi (g/m ³)	Intervalo (dias)	Momento da aplicação (dias)									
					0 ^a	27	47	60	68	84	106	117	127	147
					0 ^b	36	67	97	127	155				
					0 ^c	27	56	91	127	161				
T1	125	110	4,7	20	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi	Pi	Pi		Pi	Pi	
T2	125	110	4,7	40	Cu	Cu+Pi		Pi		Pi		Pi		
T3	125	110	4,7	30	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi		Pi		Pi		
T4	100	90	3,7	30	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi		Pi		Pi		
T5	75	70	2,8	30	Cu	Cu+Tr	Pi	Pi		Pi		Pi		
T6	75	90	3,7	30	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi		Pi		Pi		
T7	50	40	1,9	30	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi		Pi		Pi		
T8	50	90	3,7	30	Cu	Cu+Pi	Pi	Pi		Pi		Pi		
T9					Testemunha									

^{a,b,c} Dias após início das aplicações nos campos experimentais 5, 6 e 7, respectivamente. Dia 0 corresponde a fase de 2/3 de pétalas caídas em 24/11/2011 (campo 5), 13/11/2012 (campo 6) e 16/10/2013 (campo 7); Cu, aplicação de oxicleto de cobre em diferentes doses; Pi, aplicação de piraclostrobina em diferentes doses; Testemunha, sem aplicação de fungicidas. Óleo mineral (0,25%) foi adicionado à calda fungicida.

Nos três campos os experimentos foram implantados em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela constituída de 3 linhas com 8 plantas, totalizando 21 plantas por parcela onde foi considerado como parcela útil as 4 plantas centrais da linha. As avaliações de incidência e severidade foram realizadas em 200 frutos por parcela, de maio de 2012 a janeiro de 2013 (campo 5), de maio a novembro de 2013 (campo 6), e de maio a outubro de 2014 (campo 7). A queda de frutos foi realizada de outubro de 2012 a janeiro de 2013 (campo 5), de outubro a novembro de 2013 (campo 6) e de agosto a outubro de 2014 (campo 7). A produtividade das plantas foi avaliada em janeiro 2013 (campo 5), novembro 2013 (campo 6) e outubro 2014 (campo 7).

2.2.4 Campo experimental 8

Este experimento foi conduzido na safra 2011/2012, em um pomar de laranja ‘Valência’ enxertada em limão ‘Cravo’, com 22 anos de idade e espaçamento de 8,0 m x 4,5 m, no município de Américo Brasiliense, SP. Neste campo foram avaliados treze diferentes programas de pulverização para o controle da doença, variando-se a dose de fungicida cúprico

e o número de aplicações. O período de proteção foi de 168 ou 196 dias, considerando 28 dias após a última aplicação de cobre (Tabela 6). O volume de calda adotado foi de 60 mL/m³ em todas as pulverizações.

Tabela 6. Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 8, em Américo Brasiliense, SP, na safra 2011/2012.

Tratamento	Dose Cu (mg/m ³)	Momento da aplicação (dias)					
		0 ^a	28	57	98	140	168
T1	54	Ox	Ox	Pi	Pi	Ox	
T2	54	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	
T3	54	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	
T4	26	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	
T5	34	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	
T6	26	Ox	Ox	Pi	Pi	Ox	
T7	21	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	
T8	26	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	
T9	26	Hi	Hi	Tr	Tr	Hi	
T10	21	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	Hi
T11	26	Hi	Hi	Pi	Pi	Hi	Hi
T12	26	Hi	Hi	Pi	Ca	Hi	
T13		Testemunha					

^aDias após início das aplicações no campo experimental 8. Dia 0 corresponde a fase de 2/3 de pétalas caídas em 18/11/2010; Ox, aplicação de oxiclreto de cobre; Hi, aplicação de hidróxido de cobre; Pi, aplicação de piraclostrobina (2,3 mg/m³ de copa); Tr, aplicação de trifloxistrobina (2,3 mg/m³ de copa); Ca, aplicação de carbendazim (30 mg/m³ de copa); Testemunha, sem aplicação de fungicidas. Óleo mineral (0,25%) foi adicionado à calda.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela constituída de 3 linhas com 6 plantas, totalizando 18 plantas por parcela onde foi considerado como parcela útil as 4 plantas centrais da linha. As avaliações de incidência e severidade foram realizadas em 100 frutos por parcela, de março a dezembro de 2011, utilizando-se a escala diagramática adaptada de Spósito et al. (2004) (Figura 1). A queda de frutos foi avaliada de setembro a dezembro de 2011. A produtividade das plantas foi avaliada na colheita em dezembro 2011.

2.2.5 Campo experimental 9

O experimento foi conduzido na safra 2013/2014, em um pomar de laranja ‘Valência’ enxertada em tangerina ‘Cleópatra’, com 23 anos de idade, espaçamento de 8,0 m x 5,0 m, no município de Matão, SP. Neste campo foram avaliados seis diferentes programas de pulverização para o controle da doença, variando-se a estrobilurina utilizada. O período de proteção foi de 208 dias, considerando 35 dias após a última aplicação (Tabela 7). O volume de calda adotado foi de 75 mL/m³ em todas as pulverizações.

Tabela 7. Descrição dos diferentes programas de pulverização adotados para o controle da mancha preta, no campo experimental 9, em Matão, SP, na safra 2013/2014.

Tratamento	Momento de aplicação (dias)					
	0 ^a	32	59	95	136	173
T1	Cu	Cu	Pi+Fl	Pi+Fl	Pi+Fl	Pi+Fl
T2	Cu	Cu	Pi	Pi	Pi	Pi
T3	Cu	Cu	Tr	Tr	Tr	Tr
T4	Cu	Cu	Az	Az	Az	Az
T5	Cu	Cu	Pm	Pm	Pm	Pm
T6	Testemunha					

^aDias após início das aplicações no campo experimental 9. Dia 0 corresponde a fase de 2/3 de pétalas caídas em 05/10/2012; Cu, aplicação de oxicloreto de cobre (33 mg/m³ de copa); Pi, aplicação de piraclostrobina (2,8 mg/m³ de copa); Tr, aplicação de trifloxistrobina (2,8 mg/m³ de copa); Az, aplicação de azoxistrobina (2,8 mg/m³ de copa); Pi + Fl, aplicação de piraclostrobina (3,7 mg/m³ de copa) + fluxaproxade (3,7 mg/m³ de copa); Pm, aplicação de pirimetanil (17 mg/m³ de copa); Testemunha, sem aplicação de fungicidas. Óleo mineral (0,25%) foi adicionado à calda.

O experimento foi conduzido em delineamento em blocos casualizados com 4 repetições, sendo cada parcela constituída de 3 linhas com 6 plantas totalizando 18 plantas por parcela, onde foi considerado como parcela útil as 4 plantas centrais da linha. As avaliações de incidência e severidade foram realizadas em 200 frutos por parcela, de maio a outubro de 2013, utilizando-se a escala diagramática adaptada de Spósito et al. (2004) (Figura 1) para a avaliação da severidade. A queda de frutos foi avaliada de agosto a outubro de 2013. A produtividade das plantas foi avaliada na colheita em dezembro 2013.

