Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”

Disseminação primária e influência de fontes de inóculo sobre o progresso temporal do *Huanglongbing* em pomares com manejo da doença e seu vetor (*Diaphorina citri*)

Josicléa Hüffner Arruda

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2017

Josicléa Hüffner Arruda
Engenheira Agrônoma

Disseminação primária e influência de fontes de inóculo sobre o progresso temporal do
Huanglongbing em pomares com manejo da doença e seu vetor (*Diaphorina citri*)
versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:
Prof. Dr. **JOSÉ BELASQUE JUNIOR**

Tese apresentada para obtenção do título de Doutora em
Ciências. Área de concentração: Fitopatologia

Piracicaba
2017

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP**

Arruda, Josiclêa Hüffner

Disseminação primária e influência de fontes de inóculo sobre o progresso temporal do Huanglongbing em pomares com manejo da doença e seu vetor (*Diaphorina citri*) / Josiclêa Hüffner Arruda. – Versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2017.

122 p.

Tese (Doutorado) - - USP / Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

1. 'Ca. Liberibacter asiaticus' 2. Controle químico do psilídeo 3. Modelo monomolecular 4. Erradicação de plantas l. Título

Dedico

Aos meus pais José e Simone por tudo o que representam e por todo amor que tenho por vocês, e ao meu noivo Kassiano que foi companheiro em todas as horas.

AGRADECIMENTOS

A Deus pela oportunidade da vida, por ser fonte de força e determinação.

Ao meu orientador professor Dr. José Belasque pela contribuição ao meu desenvolvimento profissional e pelo incentivo a extrair o máximo do meu potencial.

Ao professor Dr. Armando Bergamin Filho pela paciência, apoio, por sempre estar disposto a ensinar e compartilhar seus conhecimentos.

Aos proprietários e funcionários das propriedades citricultoras analisadas nesse trabalho, pela disponibilização dos dados e por todo auxílio e suporte.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) pelo apoio financeiro.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão de bolsas e pela oportunidade do período sanduíche desenvolvido na Universidade de Salford-UK.

À Universidade de Salford e ao professor Dr. Stephen Parnell pela contribuição no meu desenvolvimento profissional e por toda atenção dispensada durante o período sanduíche.

À Juliana Baggio, Maria Cândida Gasparoto e à professora Dra. Lilian Amorim pelo auxílio com as análises epidemiológicas.

À Gressa e à Kelly pela parceria nos trabalhos, risadas e apoio nos momentos difíceis.

À Meyriele por ser uma amiga tão sincera e companheira.

Ao meu noivo Kassiano pelo apoio, carinho, compreensão e companheirismo.

Aos meus pais José e Simone e ao meu irmão Rodrigo por todo amor e confiança.

Aos amigo(a)s da pós graduação: Thiago, Ricardo, Renan, Rafael, Juliana, Isabela, Juan, Barbara, Antonio, André, Rafaela e Alice, pela amizade, apoio e pelos bons momentos.

Aos funcionários do Departamento de Fitopatologia e Nematologia da ESALQ por todo auxílio e pela boa convivência, em especial à Fabiana e à Silvia.

A todos que direta ou indiretamente contribuíram com o desenvolvimento deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

EPÍGRAFE

“Julgue seu sucesso pelas coisas que você teve que renunciar para consegui-lo”

Dalai Lama

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
LISTA DE FIGURAS	9
LISTA DE TABELAS	13
1. INTRODUÇÃO	15
2. REVISÃO DE LITERATURA	19
2.1. CITRICULTURA E HUANGLONGBING	19
2.2. <i>DIAPHORINA CITRI</i>	20
2.3. EPIDEMIOLOGIA E MANEJO DO HLB	21
3. MATERIAL E MÉTODOS	25
3.1. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁREAS E COLETA DE DADOS	25
3.2. MANEJO DO HLB	27
3.3. PROGRESSO TEMPORAL DE PLANTAS ERRADICADAS COM HLB	30
3.4. DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>DIAPHORINA CITRI</i>	34
3.5. DISTRIBUIÇÃO ESPACIAL DE HLB E <i>DIAPHORINA CITRI</i>	36
3.6. ANÁLISES ESTATÍSTICAS	36
4. RESULTADOS	39
4.1. PROGRESSO TEMPORAL DE HLB	39
4.2. DINÂMICA POPULACIONAL DE <i>DIAPHORINA CITRI</i>	59
4.3. DISTRIBUIÇÕES ESPACIAIS DE HLB E <i>DIAPHORINA CITRI</i>	67
5. DISCUSSÃO	101
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS	113
REFERÊNCIAS	114

RESUMO

Disseminação primária e influência de fontes de inóculo sobre o progresso temporal do *Huanglongbing* em pomares com manejo da doença e seu vetor (*Diaphorina citri*)

O Brasil é o maior produtor e exportador de suco de laranja do mundo e a produção é concentrada em pomares no Estado de São Paulo. Embora a cultura tenha se adaptado bem ao clima tropical predominante no país, essa cultura sofre perdas na produção ocasionadas por doenças, principalmente pelo *Huanglongbing* dos citros (HLB). O HLB dos citros é associado aos procariotos '*Candidatus Liberibacter africanus*', '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' e '*Candidatus Liberibacter americanus*' restritos aos vasos do floema. No Brasil há predominância da bactéria '*Ca. Liberibacter asiaticus*' que é disseminada pelo inseto psíldeo vetor *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Não há controle curativo viável para essa doença, com isso o manejo é realizado de maneira preventiva com a utilização de mudas sadias, *roguing* de plantas sintomáticas e controle químico do vetor. O HLB é considerado uma doença policíclica, contudo, em pomares com manejo intensivo da doença e do vetor acredita-se que as disseminações secundárias praticamente não ocorrem, ou não são predominantes, e a epidemia seria governada pelas disseminações primárias contínuas como sugerido por Bergamin Filho *et al.* (2016). Com isso, esse estudo teve por objetivo demonstrar por meio de análises epidemiológicas o progresso temporal do HLB em quatro propriedades comerciais de citros as quais realizam o manejo da doença e do vetor. Além disso, outro objetivo foi demonstrar, com ajustes do modelo monomolecular, a importância da disseminação primária nessas propriedades. E ainda, verificar a influência de áreas vizinhas, comerciais e não comerciais, na distribuição espacial da doença e do vetor e assim estabelecer hipóteses acerca da localização das fontes de inóculo primário para as epidemias estudadas. O modelo monomolecular foi ajustado adequadamente aos dados de plantas erradicadas das propriedades A, B, C e D, com ajustes significativos ($p < 0,05$) em 88,3%, 81,6%, 64,5% e 69,8% das tentativas (combinações de anos e talhões). A taxa média de progresso da doença pelo modelo monomolecular (r_M) foi de 7,9; 6,9; 7,2 e 4,5 para as propriedades A, B, C e D, respectivamente. Contudo, de modo geral, as taxas (r_M) não apresentaram-se correlacionadas com as incidências acumuladas da doença. Lotes de perímetro apresentaram incidências de HLB mais elevadas, assim como maior número de psíldeos, em relação aos lotes internos das propriedades, indicando maior influência de fontes de inóculo externas. Plantas não comerciais de citros sem o manejo da doença e do vetor foram as fontes de inóculo primário responsáveis pelas epidemias de HLB observadas nessas quatro propriedades.

Palavras-chave: '*Ca. Liberibacter asiaticus*'; Controle químico do psíldeo; Modelo monomolecular; Erradicação de plantas

ABSTRACT

Primary spread and influence of sources of inoculum on *Huanglongbing* temporal progress in groves with management of disease and vector (*Diaphorina citri*)

Brazil is the world's largest orange juice producer and exporter, and São Paulo State is the major producing region. Although the citrus crop is well adapted to the tropical climate in Brazil, the crop has been suffering many losses due to diseases, mainly by citrus *Huanglongbing* (HLB). The disease is associated with prokaryotes '*Candidatus Liberibacter africanus*', '*Candidatus Liberibacter americanus*' and '*Candidatus Liberibacter asiaticus*' which are spread by the psyllid vector *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). There is no feasible curative control to this disease. Therefore, the management is carried out to prevent the disease based on eradication of symptomatic trees, chemical sprays against the psyllid, and using HLB-free nursery citrus plants. The HLB is considered a polycyclic disease, however, in orchards with rigorous disease and vector management it is suggested that secondary spread does not occur or are not prevalent, and the epidemic would be ruled by the continuous primary spread as suggested by Bergamin Filho *et al.* (2016). Therefore, the aim of this study was demonstrate by epidemiological analysis the HLB temporal progress in four commercial citrus areas with management of disease and vector. Furthermore, another aim was demonstrate the importance of primary spread in these areas by monomolecular model adjustment. In addition, verify the influence of neighbouring areas, commercial or non-commercial, in the spatial distribution of the disease and vector. Afterwards, generate hypotheses about the location of primary sources of inoculum to the studied epidemics. The monomolecular model was properly adjusted to data of plant eradication in the areas A, B, C and D, with significant adjustments ($p < 0,05$) in 88.3%, 81.6%, 64.5% and 69.8% of the attempts (combining years and plots). The average rate of disease progress by monomolecular model (r_M) was 7.9; 6.9; 7.2 and 4.5 to the areas A, B, C e D, respectively. However, in general, there is no correlation between the disease rates (r_M) and HLB incidence. Plots located in the perimeter presented higher HLB incidences and higher number of psyllids than internal plots in the studied areas. This suggested the major influence of external sources of inoculum. Non-commercial citrus trees without disease and vector management were the primary sources of inoculum responsible for causing the HLB epidemics in the studied areas.