2.3 Análise dos dados

2.3.1 Relação entre doença e danos à produção

Para as análises de regressão foram considerados os dados médios de cada tratamento avaliado nos nove campos experimentais, totalizando 88 diferentes tratamentos. Cada ponto foi representado pela média de 16 plantas submetidas ao mesmo tratamento. Análises de regressão foram elaboradas para estudar a relação entre as diferentes variáveis analisadas. As variáveis independentes *versus* dependentes foram testadas por modelos lineares e não-lineares, para as seguintes comparações:

- (i) Incidência máxima *versus* severidade máxima;
- (ii) Incidência máxima *versus* queda de frutos;
- (iii) Severidade máxima *versus* queda de frutos;
- (iv) Queda de frutos *versus* produção relativa;
- (v) Incidência máxima *versus* produção relativa;
- (vi) Severidade máxima *versus* produção relativa;

A incidência (porcentagem de frutos doentes por planta) e severidade (porcentagem de área lesionada dos frutos) foram consideradas como sendo os maiores valores médios observados por planta em cada tratamento, nos diferentes experimentos, no período compreendido entre a primeira e a última avaliação. A queda de frutos foi considerada em porcentagem total de frutos caídos do início da queda até a colheita em relação ao total de frutos produzidos somados aos caídos em cada tratamento na colheita. A produção relativa foi estimada para cada campo experimental. O valor 100 foi atribuído para a estimativa de produção na ausência da doença ou da queda de frutos.

Para o cálculo das relações entre todas as variáveis os modelos linear (Eq. 1) e exponencial (Eq. 2) foram testados.

$$y=a+b*x \quad (\text{Eq. 1})$$

$$y=a*\exp(b*x) \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que:

y = estimativa da variável dependente;

a = constante que representa a interceptação da reta com o eixo vertical;

b = coeficiente angular da reta;

x = variável independente

Para a relação entre severidade e incidência máximas, o modelo empírico com transformação log-log proposto por McRoberts et al. (2003) para relação incidência-severidade foi testado (Eq. 3).

$$\ln(y) = \ln(a) + b \text{ CLL}(x) \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que:

y = estimativa da severidade (em proporção);

a = constante que representa a interceptação da reta com o eixo vertical;

b = coeficiente angular da reta;

x = incidência máxima (em proporção);

$\text{CLL}(x) = \ln(-\ln(1 - x))$

Para a relação entre severidade máxima e produção relativa, o modelo logístico foi testado com duas assíntotas (a_1 e a_2) (Eq. 4).

$$y = a_2 + (a_1 - a_2) / (1 + (x/x_0)^b) \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

y = estimativa da produção relativa;

a_1 e a_2 = assíntotas máxima e mínima

b = declividade da curva;

x_0 = valor de x no ponto médio da curva sigmoide;

x = severidade máxima

Os coeficientes de determinação (R^2) obtidos para as diferentes relações foram submetidos à análise de significância pelo teste 't' e cálculo da respectiva probabilidade de erro (p). Os valores de $p < 0,01$ significam que os coeficientes de determinação são diferentes de zero a 99% de confiança, indicando a existência de relação entre duas variáveis.

A escolha do melhor modelo foi feita pelo grau de ajuste aos dados, com base no coeficiente de determinação (R^2) entre os valores observados e previstos, e pelo padrão de distribuição dos resíduos (Madden et al., 2007). Todas as análises foram realizadas utilizando o programa STATISTICA 7.1 (Stat Soft Inc., 2005).

2.3.2 Influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença

Para verificar a dependência cumulativa da severidade ou incidência (y) em relação à oito variáveis independentes relacionadas ao controle químico (x_i), sendo elas o número de pulverizações (x_1), intervalo entre aplicações de estrobilurina (x_2), período de proteção (x_3), volume de calda (x_4) e, dose de cobre (x_5) e de estrobilurina (x_6), foi utilizada a regressão linear múltipla (Eq. 4).

$$y = a + \beta x_i + e \quad (\text{Eq. 4})$$

Em que:

y = variável dependente;

a = constante ou intercepto entre a reta e o eixo ortogonal;

b = é o parâmetro, coeficiente padronizado da regressão, ou peso; representa a magnitude do relacionamento entre cada um dos preditores e a variável dependente, sendo que sua interpretação depende dos erros associados a ele. O valor é influenciado pelo conjunto de preditores utilizados.

x_i = variáveis independentes (preditoras);

e = erro ou resíduo, que se refere a diferença entre os valores observados e preditos.

O resultado da regressão é a obtenção de uma reta que representa a predição da variável y pelas diferentes variáveis x e o restante pelo erro (e). A quantidade da variável y que é explicada conjuntamente pelas variáveis x pode ser avaliada pelo coeficiente de determinação R^2 e, pela distribuição dos resíduos. A análise foi realizada utilizando o programa STATISTICA 7.1, por meio da regressão *stepwise*, adotando-se a função *backward*, onde os preditores são todos incluídos de uma só vez na equação e, posteriormente, são retirados um a um, até a identificação dos melhores preditores (Tabachnick & Fidell, 1996). Para esta análise, os tratamentos com períodos sem proteção superiores a 42 dias entre as aplicações dos campos 1 e 2 foram excluídos, sendo utilizados apenas os tratamentos T1, T5, T9, T12, T15 e T16.

3 RESULTADOS

3.1 Relação entre mancha preta dos citros e danos à produção

3.1.1 Incidência e severidade

O modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados das relações entre incidência máxima e severidade máxima. O modelo linear com ou sem transformação log-log também apresentaram bons ajustes aos dados, porém com coeficientes de determinação inferiores comparados ao obtido para o modelo exponencial (Tabela 8).

Tabela 8. Parâmetros estimados pela regressão usando os modelos lineares com ou sem transformação log-log ou o modelo exponencial para ajuste aos dados de incidência *versus* severidade de mancha preta dos citros.

Variáveis	Modelo	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>p</i>
Incidência vs Severidade	Exponencial	0,93	0,16	0,036	<0,01
	Linear (log-log)	0,85	0,014	1,185	<0,01
	Linear	0,80	-1,42	0,058	<0,01

Os modelos exponencial [$y=a*\exp(b*x)$], linear (log-log) [$\ln(y)=\ln(a)+b*CLL(x)$] e linear ($y=a+b*x$) foram ajustados aos dados, onde *y* representa os dados relacionados com incidência e *x* representa a severidade. R², coeficiente de determinação, *a*, interseção, *b* inclinação e *p*, nível de significância.

A equação exponencial apresentou o melhor ajuste para os dados de incidência e severidade máximas, foi significativa ($p<0,01$) e positiva, com coeficiente de determinação de 0,93. É possível observar que, quando a incidência atinge 100% dos frutos apenas a severidade aumenta, sendo observada uma maior variação de severidade no pico de incidência (Figura 2A). O modelo linear apresentou bom ajuste aos dados, porém com coeficiente de determinação inferior ao modelo exponencial e resíduos menos distribuídos (Figura 2B).

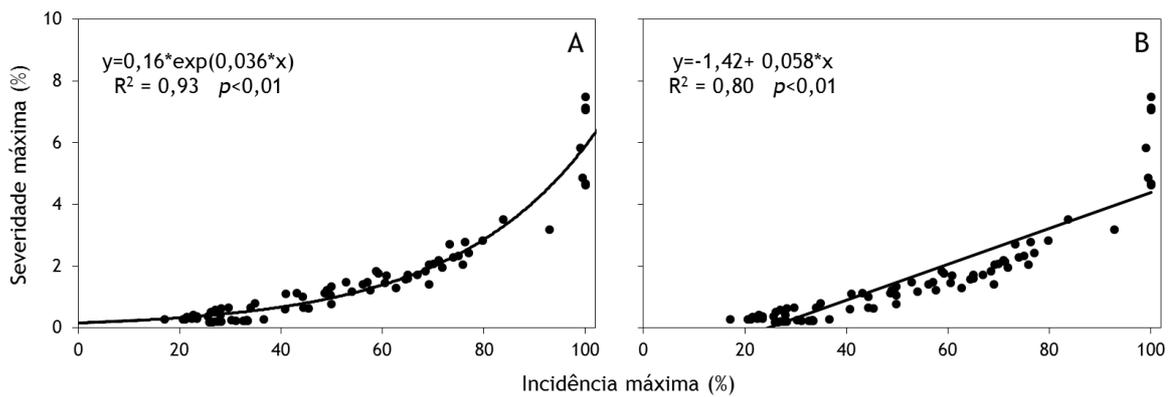


Figura 2. Relação entre severidade máxima em função da incidência máxima de mancha preta dos citros. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados de nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo exponencial (A) e linear (B).

Esses resultados demonstram que há certa relação entre as variáveis incidência e severidade da MPC nos frutos, onde é possível estimar pela equação exponencial a porcentagem de severidade de um pomar por meio da contagem do número de frutos com sintomas, sem a necessidade do uso de escalas diagramáticas. Vale ressaltar que, um maior erro deve ser considerado pelo fato de ser uma estimativa e não uma análise visual direta dos sintomas. Desta forma, em áreas onde há um maior número de frutos sintomáticos, há também uma maior probabilidade de se encontrar frutos com maiores áreas da casca lesionadas. Plantas com severidade média acima de 2,5-3,0% normalmente terão mais de 80% de frutos com sintomas. Uma forte relação entre severidade e incidência ($R^2=0,89$) já foi observada por Spósito et al. (2008) utilizando o modelo proposto por McRoberts et al. (2003) para a relação entre intensidade de doenças de plantas. Os valores dos parâmetros encontrados por esses autores ($a=0,015$ e $b=1,011$) foram similares aos encontrados aqui. De acordo com esses autores, o crescimento da lesão nos frutos é limitado à 5 mm de diâmetro para a mancha dura e 1 mm para a falsa melanose. Desta forma, a observação de altas severidades nos frutos indica a ocorrência de infecções múltiplas em diferentes partes do mesmo fruto.

3.1.2 Intensidade da doença e queda de frutos

O modelo exponencial foi o que melhor se ajustou aos dados da relação queda de frutos e intensidade da doença, apresentando maior coeficiente de determinação em relação ao modelo

linear para as duas variáveis (incidência e severidade máximas). Embora ambos tenham apresentado valores bem próximos de coeficientes, sendo todas as relações significativas (Tabela 9).

Tabela 9. Parâmetros estimados pela regressão usando o modelo linear ou exponencial para ajuste aos dados de queda de frutos *versus* intensidade de mancha preta dos citros de diferentes campos experimentais.

Variáveis	Modelo	R ²	<i>a</i>	<i>B</i>	<i>P</i>
Queda <i>vs</i> incidência	Exponencial	0,37	3,91	0,023	<0,01
	Linear	0,36	-0,35	0,276	<0,01
Queda <i>vs</i> severidade	Exponencial	0,52	9,53	0,258	<0,01
	Linear	0,41	7,68	5,401	<0,01

Os modelos exponencial [$y=a*\exp(b*x)$] e linear ($y=a+b*x$) foram ajustados aos dados, onde *y* representam os dados relacionados com queda de frutos e *x* os dados relacionados com incidência ou severidade da mancha preta. R², coeficiente de determinação, *a*, interseção, *b*, inclinação e *p*, nível de significância.

A relação entre incidência máxima de frutos doentes e porcentagem de queda prematura dos frutos foi significativa ($p<0,01$) e exponencialmente positiva ($R^2 = 0,37$), uma vez que o aumento da incidência resultou em aumento na queda. Entretanto, esta relação apresentou coeficiente de determinação inferior ao observado para a relação entre severidade máxima e queda de frutos ($R^2 = 0,52$). Isto pode ser explicado pela grande variação de queda de frutos em plantas com incidência de 100% de frutos sintomáticos. A queda de frutos em plantas com incidência máxima variou de 16 a 78% (Figura 3A). Essa variação estaria associada ao fato da incidência atingir seu valor máximo em um determinado momento, mas a queda continua aumentando, em função do aumento da área lesionada dos frutos (Figura 3B). A baixa relação entre incidência e queda de frutos também pode ser explicada pelo fato da queda prematura de frutos não ser influenciada pelo aumento da incidência até valores próximos a 80% (Figura 3A).

A queda de frutos esteve abaixo de 20% na maioria das plantas com severidade inferior a 3,0%. A partir deste nível de severidade, a queda foi mais acentuada, sendo possível observar até 80% de frutos caídos na severidade próxima a 8%. Diferentemente da incidência, a severidade não atingiu o seu valor máximo durante as avaliações, o que poderia explicar a melhor relação desta variável com a queda de frutos.

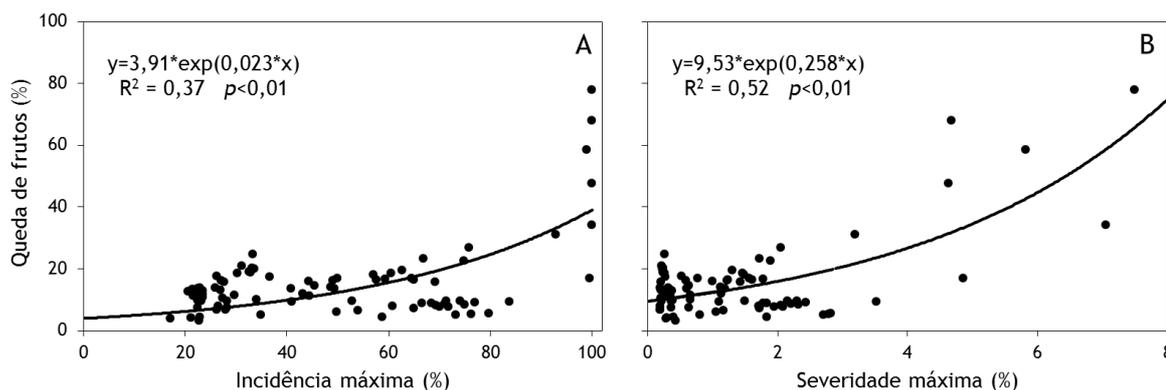


Figura 3. Queda prematura de frutos acumulada em função da incidência (A) ou severidade (B) máximas. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados de nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo exponencial.

Os resultados obtidos neste trabalho corroboram com os de Scaloppi (2010), Marin et al. (2012) e Ferretti (2013), em que os frutos com maiores severidades são os que apresentam as lesões mais próximas do pedúnculo, sendo assim, mais vulneráveis à queda, explicando a queda acentuada em plantas severamente atacadas. Frutos com severidades iguais ou superiores a 15% tendem a não permanecer na planta pois caem prematuramente. Desta forma, a maioria dos frutos que permanecem aderidos às plantas apresentam severidades entre 0 e 15% (*dados não mostrados*), justificando a observação de severidade média em uma planta entre 5 e 8% na maioria dos pomares sem controle da doença. Esses dados corroboram com os de Del Rovere (2013), onde a severidade média na planta variou de 1,8 a 7,4% e, a maioria dos frutos caídos apresentavam severidade de 3,0 a 31%, com lesões do tipo mancha dura, sardenta e virulenta mais próximas do pedúnculo. Durante o processo de maturação, os frutos de laranja doce podem cair devido à queda natural, à maturação antecipada ou ao estresse hídrico, reduzindo a precisão do modelo ajustado para essa relação, uma vez que frutos saudáveis ou com severidades muito baixas também podem cair. Portanto, apesar do modelo exponencial apresentar coeficientes de determinação intermediários e com relações significativas, somente por meio dos valores de incidência ou severidade da MPC nos frutos de laranja doce ‘Valencia’ não é possível prever totalmente os danos causados sobre a queda de frutos.

3.1.3 Queda de frutos e produção

A relação entre queda de frutos e produção de plantas afetadas pela MPC pode ser explicada pelos modelos linear ou exponencial negativo. As relações obtidas para os dois

modelos apresentaram coeficientes de determinação similares, sendo ambas significativas (Tabela 10).