Keywords: '*Ca. Liberibacter asiaticus*'; Psyllids chemical control; Monomolecular model; Plant eradication

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Número de aplicações anuais, por lote, de inseticidas sistêmicos via *drench* na propriedade A. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote. 28
- Figura 2.** Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2006 a junho de 2016, na propriedade A. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote. 29
- Figura 3.** Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2012 a junho de 2016, na propriedade B. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote. 30
- Figura 4.** Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2012 a junho de 2016, na propriedade C. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote. 31
- Figura 5.** Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2012 a junho de 2016, na propriedade D. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote. 33
- Figura 6.** Mapas das propriedades A, B, C e D com a separação de lotes em perímetro (azul) e interno (verde). 35
- Figura 7.** Incidência acumulada (%) e AUDPC* para as propriedades A, B, C e D. 39
- Figura 8.** Regressão linear entre a incidência de HLB (%) e a AUDPC* considerando todos os lotes analisados das propriedades A, B, C e D. 40
- Figura 9.** A) Incidências (%) de plantas erradicadas com HLB nas propriedades A, B, C e D, de 2007 a 2016; e B) Incidências (%) acumuladas de plantas erradicadas com HLB nas propriedades A, B, C e D no mesmo período. Os dados do ano 2016 são até outubro. 41
- Figura 10.** Incidências acumulada (%) de plantas com HLB dos lotes das propriedades A, B, C e D. Os números de lotes nessas propriedades são 34, 67, 97 e 35, respectivamente. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos de incidência da doença, barras horizontais referem-se a mediana e losangos representam as médias. 42
- Figura 11.** Valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC*) determinados para os lotes das propriedades A, B, C e D. O número de lotes nessas propriedades é de 34, 67, 97 e 35, respectivamente. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos de incidência da doença, barras horizontais referem-se a mediana e losangos representam as médias. 42
- Figura 12.** Incidências (em proporção) de plantas erradicadas com HLB (círculos vazios) e progressos anuais determinados com os modelos logístico e de Gompertz (linhas) para lotes localizados em perímetro (esquerda) e internamente (direita) nas propriedades A, B e C. Para cada lote são apresentadas as taxas de progresso determinadas nos ajustes com os modelos logístico (r_L) e de Gompertz (r_G). 51
- Figura 13.** Taxas de progresso temporal estimadas com o modelo logístico (r_L) para os lotes das propriedades A, B, e C. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas

aplicando-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de todos os lote..... 52

Figura 14. Taxas de progresso temporal estimadas com o modelo de Gompertz (r_G) para os lotes das propriedades A, B, e C. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de todos os lote..... 52

Figura 15. Relação entre o inóculo inicial (y_0) observado e as taxa de progresso estimada pela modelo logístico (r_L) para 178 lotes das propriedades A, B e C..... 53

Figura 16. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade A. 54

Figura 17. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade B..... 55

Figura 18. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade C..... 56

Figura 19. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade D. 57

Figura 20. Taxas de progresso da doença, estimadas com o modelo monomolecular, para lotes localizados no perímetro (lado esquerdo) e interno (lado direito) nas propriedades A, B, C e D. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de cada lote. 58

Figura 21. Taxas de progresso temporal estimadas com o modelo monomolecular (r_M) para os lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de todos os ajustes de cada propriedade. 59

Figura 22. Médias trimestrais de adultos de *D. citri*/armadilha em lotes das propriedades A, B, C e D. Losangos representam as médias e as barras verticais representam o erro padrão da média. 60

Figura 23. Médias de adultos de *D. citri*/armadilha de julho de 2012 a outubro de 2016, para lotes localizados no perímetro (lado esquerdo) e interno (lado direito) nas propriedades A, B, C e D. As barras verticais representam o erro padrão da média. 62

Figura 24. Médias de adultos de *D. citri*/armadilha para os lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes. 63

Figura 25. Número de detecções de adultos de *D. citri* em armadilhas nos lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes. 63

- Figura 26.** Médias de detecções anuais de ovos, ninfas ou adultos de *D. citri* (por lote) em inspeções de ramos nas propriedades A, B, C e D. Losangos representam as médias e as barras verticais representam o erro padrão da média..... 64
- Figura 27.** Médias de detecções de ovos, ninfas e adultos de *D. citri* (por lote) detectados em ramos, de julho de 2012 a outubro de 2016, para lotes localizados no perímetro (lado esquerdo) e interno (lado direito) nas propriedades A, B, C e D. As barras verticais representam o erro padrão da média. 65
- Figura 28.** Número de detecções de ovos, ninfas e adultos em ramos para os lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes..... 66
- Figura 29.** Proporção de ramos (%) com ovos, ninfas e adultos de *D. citri* em inspeções de plantas nos lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes. 66
- Figura 30.** Incidências de HLB, em porcentagem, em lotes de perímetro e internos nas propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste U de Mann Whitney ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos de incidência da doença, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes. 67
- Figura 31.** Mapa da propriedade A referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2007 a novembro de 2016. Escala: 1:18.000. 68
- Figura 32.** Focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade A..... 69
- Figura 33.** Mapa da propriedade A referente ao número de detecções de psílídeos em armadilhas (acima) e média de psílídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:18.000..... 71
- Figura 34.** Mapa da propriedade A referente ao número de detecções de psílídeos em ramos (acima) e média de psílídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:18.000..... 72
- Figura 35.** Mapa da propriedade A referente às taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo Logístico (acima), e média das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular (abaixo). Escala: 1:18.000. 73
- Figura 36.** Mapa da propriedade B referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2007 à novembro de 2016. Escala: 1:40.000. 74
- Figura 37.** Focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade B..... 75
- Figura 38.** Mapa da propriedade B referente ao número de detecções de psílídeos em armadilhas (acima) e média de psílídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000..... 78
- Figura 39.** Mapa da propriedade B referente ao número de detecções de psílídeos em ramos (acima) e média de psílídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000..... 79

Figura 40. Mapa da propriedade A referente às taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo Logístico (acima), e média das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular (abaixo). Escala: 1:40.000.	80
Figura 41. Mapa da propriedade C referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2007 à novembro de 2016. Escala: 1:40.000.	81
Figura 42. Focos de plantas hospedeiras de HLB e <i>D. citri</i> detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade C.	82
Figura 43. Mapa da propriedade C referente ao número de detecções de psílídeos em armadilhas (acima) e média de psílídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000.	85
Figura 44. Mapa da propriedade C referente ao número de detecções de psílídeos em ramos (acima) e média de psílídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000.	86
Figura 45. Mapa da propriedade C referente às taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo Logístico (acima), e média das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular (abaixo). Escala: 1:40.000.	87
Figura 46. Mapa da propriedade D referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2012 à novembro de 2016. Escala: 1:30.000.	88
Figura 47. Focos de plantas hospedeiras de HLB e <i>D. citri</i> detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade D.	89
Figura 48. Mapa da propriedade D referente ao número de detecções de psílídeos em armadilhas (acima) e média de psílídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:30.000.	91
Figura 49. Mapa da propriedade D referente ao número de detecções de psílídeos em ramos (acima) e média de psílídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:30.000.	92
Figura 50. Mapa da propriedade D referente às médias das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular. Escala: 1:30.000.	93
Figura 51. Regressão linear entre a incidência de HLB (%) e a distância (m) da fonte de inóculo mais próxima considerando todos os lotes analisados das propriedades A, B, C e D.	99

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Número de lotes, variedade, porta-enxerto e ano de plantio por lote, para as propriedades citrícolas A, B, C e D.....	25
Tabela 2. Número de plantas por lote, tamanho do lote e espaçamentos entre ruas e plantas para as propriedades A, B, C e D.....	26
Tabela 3. Número de inspeções por lote para detecção de plantas com sintomas de HLB nas propriedades A, B, C e D. São apresentados os números mínimo (mín), máximo (máx) e médio (méd) de inspeções de plantas, realizadas de 2007 a outubro de 2016.....	26
Tabela 4. Número de aplicações anuais via <i>drench</i> em lotes da propriedade D.....	32
Tabela 5. Parâmetros estimados para o modelo logístico, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade A.	43
Tabela 6. Parâmetros estimados para o modelo de Gompertz, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade A.	44
Tabela 7. Parâmetros estimados para o modelo logístico, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade B.	45
Tabela 8. Parâmetros estimados para o modelo Gompertz, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade B.	46
Tabela 9. Parâmetros estimados para o modelo logístico, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade C.	47
Tabela 10. Parâmetros estimados para o modelo de Gompertz, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade C.	50
Tabela 11. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e <i>D. citri</i> , com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de <i>D. citri</i> e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade A.	70
Tabela 12. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e <i>D. citri</i> , com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de <i>D. citri</i> e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade B.	76
Tabela 13. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e <i>D. citri</i> , com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de <i>D. citri</i> e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade C.	83
Tabela 14. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e <i>D. citri</i> , com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de <i>D. citri</i> e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade D.....	90
Tabela 15. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psíldeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psíldeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando todas as propriedades analisadas.	94
Tabela 16. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psíldeos capturados em armadilhas, detecção, número e	

média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade A.....	95
Tabela 17. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade B.....	96
Tabela 18. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade C.....	97
Tabela 19. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade D.....	98

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor e exportador de suco de laranja do mundo, com sua produção concentrada no Estado de São Paulo. A estimativa da safra de laranja 2017/18 é de 364,47 milhões de caixas de 40,8 kg para o cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/sudoeste mineiro (Fundecitrus, 2017a).

A cultura dos citros, oriunda da Ásia, encontrou no Brasil um ambiente bastante favorável ao seu desenvolvimento. Entretanto, mesmo com este elevado potencial produtivo, a cultura sofre diversas perdas em função de pragas e doenças, dentre estas o *Huanglongbing* (HLB). O HLB é a doença mais destrutiva dos citros. Ao menos 16,73% das laranjeiras presentes no parque citrícola de São Paulo e Minas Gerais apresentam sintomas de HLB, conforme levantamento amostral realizado em 2017 (Fundecitrus, 2017b).

Três espécies de bactérias Gram negativas estão associadas a essa doença: '*Ca. Liberibacter asiaticus*' relatada primeiramente na Ásia, '*Ca. Liberibacter africanus*' na África (Jagoueix *et al.*, 1994) e '*Ca. Liberibacter americanus*' no Brasil (Teixeira *et al.*, 2005). Esses microrganismos são procariotos que se multiplicam nos vasos do floema de rutáceas. Essas três espécies de '*Ca. Liberibacter*' associadas ao HLB são diferenciadas taxonomicamente por suas sequências do 16S rDNA (Killiny & Nehela, 2017). O primeiro relato de plantas com HLB no Brasil foi em 2004, no Estado de São Paulo, com a detecção simultânea de '*Ca. Liberibacter americanus*' e '*Ca. Liberibacter asiaticus*' (Teixeira *et al.*, 2005; Coletta-Filho *et al.*, 2004). No entanto, '*Ca. Liberibacter asiaticus*' é a espécie detectada predominantemente nas plantas sintomáticas no Brasil.

A sintomatologia das plantas com HLB caracteriza-se pela presença de "mosqueados" nas folhas (Bové, 2006), com redução no tamanho das mesmas, as quais também ficam em posição vertical (Killiny & Nehela, 2017). Há redução no crescimento das plantas e perda da quantidade e qualidade dos frutos, os quais perdem coloração, se tornam deformados e com tamanho reduzido. Em estágios mais avançados da doença ocorre a queda de folhas e morte de ramos jovens (Bové, 2006). Ocorre ainda o aumento da taxa de abortamento de sementes e abscisão prematura. Assim, o suco produzido utilizando frutos sintomáticos apresenta alta acidez e baixo teor de açúcares (Rosales & Burns, 2011).

Não há variedades resistentes ao HLB, ou mesmo controle curativo viável para essa doença. O manejo é baseado em medidas preventivas, como a utilização de mudas sadias,

controle químico do inseto vetor, o psíldeo *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), e a erradicação de plantas sintomáticas (Aubert, 1990). Apesar de parte dos produtores comerciais de citros em São Paulo realizar o manejo recomendado para o HLB, a doença continua avançando. Assim, para se definir uma estratégia de manejo mais eficaz é essencial que se aprofunde o conhecimento epidemiológico acerca da doença. Mais especificamente, para o HLB, uma doença disseminada por inseto vetor, é essencial se conhecer quais são as efetivas fontes de inóculo que resultam em contínuas infecções em pomares comerciais que recebem intensivo manejo da doença e do vetor.

As epidemias de doenças de plantas são definidas, tradicionalmente, conforme a origem da fonte de inóculo que atinge o hospedeiro ao longo do desenvolvimento da doença, podendo ser classificadas como epidemias policíclicas e monocíclicas. As epidemias policíclicas são governadas pela disseminação secundária, ou seja, o inóculo que causa a infecção é produzido durante o curso da epidemia por indivíduos previamente infectados dentro da mesma estação de cultivo (Bergamin Filho *et al.*, 2016). Já para as doenças denominadas monocíclicas, o inóculo que causa a infecção não é produzido por indivíduos infectados durante o curso da mesma epidemia ou na mesma estação de cultivo. Neste caso, o inóculo primário, responsável por governar o curso da epidemia, é originado em outras fontes, como no solo, em hospedeiros secundários ou, ainda, em um mesmo tipo de hospedeiro, porém em um local diferente (Bergamin Filho *et al.*, 2016).

Além de doenças monocíclicas, em que a epidemia é governada pelo inóculo primário, e as doenças policíclicas, em que a epidemia ocorre em função do inóculo secundário, Bergamin Filho *et al.* (2016) sugeriram um terceiro grupo de doenças. Para esses autores há doenças em que a epidemia ocorre tanto em função do inóculo secundário, como também por disseminações primárias contínuas. Para esses autores, o HLB é um exemplo desse terceiro grupo de doenças. Pomares de plantas cítricas estão constantemente recebendo inóculo de áreas externas por adultos de *D. citri* infectivos, caracterizando a disseminação primária contínua, mas a disseminação secundária também ocorre, pela ação do inseto vetor transmitindo o patógeno para plantas sadias a partir de plantas doentes da mesma área. Outros patossistemas também fazem parte desse terceiro grupo de doenças, como as begomoviroses do tomateiro, no qual o patógeno também é disseminado por um vetor, a mosca branca, e que assim como para o HLB dos citros, o controle do vetor dentro da área de cultivo é realizado, porém a doença continua ocorrendo, o que sugere a maior

importância das disseminações primárias em relação às disseminações secundárias dentro desses patossistemas.

Como discutido por Bergamin Filho *et al.* (2016), embora a frequente aplicação de inseticidas resulte em uma redução eficiente da população de *D. citri*, o manejo local não reduz a incidência final na mesma proporção em que reduz a população do vetor. Isso ocorre porque psílídeos imigrantes contendo a bactéria podem, em muitos casos, transmitir a bactéria para as plantas antes de serem mortos pelos inseticidas. Com isso, levanta-se a hipótese de que em pomares bem manejados, com frequentes pulverizações de inseticidas para o controle do psílídeo, a disseminação secundária praticamente não ocorre, ou é muito baixa, e a epidemia é governada quase que exclusivamente pela disseminação primária. Nesse caso, as fontes de inóculo são áreas mantidas com plantas doentes sem o manejo do vetor. Diante disso, no presente trabalho os objetivos foram caracterizar, com modelos clássicos de epidemiologia temporal, as epidemias de HLB em quatro propriedades comerciais de citros mantidas com frequentes erradicações e pulverizações para o controle do vetor. Essas epidemias de HLB foram avaliadas quanto à proximidade de áreas externas, comerciais e não comerciais, que poderiam estar atuando como fontes de inóculo, num raio de até cinco quilômetros dessas propriedades. Os dados referentes às detecções de ovos, ninfas e adultos de *D. citri* em ramos e de adultos em armadilhas amarelas também foram utilizados na tentativa de se demonstrar a importância desses locais como fontes de inóculo para a disseminação primária da doença.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Citricultura e Huanglongbing

O Brasil é o maior produtor mundial e maior exportador de suco de laranja, com sua produção concentrada no Estado de São Paulo e triângulo mineiro. A estimativa da safra de laranja 2017/18 é de 364,47 milhões de caixas de 40,8 kg para o cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/sudoeste mineiro, com 68,49 milhões de caixas das variedades Hamlin, Westin e Rubi; 17,42 milhões das variedades Valência Americana, Valência Argentina, Seleta e Pineapple; 114,52 milhões da variedade Pera Rio; 123,04 milhões das variedades Valência e Valência Folha Murcha; e 41 milhões da variedade Natal (Fundecitrus, 2017a).