Tabela 10. Parâmetros estimados pela regressão usando o modelo linear ou exponencial para ajuste aos dados de produção relativa *versus* porcentagem de queda de frutos em plantas de diferentes campos experimentais.

Variáveis	Modelo	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>P</i>
Produção vs Queda	Linear	0,67	111,48	-1,140	<0,01
	Exponencial	0,66	116,91	-0,015	<0,01

Os modelos linear ($y=a+b*x$) e exponencial [$y=a*\exp(b*x)$] foram ajustados aos dados, onde *y* representa os dados relacionados com produção relativa e *x* representa os dados relacionados com queda prematura de frutos. R² é o coeficiente de determinação, *a* é a interseção, *b* é a inclinação e *p* é o nível de significância.

O modelo linear é o mais indicado para descrever a relação entre produção relativa e porcentagem de frutos caídos, uma vez que apresentou coeficiente de determinação superior ao obtido para o modelo exponencial, com resíduos similares. A redução da produção relativa para valores abaixo de 100 ocorre quando a queda de frutos está em torno de 10%. Quando a queda prematura de frutos atinge 80% a produção relativa é reduzida para 20 (Figura 4A). O modelo exponencial negativo, apesar de apresentar um bom ajuste, não é o mais apropriado para explicar essa relação, uma vez que, plantas com queda de 80% podem apresentar em torno de 35% da produção média esperada na ausência da doença (Figura 4B).

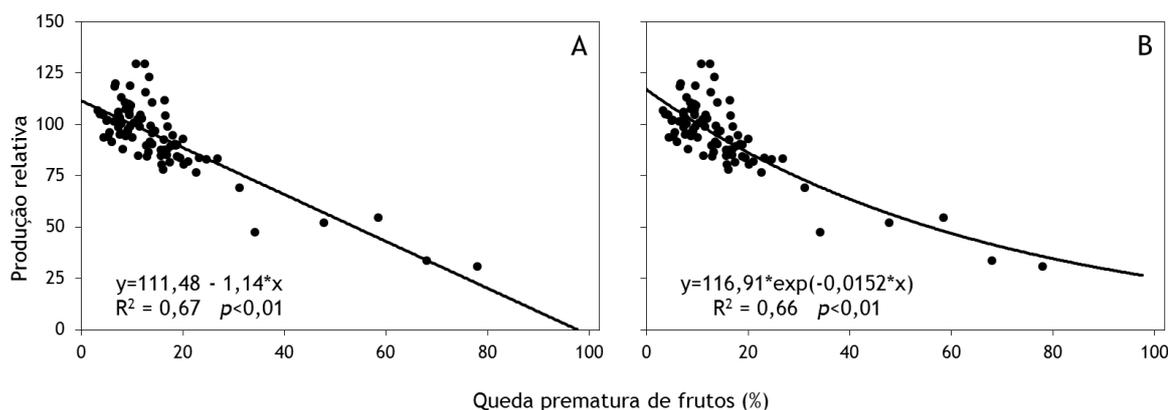


Figura 4. Produção relativa em função da queda prematura de frutos (%) em plantas submetidas a diferentes tratamentos com controle químico da mancha preta dos citros. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados dos nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo linear (A) e exponencial (B).

3.1.4 Intensidade da doença e produção

Os modelos exponencial negativo e linear apresentaram ajustes significativos aos dados da relação entre incidência máxima da doença na planta e produção relativa, com coeficientes de determinação relativamente baixos, $R^2 = 0,28$ e $0,26$, respectivamente (Tabela 11).

Tabela 11. Parâmetros estimados pela regressão usando o modelo linear ou exponencial para ajuste aos dados de produção relativa *versus* intensidade de mancha preta dos citros de diferentes campos experimentais.

Variáveis	Modelo	R^2	a	B	p
Produção vs Incidência	Linear	0,28	105,5	-0,364	<0,01
	Exponencial	0,26	106,4	-0,004	<0,01

Os modelos linear ($y=a+b*x$) e exponencial [$y=a*\exp(b*x)$] foram ajustados aos dados, onde y representa os dados relacionados com produção relativa e x representa os dados relacionados com incidência máxima da mancha preta. R^2 é o coeficiente de determinação, a é a interseção, b é a inclinação e p é o nível de significância.

A relação entre produção relativa e a incidência máxima de frutos sintomáticos foi significativa ($p<0,01$) e linear ou exponencialmente negativa, uma vez que o aumento da incidência resultou em redução na produção. Entretanto, as relações obtidas apresentaram coeficientes de determinação muito baixos ($R^2 < 0,28$) (Figura 5). Isto pode ser explicado pela grande variação de produção apresentada pelas plantas com a mesma incidência de MPC, principalmente na faixa de 0 a 80% de incidência de frutos sintomáticos, onde a produção foi

pouco afetada. A variação se torna mais ampla quando a incidência ultrapassa 80% e, principalmente, quando atinge 100% (Figura 5), uma vez que a produção neste ponto passa a ser mais influenciada pela severidade.

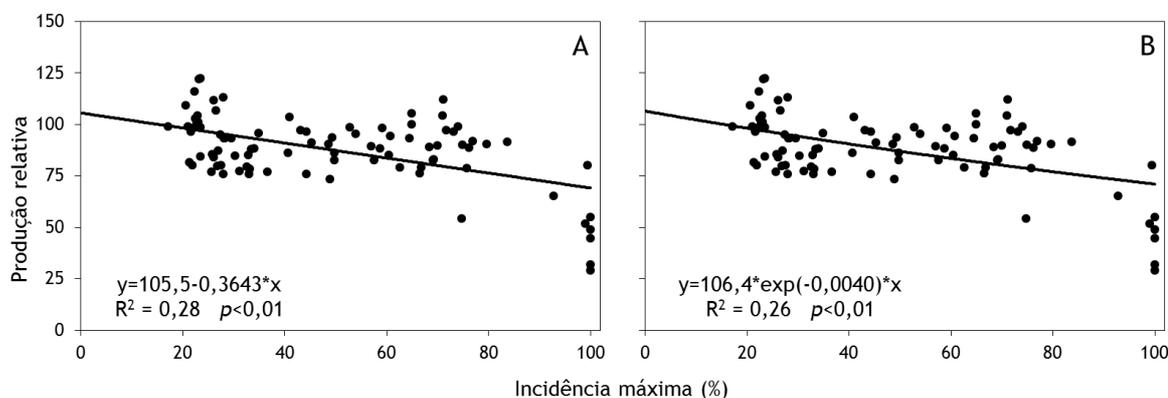


Figura 5. Produção relativa em função da incidência máxima de mancha preta nos frutos em plantas submetidas a diferentes tratamentos com controle químico da mancha preta dos citros. Pontos representam os dados de cada tratamento para o controle químico da doença nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados dos nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015 em laranja ‘Valência’, ajustados ao modelo linear (A) e exponencial (B).

A relação entre produção relativa e severidade máxima observada na planta foi negativa e significativa para os modelos logístico e exponencial negativo. O melhor ajuste foi obtido para o modelo logístico negativo. O coeficiente de determinação foi de 0,49 (Tabela 12). Os modelos lineares e exponencial negativo apresentaram coeficientes de determinação mais baixos (Tabela 12) com resíduos menos distribuídos comparados ao modelo logístico negativo (*dados não mostrados*).

Tabela 12. Parâmetros estimados pela regressão usando diferentes modelos para ajuste aos dados de produção *versus* severidade de mancha preta de diferentes campos experimentais.