Em relação à adaptabilidade da cultura da laranja, pode-se dizer que o Brasil apresentou um ambiente ideal para que a cultura se desenvolvesse adequadamente, fato comprovado pela amplitude do período de colheita (Citrus BR, 2010). Ainda assim, nos últimos anos a cultura tem enfrentado sérias perdas devido às doenças, principalmente ao *Huanglongbing* dos citros. Conforme as últimas estimativas divulgadas pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus, 2017b), 16,73% das laranjeiras presentes no parque citrícola de São Paulo e regiões do triângulo/sudoeste mineiro apresentam sintomas do HLB. Essa estimativa revelou que ao menos 32,17 milhões de árvores estão com a doença, e destas, 51% já se encontra em estado avançado, com um quarto da copa apresentando sintomas.

O HLB foi detectado no Brasil pela primeira vez em 2004, na região de Araraquara, no Estado de São Paulo, mas atualmente também se encontra nos estados de Minas Gerais e Paraná (Belasque Jr *et al.*, 2009). Tanto no Brasil quanto na Flórida, a doença se espalhou rapidamente em pomares cítricos comerciais e residenciais. Acredita-se que as introduções de *Diaphorina citri* e do HLB tenham sido resultado direto da ação humana, por meio da movimentação de material vegetal, o que constitui uma ameaça a toda produção comercial de citros no mundo (Gottwald, 2010).

Os agentes causais do HLB provavelmente são procariotos do gênero '*Candidatus Liberibacter*'. No Brasil, a doença foi associada a duas espécies: '*Ca. Liberibacter asiaticus*' e '*Ca. Liberibacter americanus*' (Coletta-Filho *et al.*, 2004; Teixeira *et al.*, 2005). Em 2004, quando o HLB foi detectado, havia uma predominância de '*Ca. Liberibacter americanus*',

porém, desde 2008 tem sido observada a predominância de ‘*Ca. Liberibacter asiaticus*’ (Lopes *et al.*, 2009).

As bactérias causadoras do HLB dos citros são procariotos Gram negativos restritos aos vasos do floema, pertencentes à classe α -*Proteobacteria*, ordem *Rhizobiales* e família *Rhizobiaceae* (Teixeira *et al.*, 2010). Essas bactérias são capazes de causar potenciais distúrbios no metabolismo de seus hospedeiros, gerando os diversos sintomas de HLB. Quando se observa os tecidos infectados pela bactéria, uma das principais alterações anatômicas são a formação e deposição de elevada quantidade de calose, o que faz com que os poros das placas crivadas sejam bloqueados. Também há o acúmulo de sacarose, que se deve, possivelmente, aos distúrbios de transporte nos vasos do floema (Machado *et al.* 2010, Kim *et al.*, 2009).

Os sintomas da doença são caracterizados, inicialmente, pela presença de um ou mais ramos que apresentam folhas de cor amarela, se destacando dos demais, que exibem a coloração verde de ramos não afetados. As folhas presentes nesses ramos afetados perdem parte da sua coloração, não existindo delimitação clara entre as cores verde e amarelo. Esse sintoma característico recebe o nome de “mosqueado” (Bové, 2006). Outro sintoma característico é a redução no tamanho das folhas que adquirem aspecto clorótico e posição vertical (Killiny & Nehela, 2017). Posteriormente, quando a doença já se encontra em estado avançado, ocorre seca e morte dos ponteiros e redução no crescimento da planta, os frutos tornam-se pequenos, deformados e assimétricos, ocorre ainda o aumento das taxas de abortamento de sementes e abscisão prematura, com perdas na quantidade e qualidade dos frutos (Leal *et al.*, 2010; Rosales & Burns, 2011).

2.2. *Diaphorina citri*

O HLB é disseminado entre as plantas cítricas pelo psílídeo vetor *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) (Bové, 2006). A oviposição de *D. citri* ocorre preferencialmente em gemas recém-brotadas (Parra *et al.*, 2010). O período de incubação dos ovos sofre influência das condições meteorológicas e pode variar entre 2,6 a 7,7 dias. O desenvolvimento ninfal ocorre simultaneamente com o desenvolvimento das brotações, e dura aproximadamente 10,6 a 39,6 dias. O adulto de *D. citri* sobrevive por aproximadamente 2 a 3 meses (Nava *et al.*, 2007; Parra *et al.*, 2010; Diniz, 2013; Leal, 2009).

A transmissão da bactéria por *D. citri* nas plantas é composta por um período de aquisição, que ocorre quando adultos e ninfas se alimentam em plantas infectadas, um período de latência, que corresponde ao período necessário para que a bactéria se instale na glândula salivar e possa se reproduzir, e um período de acesso as plantas sadias, quando o inseto irá inocular a bactéria em outras plantas (Grafton-Cardwell *et al.*, 2013). Canale *et al.* (2016) observaram como períodos latente 16,8 e 17,8 dias para ninfas e adultos de *D. citri*, respectivamente, após aquisição de '*Ca. Liberibacter asiaticus*'.

Conforme Kobori *et al.* (2011) o psíldeo inicia a dispersão para outras plantas 3 a 4 dias após a sua emergência. Apesar da dispersão ocorrer o ano todo, sua intensidade é maior no período da primavera (Hall & Hentz, 2011). Em relação às distâncias de dispersão, Gottwald *et al.* (2007) mencionaram que *D. citri* apresenta voos de 25 a 50 m entre plantas de mesmos pomares. Além disso, Tomaseto *et al.* (2016) verificaram uma distância de dispersão de até 220 metros em condições experimentais. Em se tratando da dispersão a longas distâncias, é provável que ocorra em função de repetidos voos de curtas distâncias e pela ação do vento (Arakawa & Mivamolo, 2007; Hall *et al.*, 2012). Contudo há relatos de que o psíldeo *D. citri* é capaz de se locomover a distâncias superiores a dois quilômetros em voos contínuos (Lewis-Rosenblum *et al.*, 2015; Martini *et al.*, 2014).

2.3. Epidemiologia e manejo do HLB

Existem duas formas de disseminação da doença nos pomares cítricos: a primária e a secundária. A disseminação primária, também chamada de aloinfecção, caracteriza-se pela aquisição do patógeno por ninfas ou adultos de *D. citri* fora da área considerada, e sua introdução por adultos infectivos do vetor. Já a disseminação secundária, conhecida ainda como autoinfecção, é caracterizada pela aquisição do patógeno por ninfas ou adultos do vetor em plantas presentes na mesma área e sua transmissão para plantas vizinhas (Bassanezi *et al.*, 2010; 2013a; 2013b; Gottwald *et al.*, 2007). Gottwald *et al.* (2010) observaram ambas as formas de disseminação de HLB em pomares cítricos na Flórida. Segundo Bassanezi *et al.* (2013a; 2013b) o manejo local, ou seja, o controle realizado dentro do pomar comercial de citros, de modo geral, atuaria somente na redução das disseminações secundárias.

Quando da detecção do HLB no Brasil o manejo proposto foi baseado na experiência de citricultores da Ásia e da África do Sul. Esse manejo consistia na produção de mudas em viveiros protegidos da entrada de insetos; na redução do inóculo pela frequente eliminação de plantas sintomáticas; e na manutenção de baixas populações do vetor *D. citri* com aplicações de inseticidas químicos ou biológicos (Aubert, 1990; da Graça, 1991; Bové, 2006; Gottwald *et al.* 2007; Belasque Jr *et al.* 2010a, Belasque Jr *et al.* 2010b).

É importante enfatizar que até o momento não existem variedades de citros resistentes disponíveis ao citricultor, assim como não existem métodos curativos viáveis para serem utilizados comercialmente no controle do HLB. Por essa razão, o manejo da doença tem sido realizado de forma preventiva. Mesmo quando os citricultores empregam as medidas recomendadas para o manejo do HLB em seus pomares, efetuando o manejo local, o progresso da doença continua ocorrendo, e, em função disso, o manejo do HLB pode ser reforçado com pulverizações de inseticidas e *roguing* mais frequentes. Bergamin Filho *et al.* (2016) discutem que embora a frequente aplicação de inseticidas resulte em uma redução eficiente da população do psíldeo *D. citri*, o manejo local tem efeito limitado sobre a taxa de progresso da doença e não reduz a incidência final da doença na mesma proporção em que reduz a população do vetor.

Desde a detecção do HLB em 2004, no Estado de São Paulo, e apesar do conhecimento técnico-científico de se eliminar as fontes de inóculo de '*Ca. Liberibacter spp.*' para manutenção de pomares produtivos, tem sido observado um rápido crescimento da doença em diversos talhões e propriedades citrícolas em todo o Estado (Belasque Jr *et al.*, 2010c). Como recém divulgado, há no parque citrícola atualmente mais de 32,5 milhões de plantas sintomáticas (Fundecitrus, 2017b). Como discutido por Gottwald (2010), a estimativa do progresso do HLB parece lento em comparação com outras doenças transmitidas por vetores no campo e em horticulturas, mesmo com elevadas populações do vetor e predominância de fontes de inóculo. Entretanto, o autor ressalta que a análise do progresso da doença deve considerar a natureza perene dos citros, e, portanto, comparar com outras doenças de plantas arbóreas. Neste caso, a epidemia de HLB pode ser considerada como de rápido avanço.

Diversos autores alertam sobre a importância de produtores comerciais de citros realizarem o manejo do HLB em suas áreas (Bassanezi *et al.* 2013a, 2013b, Gottwald *et al.*, 2010). Conforme Maschio (2011) apresentou, mais de 90% das propriedades em todo

parque citrícola realizavam, anos atrás, pulverizações para o controle de *D. citri*, ou seja, as propriedades comerciais de citros estão, ou pelo menos estavam, organizadas e em grande parte dessas há pulverizações regulares para o controle de *D. citri*. O controle químico do vetor inicia-se, geralmente, com a aplicação de inseticidas sistêmicos em pré-plantio e em pomares em formação, e continua em todas as fases de desenvolvimento das plantas com a aplicação de inseticidas de contato por meio de pulverizações aéreas e terrestres (Belasque Jr *et al.* 2010b). As pulverizações são efetuadas por meio de calendários fixos e intensificadas quando são detectadas elevadas quantidades do psíldeo vetor no monitoramento (Monteiro, 2013). Entretanto, mesmo aliando todos esses esforços a doença continua aumentando nos pomares citrícolas nas regiões do Brasil em que o HLB encontra-se disseminado, mais especificamente em São Paulo e no Paraná. Além disso, a erradicação de plantas não é uma ação adotada com a mesma frequência que pulverizações com inseticidas. Atualmente, parte dos produtores não mais erradica suas plantas sintomáticas, o que resulta, num primeiro momento, na redução direta dos custos de produção e no aumento nas receitas financeiras resultantes da colheita de frutos sem sintomas produzidos pelas plantas sintomáticas. Mas nos médio e longo prazos, há um aumento nas fontes de inóculo existentes para produção de adultos infectivos do vetor, o que certamente refletirá em maior dificuldade no manejo dessa doença.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Caracterização das áreas e coleta de dados

Para esse estudo foram utilizados dados de quatro propriedades citrícolas presentes no Estado de São Paulo, as quais foram denominadas propriedades A, B, C e D. Essas propriedades possuem áreas cultivadas de 645 ha, 1311 ha, 1632 ha e 676 ha, respectivamente. Cada propriedade possui lotes como unidades produtivas e os mesmos foram aqui identificados por ordem numérica arábica seguida da letra referente à propriedade (A, B, C e D). O número de lotes e as demais características, como porta-enxerto, variedade, idade das plantas, número de plantas por lote, tamanho dos lotes e espaçamentos entre ruas e plantas, estão apresentados nas Tabelas 1 e 2.

Tabela 1. Número de lotes, variedade, porta-enxerto e ano de plantio por lote, para as propriedades citrícolas A, B, C e D.

Propriedade	Número de lotes	Variedade	Porta-enxerto	Ano de plantio
A	34	Hamlin (n=12)	Citromelo Swingle (n= 12)	
		Natal (n=7)	Vários (n=1)	2004 (n=1)
		Pera Rio (n=4)	Laranja Caipira (n=1)	2005 (n=31)
		Valência (n=7)	Limão Cravo (n=5)	2010 (n=2)
		Rubi (n=4)	Tangerina Sunki (n=6)	
B	67		Volkameriano (n=9)	
			Citrange Carrizo (n=5)	
		Hamlin (n=8)	Citrange Troyer (n=2)	
		Natal (n=16)	Citromelo Swingle (n= 34)	2004 (n=59)
		Pera Rio (n=18)	Cleópatra (n=8)	2012 (n=8)
C	97	Valência (n=25)	Laranja Caipira (n=1)	
			Laranja Trifoliata (n=8)	
			Tangerina Sunki (n=9)	
		Hamlin (n=24)	Citrange Troyer (n=2)	
		Natal (n=6)	Citromelo Swingle (n= 46)	2003 (n=95)
D	35	Pera Rio (n=29)	Cleópatra (n=20)	2004 (n=2)
		Valência Americana (n=8)	Laranja Trifoliata (n=20)	
			Tangerina Sunki (n=9)	
			Citromelo Swingle (n= 8)	2010 (n=6)
			Cleópatra (n=5)	2011 (n=7)
			Limão Cravo (n=7)	2012 (n=8)
			Tangerina Sunki (n=15)	2013 (n=14)

Tabela 2. Número de plantas por lote, tamanho do lote e espaçamentos entre ruas e plantas para as propriedades A, B, C e D.

Propriedade	Plantas/lote	Tamanho/lote (ha)	Espaçamento ruas x plantas (m)
A	2.105 – 19.200 (média=9.649)	3,4 – 28,9 (média=18,9)	6,5 – 7,0 x 2,0 – 4,1
B	1.631 – 17.511 (média=9.889)	3,2- 31,5 (média=19,6)	6,0 – 6,5 x 2,3 – 3,5
C	580 – 14.135 (média= 6.517)	1,4 – 34,6 (média=16,9)	7,0 x 3,0 – 4,0
D	2.092 – 20.972 (média=12.332)	3,4 – 32,8 (média=19,3)	6,2 – 6,8 x 2,2 – 2,6

A incidência de plantas com HLB foi calculada pela proporção do número de plantas sintomáticas erradicadas nessas propriedades e o número inicial de plantas em cada lote, ou seja, o número de plantas quando do plantio. As primeiras erradicações ocorreram em janeiro de 2007 e os dados utilizados no presente estudo são referentes a essa data até novembro de 2016. As inspeções para detecção de plantas com sintomas de HLB foram realizadas pelos inspetores de cada propriedade. O emprego de plataformas para auxiliar na detecção dessas plantas deu-se a partir de 2012. Na Tabela 3 são apresentados o número de inspeções anuais realizadas em cada fazenda no período de 2007 a 2016. Após detectadas, as plantas sintomáticas foram erradicadas, quando possível, na mesma semana.

Tabela 3. Número de inspeções por lote para detecção de plantas com sintomas de HLB nas propriedades A, B, C e D. São apresentados os números mínimo (mín), máximo (máx) e médio (méd) de inspeções de plantas, realizadas de 2007 a outubro de 2016.

Anos	Propriedades											
	A			B			C			D		
	mín	máx	méd	mín	máx	méd	mín	máx	méd	mín	máx	méd
2007	2	6	3,3	-	-	-	2	7	3,2	-	-	-
2008	6	8	6,9	5	7	5,9	1	4	2,1	-	-	-
2009	9	11	9,8	5	10	7,8	1	6	2,5	-	-	-
2010	2	12	10,2	2	7	5,2	4	7	5,6	1	2	1,7
2011	10	12	11,2	6	10	8,3	3	9	5,5	0	10	5,0
2012	7	11	9,1	2	7	5,1	3	8	5,3	1	10	6,4
2013	4	9	6,6	4	9	6,3	3	8	5,8	3	7	5,4
2014	5	9	7,0	5	10	6,6	3	12	5,2	4	8	5,4
2015	2	7	4,5	2	11	5,4	1	5	2,9	3	8	3,8
2016 ¹	1	4	2,1	0	4	2,2	1	3	1,8	4	7	5,2

¹ Dados coletados até outubro de 2016.

Adicionalmente à erradicação de plantas com sintomas de HLB também foram realizadas inspeções externas a distâncias de até 3 ou 5 quilômetros a partir do perímetro de cada uma das propriedades, com o intuito de localizar e, se possível eliminar, plantas cítricas e de *Murraya paniculata*. Essas inspeções tiveram início em 2014, até 3 quilômetros de distância, mas foram intensificadas em 2015, quando passaram a contemplar áreas presentes até 5 quilômetros. Nessas inspeções foram visitados campos vizinhos, áreas de preservação permanente, pastagens, canaviais, áreas de cultivo de eucalipto, e até mesmo áreas residenciais. Além da eliminação de plantas hospedeiras foram também liberadas, a partir de 2014, milhares de indivíduos do parasitoide *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: Eulophidae), um inimigo natural de *D. citri*.