Variáveis	Modelo	R ²	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>p</i>
Produção x Severidade	Logístico negativo	0,49	100/47,95*	7,48	3,94	<0,01
	Linear	0,41	100	-6,77	-	<0,01
	Exponencial negativo	0,38	100	-0,08	-	<0,01

Os modelos logístico negativo: $y = a2 + (a1-a2)/(1 + (x/c)^b)$, exponencial negativo: $[y=a*\exp(-b*x)]$ e linear: $(y=a+b*x)$ foram ajustados aos dados, onde *y* representa os dados relacionados com produção e *x* representa os dados relacionados com severidade da mancha preta. R² é o coeficiente de determinação, *a* é a interseção, *b* é a inclinação e *c* é a inflexão. * Para o modelo logístico negativo foram consideradas duas assíntotas (*a1/a2*).

A severidade quando comparada à incidência explicou melhor os danos causados pela MPC sobre a produção, em função da queda de frutos. Entretanto, o coeficiente de determinação apresentou valor intermediário, uma vez que a produção parece ser afetada por outros fatores, principalmente a variação na produção observada entre plantas vizinhas submetidas aos mesmos tratamentos, conforme já demonstrada por Ye et al. (2008). A variabilidade na produção entre plantas saudáveis ou doentes pode ser mais acentuada em plantas adultas de variedades tardias (Tazima et al., 2008). A variação da produção foi observada mesmo em plantas com severidade próxima a zero, ou seja, a produção relativa das plantas com severidades inferiores a 0,35% varia de 75 a 130. Até a severidade de 2,5%, a média da produção estimada se mantém superior a 98 (Figura 6). Esta variação na produção também pode ser observada nas plantas com severidades acima de 4,5%, onde reduções de 15 a 65% foram observadas da produção das plantas. Baseado na equação estimada, a produção praticamente não é reduzida até a severidade 2,5%, posteriormente é reduzida em no máximo 10% até a severidade de 3,0% e, para a severidade igual ou superior a 6%, a redução na produção atinge valores em torno de 50% (Figura 6).

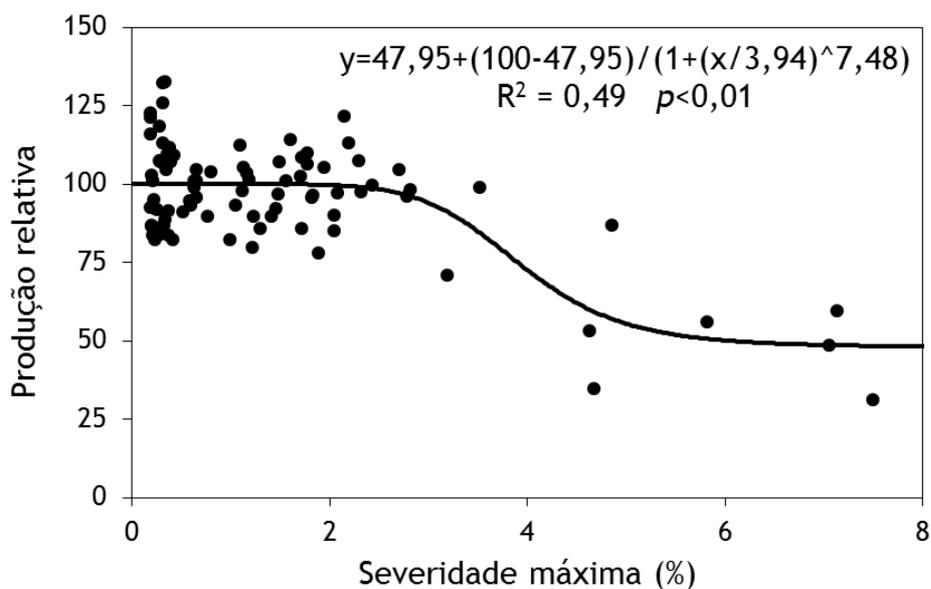


Figura 6. Produção relativa em função da severidade máxima da mancha preta dos citros em plantas de laranja doce ‘Valência’ submetidas à diferentes tratamentos com pulverização de fungicidas. Pontos representam as produções relativas em função da severidade média de cada tratamento avaliado nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados em conjunto dos nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015, ajustados ao modelo logístico negativo.

Os modelos exponencial negativo e linear apresentaram ajustes significativos porém com coeficientes de determinação inferiores comparado ao modelo logístico negativo para a relação entre produção relativa e severidade máxima. Na estimativa por meio desses modelos, as plantas com severidade de 3,0% apresentam redução na produção de 20%. Entretanto, essa estimativa não reflete fielmente a tendência de redução da produção que parece ocorrer a partir da severidade de 2,5-3,0%. Para ambos os modelos, quando a severidade atinge 6,0%, a redução na produção é estimada em aproximadamente 40% (Figura 7).

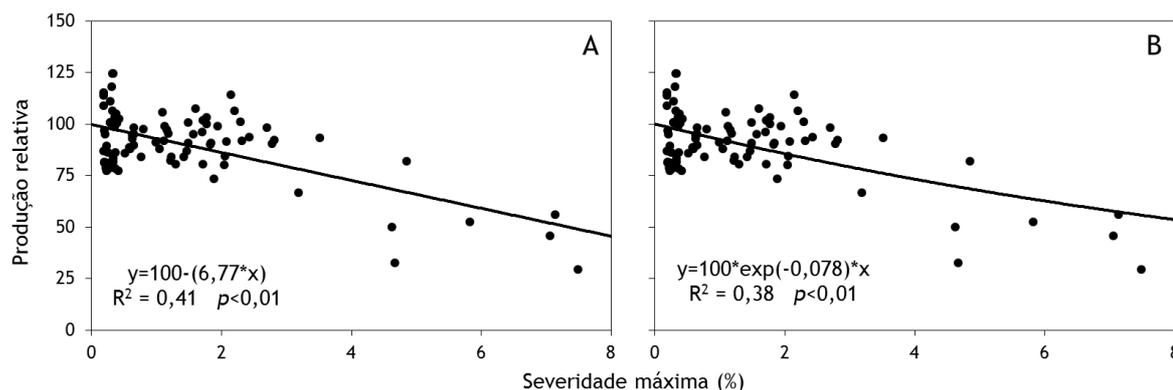


Figura 7. Produção relativa em função da severidade máxima da mancha preta dos citros em plantas de laranja doce ‘Valência’ submetidas a diferentes tratamentos com pulverização de fungicidas. Pontos representam as produções relativas em função da severidade de cada tratamento avaliado nos diferentes campos experimentais. Linha contínua representa a estimativa dos dados em conjunto dois nove campos experimentais, conduzidos entre as safras 2011/2012 a 2014/2015, ajustados aos modelos linear (A) e exponencial negativo (B).

Esses resultados mostram que o melhor modelo para a previsão de danos sobre a produção baseados na severidade da mancha preta é o logístico negativo. De acordo com este modelo, a severidade média de uma planta inferior a 2,5-3,0% pouco afeta a produção das plantas. Vale ressaltar que, plantas com severidades inferiores a 2,5-3,0% apresentam queda prematura de frutos, porém, essa queda não está, em sua maioria, relacionada com os sintomas da mancha preta. Na ausência desta doença, quedas entre 10 e 20% podem ser observadas nos pomares, sendo causada por outros agentes bióticos ou abióticos. De acordo com a estimativa de safra do PES/Fundecitrus para a safra de 2015/2016, a queda total de frutos da variedade ‘Valência’ causada por diferentes agentes foi estimada em aproximadamente 20% (Fundecitrus, 2015).

A severidade da MPC quando atinge valores superiores a 2,5-3,0% (média da planta) passa a influenciar diretamente a queda de frutos, reduzindo a produção das plantas. Essa queda vai aumentando até a severidade atingir valores próximos a 5,0%, quando se observa as maiores reduções na produção. Em plantas com severidade igual ou superior a 5,0%, a redução da produção na maioria dos pomares passa a ser de 40-50%. Esse comportamento de redução drástica na produção entre 3,0 e 5,0% pode ser explicado pela queda da maioria dos frutos de ‘Valência’ ocorrer no mesmo período (a partir de agosto/setembro), não acumulando na planta os frutos com severidades muito altas, o que contribui para a observação de quedas similares em plantas com severidades de 5,0 a 10%. A redução significativa da produção somente a partir

de 3,0% de severidade da doença na planta está associada com o aumento da queda prematura também observado após este nível de severidade, quando a incidência já está próxima a 100%.