3.2. Manejo do HLB

Para detecção de ovos, ninfas e adultos de *D. citri*, duas a cinco inspeções mensais foram realizadas em 1% das plantas de cada lote nas quatro propriedades. Nessas plantas, foram observados três ramos em cada inspeção. Para detecção de adultos de *D. citri* também foram utilizadas armadilhas adesivas amarelas, de dimensões 30 x 10 cm (ISCA-Colortrap), fixadas em bambus ou diretamente no terço superior das plantas sempre no perímetro de cada lote. As armadilhas foram trocadas semanalmente e a leitura das mesmas realizada diretamente no campo, até setembro de 2014, e no escritório das fazendas, a partir dessa data. Essas atividades para detecção do vetor foram realizadas por funcionários das propriedades e os dados fornecidos pelos proprietários para o presente estudo.

Adicionalmente ao controle biológico com *T. radiata*, o controle químico de *D. citri* sempre foi realizado com pulverizações com inseticidas conforme calendário pré-estabelecido pelas propriedades. Essas pulverizações, denominadas “terrestres”, foram realizadas com trator e turbo pulverizador. Adicionalmente, novas pulverizações ocorriam em lotes logo após a detecção do vetor em ramos ou armadilhas amarelas, ou seguindo as recomendações de pulverização determinadas pelo “Alerta Fitossanitário” do Fundecitrus (www.fundecitrus.com.br). Em alguns anos foram realizadas, adicionalmente às pulverizações terrestres, pulverizações direcionadas exclusivamente às plantas localizadas nas bordas de cada lote. Nessas pulverizações de “borda” foram utilizados termonebulizadores e suas frequências de aplicação eram a cada uma ou duas semanas em

cada lote. Inseticidas sistêmicos, aplicados em plantas ainda em formação (até aproximadamente 3 anos), foram utilizados na forma de *drench*, com um volume de calda variando de 200 a 1000 mL/planta. Para as pulverizações aéreas foram utilizados volume de calda de 5,0 L/ha com faixa de aplicação de 18 m, quando com avião modelo Ipanema, e 28 m quando com avião modelo *Air Tractor*.

Na propriedade A as aplicações via *drench* foram iniciadas em maio de 2006, quando as plantas estavam com até um ano de idade (Figura 1). Outras aplicações via *drench* foram realizadas nos anos 2011 e 2012 em dois lotes da propriedade (33A e 34A) plantados em outubro de 2010, com duas aplicações por lote em cada ano. As pulverizações aéreas realizadas nessa propriedade A ocorreram em 2007, 2011, 2012, 2015 e 2016, em número de 2, 10, 12, 5 e 1 aplicações por ano, respectivamente. Os números referentes às pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas dos lotes dessa propriedade A estão apresentados na Figura 2.

Figura 1. Número de aplicações anuais, por lote, de inseticidas sistêmicos via *drench* na propriedade A. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote.

Figura 2. Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2006 a junho de 2016, na propriedade A. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote.

Não há dados referentes ao controle químico do vetor nas propriedades B e C antes de 2012, portanto serão apresentadas informações somente a partir de então. Na propriedade B oito lotes (15B, 16B, 17B, 18B, 19B, 20B, 27B e 37B) foram totalmente erradicados e replantados em 2012. Destes lotes, apenas o 27B e 37B receberam uma aplicação via *drench* em 2013. Dos 59 lotes restantes, os quais tiveram plantios em 2004, foi efetuada uma aplicação via *drench* nos lotes 7B, 8B, 9B, 10B e 35B em 2013. Essa aplicação foi direcionada aos replantes, plantados em 2012, já que esses lotes tiveram uma grande quantidade de plantas erradicadas em função do HLB. Na propriedade B foram realizadas 5 pulverizações aéreas em 2012, 9 em 2015 e 2 em 2016. Os números de pulverizações terrestres realizadas na Propriedade B estão apresentados na Figura 3. Na propriedade C foram realizadas pulverizações aéreas nos anos de 2012, 2013, 2014, 2015 e 2016, com 2, 3,

8, 7 e 3 pulverizações anuais, respectivamente. Os números de pulverizações terrestres nessa propriedade estão apresentados na Figura 4.

Figura 3. Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2012 a junho de 2016, na propriedade B. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote.

Os dados de aplicação via *drench* realizadas na propriedade D estão apresentados na Tabela 4. As pulverizações aéreas na propriedade D foram realizadas nos anos 2014, 2015 e 2016, em número de 5, 12 e 5 aplicações por ano, respectivamente. Os lotes 1D e 26D receberam 10 e 2 aplicações de bordadura, respectivamente, no ano de 2012. Os números de pulverizações terrestres efetuadas na propriedade D estão apresentados na Figura 5.

3.3. Progresso temporal de plantas erradicadas com HLB

O progresso temporal da doença em cada lote das quatro propriedades foi determinado com duas diferentes abordagens. Na primeira consideraram-se as perdas

acumuladas de plantas com HLB, ocorridas ao longo de cada ano individualmente (2007, 2008...2016), e essas perdas de plantas, em proporção, foram utilizadas no ajuste do modelo monomolecular (Equação 1). Inicialmente as proporções de plantas erradicadas de cada lote foram plotadas graficamente para a identificação de curvas características desse tipo de modelo. Em seguida, apenas os dados de proporção e tempo que formavam o progresso do tipo monomolecular foram utilizados no ajuste desse modelo. Foram utilizados dados de plantas erradicadas até outubro de 2016.

Figura 4. Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2012 a junho de 2016, na propriedade C. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote.

Na segunda abordagem, considerou-se as perdas anuais acumuladas de plantas com HLB, em proporção, ao longo de todo período (2007 até dezembro de 2015), e esses dados foram testados quanto ao ajuste dos modelos logístico (Equação 2) e de Gompertz (Equação 3). Os ajustes pelo modelo logístico e de Gompertz foram efetuados para dados de

plantas erradicadas das propriedades A, B e C. Todos os ajustes foram testados por regressão não linear entre a proporção de plantas erradicadas e o tempo, dado em anos (Bergamin Filho, 2011):

Equação (1) Monomolecular [$y(t) = b_1(1 - (1 - b_2) \exp(-b_3 t))$]

Equação (2) Logístico [$y(t) = b_1 / (1 + ((b_1/b_2) - 1) \exp(-b_3 t))$]

Equação (3) Gompertz [$y(t) = b_1(\exp(-(-\ln(b_2)) \exp(-b_3 t)))$]

Para os quais:

- b_1 corresponde à estimativa da assíntota máxima;
- b_2 é um parâmetro relacionado ao inóculo inicial [$b_2 = (1 - y_0)/(y_0)$];
- b_3 corresponde à taxa de progresso da doença (r);
- y é a proporção de plantas erradicadas no tempo x ;
- t é o tempo em anos.

Tabela 4. Número de aplicações anuais via *drench* em lotes da propriedade D.

	3 D ¹	4 D ⁴	5 D ⁴	9 D ⁴	10 D ⁴	14 D ²	15 D ²	16 D ¹	17 D ¹
2012	1					1	1	2	1
2013		1	2	1	1	1			
2014									
2015		1	1						
	19 D ²	20 D ⁴	21 D ²	22 D ²	23 D ²	24 D ²	25 D ³	26 D ³	27 D ³
2012			1	1			1	2	1
2013	1	1	2	2	2	1		1	2
2014									
2015		1						1	1
	28 D ³	29 D ³	30 D ³	31 D ³	32 D ³	33 D ⁴	34 D ⁴	35 D ⁴	
2012	1								
2013	2	1	2	1	2	2	2	2	
2014									
2015	1	1	1	1			1		

¹ Lotes com plantio em 2010;

² Lotes com plantio em 2011;

³ Lotes com plantio em 2012;

⁴ Lotes com plantio em 2013.

Figura 5. Número de pulverizações terrestres com inseticidas de contato aplicados em todas as plantas de cada lote, de 2012 a junho de 2016, na propriedade D. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam o número médio de aplicações por lote.

Para os ajustes desses modelos foi utilizado o aplicativo *Statistica* 13.0 (Stasoft, Tulsa, OK, EUA). Os ajustes para cada conjunto de dados foram avaliados em função da significância das análises de variância para a regressão não linear e para os parâmetros estimados pelos modelos, dos valores do coeficiente de determinação (R^2) das regressões, da distribuição dos resíduos plotados ao longo do tempo e dos valores do desvio padrão dos parâmetros estimados pelos modelos (Bergamin Filho, 1995; Campbell & Madden, 1990). As perdas anuais de plantas, em proporção, acumuladas ao longo dos anos para cada lote, foram utilizadas para o cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC* - *Area Under Disease Progress Curve*), padronizada no tempo (*), conforme a Equação 4 (Campbell & Madden, 1990).

$$\text{Equação (4) } AUDPC = \sum((y_i + y_{i+1})/2)(t_{i+1} - t_i),$$

Para a qual:

- y_i e $y_{(i+1)}$ são valores de incidência observados em duas avaliações consecutivas $t_{(i+1)}$ e t_i .

3.4. Dinâmica populacional de *Diaphorina citri*

Para o estudo da dinâmica populacional de *D. citri* foi considerado o período de avaliação de julho de 2012 a outubro de 2016. Primeiramente, foi determinada a média de psílídeos/armadilha, por trimestre, para as propriedades A, B, C e D. Para isso foi considerado o número de psílídeos capturados em armadilhas presentes em cada lote, o número de trocas de armadilhas por mês e o número de meses, de acordo com a Equação 5:

$$\text{Equação (5) } \text{adultos/armadilha} = \frac{N^{\circ} \text{psílídeos}}{\text{Armadilhas} * \text{Trocas} * N^{\circ} \text{meses}}$$

Para a qual:

- N° psílídeos: Total de psílídeos capturados em armadilhas;
- Armadilhas: Número de armadilhas instaladas no lote;
- Trocas: Número de trocas de armadilhas por mês;
- N° meses: Número de meses.

A partir da média de psílídeos em cada trimestre foi calculado o desvio padrão da média por meio da Equação 6:

$$\text{Equação (6) } \sigma = \frac{\sqrt{\sum (x - \bar{x})^2}}{(n-1)}$$

Para a qual:

- x é o total de cada trimestre;
- $\bar{x}$ é a média de todos trimestres;
- n é o número de trimestres.

Posteriormente calculou-se o erro padrão da média a partir da Equação 7:

Equação (7) $SE = \frac{\sigma}{\sqrt{n}}$

Para a qual:

- σ é o desvio padrão (Equação 6);
- n é o número de trimestres.

As médias de adultos/armadilha foram utilizadas na elaboração de gráficos de barras com os lotes divididos em: i) perímetro, que são lotes localizados na borda externa das propriedades; e ii) interno, para lotes que não possuem lados localizados na divisa das propriedades (Figura 6). Foi determinado também o número de detecções de psílídeos em armadilhas em cada propriedade, ou seja, quantas vezes uma armadilha apresentava ao menos um adulto.

Figura 6. Mapas das propriedades A, B, C e D com a separação de lotes em perímetro (azul) e interno (verde).

Para os lotes, grupos de lotes (perímetro e interno) e propriedades foram também calculados: i) o número de detecções de psílídeos nas inspeções de ramos, isto é, o número de vezes em que ovos, ninfas ou adultos de *D. citri* foram detectados em cada inspeção; ii) a

média dessas detecções; e iii) a porcentagem de ramos nos quais foram detectados psílídeos (ovos, ninfas ou adultos)

3.5. Distribuição espacial de HLB e *Diaphorina citri*

Os lotes de perímetro e internos foram comparados quanto às incidências acumuladas de HLB. Também foram construídos mapas de cada propriedade e seus respectivos lotes, utilizando as seguintes variáveis: Incidência de HLB (%), AUDPC*, número de detecções de *D. citri* em armadilhas, média de *D. citri*/armadilha, número e média de detecções de *D. citri* em ramos, média das taxas de progresso determinadas com o modelo monomolecular (r_M) e taxas de progresso da doença pelo modelo logístico (r_L). Para a construção dos mapas foi empregado o programa de geoprocessamento QGIS 2.18.7. Para determinar as distâncias de cada lote e a propriedade mais próxima com plantas cítricas ou de *Murraya paniculata* (fontes de inóculo externas), as coordenadas geográficas dos centroides de cada lote e das propriedades vizinhas, em decimais, foram convertidas para UTM (Universal Transversa de Mercator) pelo programa QGIS. Posteriormente, as distâncias, em metros, foram estimadas com o aplicativo estatístico R. Por último foram testadas a correlação simples entre a incidência de HLB de cada lote e a distância do vizinho mais próximo.

3.6. Análises estatísticas

Grupos de lotes e propriedades foram comparadas entre si quanto à incidência de HLB, AUDPC*, taxas de progresso da doença determinadas nos ajustes dos modelos monomolecular (r_M), logístico (r_L) e de Gompertz (r_G), e das variáveis relacionadas à detecção do vetor em armadilhas amarelas e em ramos.

Os dados foram submetidos ao teste de homogeneidade de variâncias pelo teste de Levene ($p \leq 0,05$), e de normalidade pelo teste de Shapiro-Wilk ($p \leq 0,05$). Quando um desses pressupostos testados foram significativos estatisticamente, empregou-se o teste não paramétrico de comparação de médias de Kruskal-Wallis. Quando os pressupostos para a aplicação da análise de variância foram não significativos, seguiu-se com a análise empregando-se o teste F ($p \leq 0,05$). Em seguida, para análises com teste F significativo para

tratamentos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para a comparação entre duas amostras (como exemplo a incidência de HLB em lotes de perímetro e interno), foi utilizado o teste não paramétrico U de Mann-Whitney. Correlações diretas entre as variáveis foram estimadas pelo índice de correlação de Spearman ($p \leq 0,05$). Todas as análises estatísticas citadas nesse parágrafo foram realizadas com o aplicativo *Statistica* 13.0 (Stasoft, Tulsa, OK, EUA).

4. RESULTADOS

4.1. Progresso temporal de HLB

As propriedades avaliadas apresentaram, até outubro de 2016, porcentagens de plantas erradicadas de 28,2%, 26,7%, 14,4%, e 10,8%, respectivamente para as propriedades C, B, A e D (Figura 7). As propriedades B e C também apresentaram maiores valores para AUDPC* (0,12 e 0,10, respectivamente), em comparação com as propriedades A e D (0,05 e 0,02, respectivamente). Essas duas variáveis apresentaram uma elevada correlação, apresentando coeficiente de determinação de 0,88 ($p < 0,001$) quando foram utilizados os dados de todos os 233 lotes dessas quatro propriedades (Figura 8).

Figura 7. Incidência acumulada (%) e AUDPC* para as propriedades A, B, C e D.

Figura 8. Regressão linear entre a incidência de HLB (%) e a AUDPC* considerando todos os lotes analisados das propriedades A, B, C e D.

Maiores perdas anuais de plantas ocorreram nos anos 2016 (propriedades A, C e D) e 2015 (propriedade B) (Figura 9A). As propriedades B e C, com pomares implantados em 2004, apresentaram, desde 2008 ou 2010, maiores incidências acumuladas que a propriedade A, implantada em 2005. Já a propriedade D, com plantios mais novos (a partir de 2010), apresentou um rápido crescimento da doença em seus lotes nos anos 2015 e 2016 (Figura 9B). As propriedades B e C não diferiram entre si ($p > 0,05$) quanto as incidências acumuladas de HLB e também quanto à AUDPC*, assim como as propriedades A e D (Figuras 10 e 11). No entanto, as maiores perdas de plantas, e também AUDPC*, ocorridas nas propriedades B e C, foram significativamente diferentes das observadas nas propriedades A e D. As incidências médias de plantas erradicadas com sintomas de HLB nas propriedades B e C foram de 27% e 33%, respectivamente. Por outro lado, nas propriedades A e D essas incidências foram 17% e 11%, respectivamente.

Figura 9. A) Incidências (%) de plantas erradicadas com HLB nas propriedades A, B, C e D, de 2007 a 2016; e B) Incidências (%) acumuladas de plantas erradicadas com HLB nas propriedades A, B, C e D no mesmo período. Os dados do ano 2016 são até outubro.

Dos 34 lotes da propriedade A, para 32 foram testados os modelos de progresso temporal logístico e de Gompertz. O modelo logístico se ajustou adequadamente a todos os 32 lotes analisados (Tabela 5). Os coeficientes de determinação desses ajustes variaram de 0,92 a 0,99 e as taxas de progresso de 0,53 a 1,24. O modelo de Gompertz se ajustou para os dados de apenas 8 lotes, com taxas de progresso de 0,30 a 0,55 (Tabela 6).

Figura 10. Incidências acumulada (%) de plantas com HLB dos lotes das propriedades A, B, C e D. Os números de lotes nessas propriedades são 34, 67, 97 e 35, respectivamente. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos de incidência da doença, barras horizontais referem-se a mediana e losangos representam as médias.

Figura 11. Valores da área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC*) determinados para os lotes das propriedades A, B, C e D. O número de lotes nessas propriedades é de 34, 67, 97 e 35, respectivamente. Médias seguidas por letras iguais não diferem pelo teste de Kruskal-Wallis ($p < 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos de incidência da doença, barras horizontais referem-se a mediana e losangos representam as médias.

Tabela 5. Parâmetros estimados para o modelo logístico, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade A.