A quantificação de danos, embora seja útil, é escassa principalmente para a cultura dos citros (Laranjeira, 2006). A dificuldade em estabelecer uma relação quantitativa entre a severidade de doenças e produção de árvores perenes se deve principalmente à alta variabilidade de produção de árvores individualmente, com o mesmo nível de severidade. As plantas de citros apresentam um comportamento bienal de produção, onde há alternância de produção, provocando variações temporais de produção de frutos individualmente nas árvores (Bassanezi et al., 2007; Ye et al., 2008; Bassanezi et al., 2011). Diferente da cultura do café, onde a alternância de produção é homogênea por bloco de plantas na mesma safra, em citros as plantas vizinhas mostram comportamentos diferentes na mesma safra, o que dificulta o estabelecimento de perdas com alta precisão (Bassanezi et al., 2011).

Na década de 2000, alguns trabalhos foram realizados envolvendo doenças de citros e quantificação de danos, mas devido à variação de produção, as equações estimadas pelo modelo exponencial negativo entre danos e intensidade de CVC, HLB e PFC apresentaram coeficientes de correlação relativamente baixos, variando de 0,10 a 0,45 (Gonçalves et al., 2010; Bassanezi et al., 2011; Silva Junior, 2011;). Esses coeficientes foram um pouco inferiores ao encontrado para a relação entre severidade de MPC e produção ($R^2=0,49$), estimada pelo modelo logístico negativo, uma vez que nesses trabalhos foram utilizados dados de plantas individuais e não uma média das plantas submetidas ao mesmo tratamento para o controle da mancha preta. Portanto, assim como foi observado para outras doenças, a variação na produção também é influenciada por outros fatores, além dos danos causados pela MPC.

Este é um trabalho pioneiro no estabelecimento de uma função de dano para o patossistema *P. citricarpa*-citros. O estudo contempla dados de diferentes pomares adultos de laranja 'Valência', uma das variedades mais afetadas pela doença, devido a maturação tardia dos frutos (Kotzé, 1981; 2000). Uma função ideal deve fornecer o mesmo dano na produção para um determinado nível de doença em diferentes condições (Savary et al., 2006). Neste estudo foram utilizados dados de nove campos experimentais, conduzidos em quatro safras, com as plantas submetidas a 88 diferentes tratamentos, demonstrado que esta função pode ser utilizada para representar os danos sobre a produção das plantas dessa variedade estudada. A maioria dos estudos relacionados a danos causados por doenças de plantas recebe críticas uma vez que desconsideram a importância do hospedeiro (Bergamin Filho et al., 1995). Para este patossistema, a relação doença-dano obtida, além de ser influenciada pela variação natural de

produção das plantas, pode ter sido influenciada por outros fatores que colaboram para a queda prematura de frutos. Entretanto, a função estabelecida poderá auxiliar o citricultor a definir o momento ideal de colheita dos diferentes pomares, uma vez que a severidade média da doença na planta pode fornecer estimativa de perda na produção. Uma função mais complexa poderá ser estabelecida em trabalhos futuros, envolvendo os demais fatores que interferem na queda prematura dos frutos com sintomas de mancha preta, que incluem irrigação, nutrição, estresse hídrico, aplicação exógena de bioreguladores e ocorrência de outras doenças.

3.2 Influência de variáveis do controle químico na intensidade da doença

Dentre as variáveis independentes associadas ao controle químico estudadas, as que mais interferiram na eficiência do controle sobre a incidência de mancha preta foram período de controle e doses de cobre e de estrobilurina. Para os dados de severidade, todas as variáveis estudadas, exceto o volume de calda, influenciaram significativamente na eficiência do controle (Tabela 13).

Tabela 13. Coeficiente beta da análise multivariada para as variáveis associadas ao controle químico, número de pulverizações, intervalo entre aplicações de estrobilurina (dias), período de controle e período sem proteção (dias), volume de calda (mL/m^3) e doses de cobre e estrobilurina (mg/m^3) sobre a incidência e severidade (%) da mancha preta dos citros em pomares de laranja doce ‘Valência’.

Pulverizações (n°)	Intervalo estrobilurina (dias)	Período de controle (dias)	Volume de calda (mL/m^3)	Dose de cobre (mg/m^3)	Dose de estrobilurina (mg/m^3)	Intercepto	R ²	F	P
Incidência (%)									
0,25	0,19	-0,48*	0	-1,34*	0,70*	84,26	0,72	30,84	0,00001
Severidade (%)									
0,61*	0,45*	-0,71*	-0,02	-1,02*	0,44*	1,35	0,71	28,63	0,00001

*Valores significativos ($p < 0,05$).

O controle químico da mancha preta dos citros é eficiente e lucrativo, podendo gerar retornos de R\$5,00 a R\$25,00 para cada R\$1,00 investido (Del Rovere, 2013, Silva, 2013a,b; Metzker, 2014). Essa relação custo-benefício pode ser alterada em função de diferentes variáveis associadas com o programa de aplicação de fungicidas, principalmente as analisadas neste trabalho. Foi possível verificar que, em pomares adultos de laranja ‘Valência’, o controle deve respeitar o período de proteção recomendado (180 a 210 dias), sem que haja intervalos

entre aplicações acima do recomendado, uma vez que essas duas variáveis influenciaram negativamente o controle químico da mancha preta nos campos experimentais estudados. Nos campos 1 e 2 foram realizadas de nenhuma a quatro aplicações de estrobilurina após as duas iniciais com cúpricos, proporcionando períodos de controle de 60 a 220 dias, que levaram a diferentes níveis da doença, sendo um controle eficiente observado quando o programa de proteção foi mantido por 180 dias. Neste trabalho, o número de pulverizações esteve associado ao período de controle (Metzker, 2014). Esses resultados sugerem que o controle químico deve ser realizado durante o período chuvoso, onde normalmente se estende no período de setembro/outubro a março/abril, totalizando de 180 a 210 dias, respeitando-se os intervalos recomendados de pulverização de cobre de 21 a 28 dias e de estrobilurina de 35 a 42 dias (Vinhas, 2011; Scaloppi et al., 2012; Silva Junior & Spósito, 2014).

As doses de estrobilurina e de cobre afetaram significativamente a eficiência do controle na redução da incidência e da severidade da MPC. Isso pode estar relacionado a grande variação nas doses do fungicida cúprico de 21 a 113 mg de cobre metálico/m³ e da estrobilurina de 1,9 a 4,7 mg de i.a./m³ nos diferentes campos experimentais do estudo. Em todos os campos, os intervalos entre aplicações de cobre variaram de 27 a 30 dias e não foi considerado nesta análise. Entretanto, o intervalo entre aplicações de estrobilurina mesmo variando de 20 a 42 dias, influenciou apenas na eficiência do controle químico sobre a severidade. No trabalho realizado por Silva (2013b), foram estudados três intervalos entre aplicações de estrobilurina (20, 30 e 40 dias) e todos eles foram eficientes para promover um controle eficiente da mancha preta, sendo uma leve tendência de controle mais eficiente para o menor intervalo. A variável volume de calda não interferiu significativamente na eficácia do controle tanto para incidência quanto para severidade, demonstrando que volumes entre 50 e 125 mL de calda/m³ de copa teriam potencial para serem usados nos pomares. No experimento conduzido por Silva (2013b) diferentes volumes foram testados e mostraram-se eficientes no controle da doença, com uma tendência de controle um pouco menos eficiente para o menor volume avaliado que foi de 50 mL/m³ e eficiência similar para volumes entre 75 e 125 mL/m³, sendo este maior volume o padrão adotado por grande parte dos citricultores paulistas.

Com estes resultados é possível inferir que equívocos cometidos durante as pulverizações de fungicidas, principalmente relacionados ao atraso nas pulverizações, tornando as plantas desprotegidas por um longo período, ou o uso de doses inadequadas de produtos, contribuem para o aumento da intensidade da doença nos frutos.

4. CONCLUSÕES

As relações entre incidência e severidade da mancha preta dos citros nos frutos, incidência e queda de frutos, e severidade e queda de frutos podem ser explicadas pelo modelo exponencial.

A incidência de sintomas nos frutos e a porcentagem de queda de frutos causada pela MPC apresentam relação linear e negativa com a produção das plantas.

A produção das plantas adultas de laranja ‘Valência’ está relacionada com a severidade da mancha preta nos frutos, sendo representada pelo modelo logístico negativo, no qual a produção não é afetada em plantas com severidade inferior a 2,5%.

Dentre as variáveis estudadas, o período de controle e as doses dos fungicidas foram as que mais interferiram na eficiência do controle químico da mancha preta em pomares adultos de laranja ‘Valência’.

REFERÊNCIAS

- Aguilar-Vildoso, C.I., Ribeiro, J.G.B., Feichtenberger, E., Goes, A. de, Spósito, M.B. 2002. **Manual técnico de procedimentos da mancha preta dos citros**. MAPA/DAS/DDIV. 72 p.
- Aguiar, R.L., Scaloppi, E.M.T., Goes, A., Spósito, M.B. 2012. Período de incubação de *Guignardia citricarpa* em diferentes estádios fenológicos de frutos de laranja 'Valência'. **Tropical Plant Pathology** 37:155-158.
- Andrade, T., Theodoro, G.F., Goes, A., Baldassari, R.B. 2004. Mancha preta (*Guignardia citricarpa*) dos citros no Estado de Santa Catarina. **Summa Phytopathologica** 30:126.
- Baldassari, R.B., Reis, R.F., Goes, A. 2004. Relato de mancha preta dos citros em pomares do estado de Minas Gerais. **Fitopatologia Brasileira** 29:126.
- Bassanezi R.B, Montesino LH, Sanches AL, Spósito MB, Barbosa JC, 2007. Effect of citrus sudden death on yield and quality of sweet orange cultivars in Brazil. **Plant Disease** 91:1407–1412.
- Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gasparoto, M.C.G., Bergamin Filho, A., Amorim, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Plant Pathology** 130:577-586.
- Bergamin Filho, A., Lopes, D.B., Amorim L, Godoy, C.V. 1995. Avaliação de danos causados por doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas** 3:133–84.
- Caixeta, M.P., Coraza Nunes, M.J., Vida, J.B., Nunes, W.N., Tessmann, D.J., Zanuto, C.A., Muller, G.R. 2005. Ocorrência da pinta preta dos citros (*Guignardia citricarpa*) no estado do Paraná. **Fitopatologia Brasileira** 30:136.
- Campbell CL, Madden LV, 1990. Introduction to Plant Disease Epidemiology. New York, USA: John Wiley & Sons. James WC, 1974. Assessment of plant disease and losses. **Annual Review of Phytopathology** 12:27–48.
- Costa, H., Ventura, J.A., Aguilar-Vildoso, C.I. 2003. Ocorrência da pinta preta (*Guignardia citricarpa*) em citros no estado do Espírito Santo. **Fitopatologia Brasileira** 28:205. Suplemento.
- Doidge, E.M. 1929. Some diseases of citrus prevalent in South Africa. **South African Journal of Science** 26:320-325.
- Del Rovere, N.S. 2013. Programas de pulverização com fungicidas sistêmicos e cúpricos em diferentes combinações no controle da mancha preta dos citros. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2015. **EPPO Global Database**. Disponível em: <<http://gd.eppo.int/taxon/GUIGCI/distribution>>. Acesso em 19 nov. 2015.

Fagan, C. e Goes, A. 1999. Efeito da severidade da mancha preta dos frutos cítricos causada por *Guignardia citricarpa* na queda de frutos de laranja 'Natal'. **Fitopatologia Brasileira** 24:282. (Suplemento).

Fagan, C. & Goes, A. 2000. Efeito da mancha preta dos frutos cítricos causada por *Guignardia citricarpa* nas características tecnológicas do suco de frutos de laranja 'Natal' e 'Valência'. **Summa Phytopathologica** 26:122.

Feichtenberger, E. 1996. Mancha preta dos citros no Estado de São Paulo. **Laranja** 17:93-108.

Feichtenberger, E., Bassanezi, R.B., Spósito, M.B., Belasque, J. 2005. Doenças dos citros (*Citrus* spp.). In: Kimati, H., Amorim, L., Rezende, J.A.M., Bergamin Filho, A., Camargo, L.E.A. (Eds.). **Manual de fitopatologia: doenças das plantas cultivadas**. São Paulo: Agronômica Ceres. p. 475-476. v. 2.

Ferretti, M.O. 2013. Queda prematura de frutos cítricos relacionados à localização das lesões e severidade de mancha preta. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de defesa da citricultura.

Fundo de Defesa da Citricultura. 2015. Resultados. In:_____. **Inventário de árvores do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro: retrato dos pomares em março de 2015**. Araraquara, SP:Fundecitrus. p. 25-31.

Gasparotto, L., Goes, A., Pereira, J.C.R., Baldassari, R.B. 2004. Ocorrência da Mancha preta (*Guignardia citricarpa*) dos citros no Estado de Amazonas. **Summa Phytopathologica** 30:126.

Gaunt RE, 1995. The relationship between plant disease and severity and yield. **Annual Review of Phytopathology** 33:119-44.

Goes, A., Feichtenberger, E. 1992. Ocorrência da mancha preta causada por *Phyllosticta citricarpa* (McAlp) em pomares cítricos do Estado de São Paulo. Anais. **Congresso Brasileiro de Fitopatologia**, 10. Aracajú, Sociedade Brasileira de Fitopatologia. 1993. p. 318.

Goes, A., Baldassari, R.B., Feichtenberger, E., Aguilar-Vildoso, C.I., Spósito, M.B. 2000. Cracked spot, a new symptom of citrus black spot in Brazil. **Proceedings of the International Society of Citriculture**. Orlando. p 1001-1002.

Gonçalves, F.P., Stuchi, E.S., Lourenco, S.A., Hau, B., Amorim, L. 2012. Relationship between sweet orange yield and intensity of Citrus Variegated Chlorosis. **Plant Pathology** 61:641-647.

James, W.C. 1974. Assessment of plant disease and losses. **Annual Review of Phyttopathology** 12:27-48.

Kiely, T.B. 1948. Preliminary studies on *Guignardia citricarpa* spp.: the ascigerous stage of *Phoma citricarpa* and its relation to black spot of citrus. **Proceedings of the Linnean Society of New South Wales** 73:249-292.

- Klotz, L.J. 1978. 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**. Davis, CA: University of California. p. 1-66.
- Kotzé, J.M. 1981. Epidemiology and control of citrus black spot in South Africa. **Plant Disease** 65:945-950.
- Kotzé, J.M. 1988. Black spot. In: Whiteside, J.O., Garnsey, S.M., Timmer, L.W. (Ed.). **Compendium of Citrus Disease**. St Paul: APS Press. p. 10-12.
- Kotzé, J.M., 2000. Citrus black spot. In: Timmer, L.W., Garnsey, S.M., Graham, J.H. (Ed.). **Compendium of Citrus Diseases**. 2 ed. Saint Paul, Minnesota: APS Press. p. 23-25.
- Laranjeira, F.F., Feichtenberger, E., Bassanezi, R.B., Spósito, M.B. 2005. Manejo Integrado de doenças de citros. In: Mattos Júnior, D., De Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Junior, J. (Ed.). **Citros**. Campinas, SP: Instituto Agrônômico de Campinas. p. 631-652.
- Madden L.V., Hughes, G., Van Den Bosh, F. 2007. Epimecs and crop yield. In: _____. **The Study of Plant Disease Epidemics**. Minnesota: APS Press. cap 12. p. 353-410.
- Marin, D.R., Olivetti, M., Spósito M.B., Silva Júnior, G.J. 2011. Correlação entre a localização dos sintomas nos frutos e a vulnerabilidade à queda prematura de frutos de laranja ‘Pera’ afetados pela mancha preta dos citros. **XLIV Congresso Brasileiro de Fitopatologia**. Bento Gonçalves, RS, Tropical Plant Pathology. v. 36.
- McRoberts N, Hughes G, Madden LV, 2003. The theoretical basis and practical application of relationships between different disease intensity measurements in plants. **Annals of Applied Biology** 142:191–211.
- McOnie, K.C. 1964. The latent occurrence in citrus and other hosts of a *Guignardia* easily confused with *G. citricarpa*, the citrus black spot pathogen. **Phytopathology** 54:40-43.
- Metzker, T.G. 2014. Determinação das épocas de aplicação de estrobilurina no controle da mancha preta dos citros. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de defesa da citricultura.
- Neves, M. F., Trombin, V. G., Milan, P., Lopes, F. F., Cressoni, F., Kalaki, R. 2010. Uma visão geral. In: _____. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto, SP:Markstrat. p. 8-9.
- Paul, I., Van Jaarsveld, A.S., Korsten, L., Hattingh, V. 2005. The potential global geographical distribution of citrus black spot caused by *Guignardia citricarpa* (Kiely): likelihood of disease establishment in the European Union. **Crop Protection** 24:297-308.
- Pereira, A., J.C.R., Baldassari, R.B. 2004. Ocorrência da mancha preta (*Guignardia citricarpa*) dos citros no Estado de Amazonas. **Summa Phytopathologica** 30:126.
- Robbs, C.F., Pimentel, J.P., Ribeiro, R.L.D. 1980. A mancha preta dos frutos cítricos causada por *Phoma citricarpa*. **Fitopatologia Brasileira** 13:455.

Rossetti, V. 2001. Doenças causadas por fungos. In: _____. **Manual ilustrado de doenças dos citros**. Piracicaba: Fealq/Fundecitrus. p. 127.

Savary, S., Teng, P.S., Willocquet, L., Nutter Junior, F.W. 2006. Quantification and modeling of crop losses: a review of purposes. **Annual Review of Phytopathology** 44:89–112.

Scaloppi, E.M.T. 2010. Mancha preta do citros: técnicas de manejo e queda precoce de frutos. **Tese de Doutorado**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista.

Scaloppi, E.M.T., Aguiar, R.L., Goes, A.D., Sposito, M.B. 2012. Efeito do manejo cultural e químico na incidência e severidade da mancha-preta dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura** 34:102-108.

Silva, A.R.P. 2013a. Avaliação de fungicidas e da substituição de óleo mineral por adjuvante organossiliconado com redução do volume de calda no controle da mancha preta dos citros. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

Silva, F.P. 2013b. Adequação de doses de fungicidas, volume de calda e intervalo de aplicações no controle da mancha preta dos citros. **Dissertação de mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de Defesa da Citricultura.

Silva, S.X.B., Nunes, C.C.S., Santana, O.S., Guimarães, R.S., Santos Filho, H.P., Aguilar-Vildoso, C.I. 2012. Serviço de vigilância ativa da defesa agropecuária detectou nova ocorrência fitossanitária na citricultura baiana. **Seagri**. Disponível em: <http://www.seagri.ba.gov.br/bahia_agricola_v9_n2/3_comunicacao04v9n2.pdf>. Acesso em: 29 mai. 2013.

Silva Junior, G.J. 2011. Podridão floral dos citros: dinâmicas temporal e espacial, sensibilidade de *Colletotrichum acutatum* a fungicidas e controle da doença **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Escolha Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo.

Silva Junior, G.J., Pereira, R.G., Marin, D.R., Wulff, N.A., Scapin, M.S., Sala, I. 2012. First report of false melanose symptoms of Citrus Black Spot on sweet orange leaves in Brazil. **XII International Citrus Congress**. Valencia, Spain, International Society of Citriculture (ISC). 2012. p. 260.

Silva Junior, G.J., Spósito, M.B. 2014. **Pinta preta**: medidas essenciais de controle. Araraquara: Fundecitrus. 22 p.

Silva-Pinhati, A.C.O., Goes, A., Wickert, E., Almeida, T.F., Machado, M.A. 2009. Mancha preta dos citros: epidemiologia e manejo. **Laranja** 30:45-64.

Spósito M.B. 2003. Dinâmica temporal e espacial da mancha preta (*Guignardia citricarpa*) e quantificação dos danos causados à cultura dos citros. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo.

Spósito, M.B., Amorim, L., Belasque Júnior, J., Bassanezi, R.B., Aquino, R. 2004. Elaboração e validação de escala diagramática para avaliação da severidade da mancha preta em frutos cítricos. **Fitopatologia Brasileira** 29:81-85.

Spósito, M.B., Amorim, L., Ribeiro, P.J., Bassanezi, R.B., Krainski, E.T. 2007. Spatial pattern of trees affected by black spot in citrus groves in Brazil. **Plant Disease** 91:36-40.

Spósito, M.B., Amorim, L., Bassanezi, R.B., Bergamin Filho, A., Hau, B. 2008. Spatial pattern of black spot incidence within citrus trees related to disease severity and pathogen dispersal. **Plant Pathology** 57:103-108.

Spósito, M.B., Amorim, L., Bassanezi, R.B., Yamamoto, P.T., Felipe, M.R., Czermainski, A.B.C. 2011. Relative importance of inoculum sources of *Guignardia citricarpa* on the citrus black spot epidemic in Brazil. **Crop Protection** 30:1546-1552.

Statsoft Inc. 2005. **Statistica for Windows** (data analysis software system), version 7.1. Tulsa, Oklahoma, USA.

Sutton, B.C., Waterston, J.M. 1966. *Guignardia citricarpa*. In:_____. **Descriptions of Pathogenic Fungi and Bacteria**. Wallingford, UK: CAB International. p. 85.

Tabachnick, B., Fidell, L.S. 1996. **Using multivariate statistics**. 3^a ed. New York: Harper Collins.

Tazima, Z.H., Auler, P.A.M., Neves, C.S.V.J., Yada, I.F.U., Leite Junior, R.P. 2008. Comportamento de clones de laranja ‘valência’ na região norte do Paraná. **Revista Brasileira de Fruticultura** 30:970-4.

Vieira Junior, J.R., Fernandes, C.F., Almeida, U.O., Minosso, S.C.C., Bezerra, J.V.B., Silva, D.S.G., Ogirodowczyk, L., Fernandes Neto, A., Silva, R.B., Moreno, G. 2012. Levantamento da ocorrência da pinta-preta-dos-citros (*Guignardia citricarpa*) em Rondônia - primeira atualização. **Comunicado técnico** 380:2-3.

Vinhas, T. 2011. Controle químico de *Guignardia citricarpa*, agente causal da mancha preta dos citros em frutas de laranja ‘Valência’. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de defesa da citricultura.

Ye, X., Sakai, K., Asada, S., Sasao, A. 2008. Application of narrow-band TBVI in estimating fruit yield in citrus. **Biosystems Engineering** 99:179-189.