Lote	y máx. (e.p.) ¹	y0 (e.p.) ²	Taxa (r _L) (e.p.) ³	R ²
1 A	0,10 (0,01)	2,34E-04 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,16)	0,99
2 A	0,06 (<0,01)	2,48E-05 ^{ns} (<0,01)	1,23 (0,16)	0,92
3 A	0,11 (<0,01)	2,08E-04 ^{ns} (<0,01)	1,17 (0,13)	0,99
4 A	0,10 (<0,01)	1,82E-03 ^{ns} (<0,01)	0,96 (0,03)	0,99
5 A	0,10 (0,01)	1,69E-03 ^{ns} (<0,01)	0,76 (0,05)	0,99
6 A	0,22 (0,01)	1,01E-03 ^{ns} (<0,01)	0,97 (0,11)	0,99
7 A	0,10 (0,01)	1,26E-03 ^{ns} (<0,01)	1,01 (0,22)	0,98
8 A	0,05 (<0,01)	4,72E-04 ^{ns} (<0,01)	0,86 (0,06)	0,99
9 A	0,06 (<0,01)	4,56E-04 ^{ns} (<0,01)	0,86 (0,11)	0,99
10 A	0,12 (<0,01)	3,30E-04 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,07)	0,99
11 A	0,22 (<0,01)	1,05E-03 ^{ns} (<0,01)	1,01 (0,04)	0,99
12 A	0,07 (<0,01)	6,68E-04 ^{ns} (<0,01)	0,80 (0,05)	0,99
13 A	0,10 (0,01)	6,09E-04 ^{ns} (<0,01)	0,93 (0,17)	0,99
14 A	0,09 (<0,01)	1,50E-04 ^{ns} (<0,01)	1,24 (0,16)	0,99
15 A	0,14 (<0,01)	1,19E-03 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,07)	0,99
16 A	0,18 (0,01)	3,20E-04 ^{ns} (<0,01)	0,85 (0,10)	0,99
17 A	0,07 (<0,01)	3,94E-04 ^{ns} (<0,01)	1,18 (0,16)	0,99
18 A	0,08 (<0,01)	2,91E-04 ^{ns} (<0,01)	1,01 (0,03)	0,99
19 A	0,07 (<0,01)	4,53E-04 ^{ns} (<0,01)	1,02 (0,06)	0,99
20 A	0,16 (0,01)	4,05E-04 ^{ns} (<0,01)	1,04 (0,08)	0,99
21 A	0,14 (0,01)	1,23E-03 ^{ns} (<0,01)	0,96 (0,12)	0,99
22 A	0,09 (<0,01)	2,46E-04 ^{ns} (<0,01)	1,05 (0,04)	0,99
23 A	0,10 (<0,01)	2,90E-04 ^{ns} (<0,01)	1,02 (0,02)	0,99
24 A	0,22 (0,01)	1,72E-03 ^{ns} (<0,01)	1,17 (0,14)	0,99
25 A	0,20 (0,02)	1,91E-03 ^{ns} (<0,01)	0,77 (0,12)	0,99
26 A	0,09 (0,01)	3,52E-04 ^{ns} (<0,01)	0,95 (0,12)	0,99
27 A	0,19 (0,05)	2,56E-03 ^{ns} (<0,01)	0,62 (0,11)	0,99
28 A	0,13 (0,01)	3,38E-04 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,20)	0,99
29 A	0,16 (0,02)	2,06E-03 ^{ns} (<0,01)	0,81 (0,13)	0,99
30 A	0,27 (0,06)	6,07E-03 ^{ns} (0,01)	0,78 (0,24)	0,96
31 A	0,44 ^{ns} (0,20)	6,13E-03 ^{ns} (<0,01)	0,53 (0,11)	0,99
32 A	0,36 (0,05)	4,81E-03 ^{ns} (<0,01)	0,76 (0,15)	0,98

¹: Assíntota máxima estimada pelo modelo. "e.p." indica o erro padrão da média.

²: Parâmetro relacionado ao inóculo inicial.

³: Taxa de progresso da doença.

^{ns}: Para os três parâmetros do modelo, ^{ns} indica não ter ocorrido diferença significativa (ao nível de 5% de probabilidade de erro) na comparação do respectivo parâmetro com o valor zero.

Dos 67 lotes da propriedade B, para 49 lotes existiam dados (anos) suficientes para as tentativas de ajuste dos modelos. Desses 49 lotes, houve ajuste do modelo logístico para 44, com taxas de 0,28 a 1,40, e de Gompertz para 37 lotes, com taxas de 0,13 a 0,81 (Tabelas 7 e 8). O modelo logístico se ajustou aos dados de progresso temporal de todos os 97 lotes da propriedade C, enquanto que apenas para 37 lotes ocorreram ajustes com o modelo de

Gompertz (Tabelas 9 e 10). Em relação as taxas de progresso para os dados da propriedade C, foram observados valores de 0,85 a 1,88 (logístico) e de 0,45 a 1,00 (Gompertz). Para quase a totalidade dos lotes das propriedades A, B e C o parâmetro relacionado ao inóculo inicial (y_0) não diferiu do valor zero.

Tabela 6. Parâmetros estimados para o modelo de Gompertz, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade A.

Lote	y máx. (e.p.) ¹	y_0 (e.p.) ²	Taxa (r_e) (e.p.) ³	R^2
4 A	0,12 (0,01)	1,63E-04 ^{ns} (<0,01)	0,50 (0,01)	0,99
5 A	0,16 (0,01)	4,77E-04 ^{ns} (<0,01)	0,30 (0,02)	0,99
7 A	0,12 (0,02)	1,55E-05 ^{ns} (<0,01)	0,55 (0,15)	0,98
16 A	0,18 (0,03)	3,20E-04 ^{ns} (<0,01)	0,38 (0,07)	0,99
20 A	0,19 (0,02)	2,07E-08 ^{ns} (<0,01)	0,50 (0,08)	0,99
25 A	0,31 (0,10)	2,02E-04 ^{ns} (<0,01)	0,31 (0,09)	0,99
27 A	0,71 ^{ns} (0,90)	1,64E-03 ^{ns} (<0,01)	0,16 ^{ns} (0,09)	0,98
29 A	0,27 ^{ns} (0,11)	5,38E-04 ^{ns} (<0,01)	0,30 (0,10)	0,99
30 A	0,36 ^{ns} (0,15)	1,12E-03 ^{ns} (<0,01)	0,37 ^{ns} (0,17)	0,97
31 A	1,48 ^{ns} (1,75)	3,03E-03 ^{ns} (<0,01)	0,15 ^{ns} (0,07)	0,99
32 A	0,48 (0,12)	4,42E-04 ^{ns} (<0,01)	0,35 (0,10)	0,99

¹: Assíntota máxima estimada pelo modelo. “e.p.” indica o erro padrão da média.

²: Parâmetro relacionado ao inóculo inicial.

³: Taxa de progresso da doença.

^{ns}: Para os três parâmetros do modelo ^{ns} indica não ter ocorrido diferença significativa (ao nível de 5% de probabilidade de erro) na comparação do respectivo parâmetro com o valor zero.

Exemplos de ajustes obtidos com esses dois modelos estão apresentados na Figura 12. Considerando os totais de plantas erradicadas anualmente, para todos os lotes de cada uma dessas propriedades, o modelo logístico apresentou taxas de progresso de 0,96, 0,69 e 1,23, enquanto que para o modelo de Gompertz as taxas de progresso foram de 0,35, 0,34 e 0,64, respectivamente para as propriedades A, B e C.

As médias das taxas de progresso estimadas para os lotes das propriedades A, B e C diferiram entre si, tendo sido maior para a propriedade C (1,23 para logístico e 0,64 para Gompertz) (Figuras 13 e 14). As médias das taxas para os lotes das propriedades A e B diferiram entre si apenas quando foram empregados os dados dos ajustes com o modelo logístico. Taxas de progresso elevadas, estimadas pelo modelo logístico, ocorreram para lotes com baixo inóculo inicial observado (y_0). Isso pode ser observado na Figura 15, pela regressão não linear significativa ($p < 0,05$) com o modelo exponencial negativo.

Tabela 7. Parâmetros estimados para o modelo logístico, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade B.

Lote	y máx. (e.p.) ¹	y0 (e.p.) ²	Taxa (r _L) (e.p.) ³	R ²
1 B	0,42 (0,06)	4,61E-02 ^{ns} (0,02)	0,64 (0,17)	0,96
2 B	0,83 ^{ns} (2,10)	2,50E-02 ^{ns} (<0,01)	0,34 ^{ns} (0,15)	0,95
3 B	0,47 ^{ns} (0,56)	2,32E-02 ^{ns} (0,01)	0,39 ^{ns} (0,17)	0,95
4 B	0,12 (0,02)	7,53E-03 ^{ns} (<0,01)	0,58 (0,14)	0,98
5 B	0,23 (0,02)	1,68E-02 ^{ns} (<0,01)	0,74 (0,16)	0,98
6 B	0,16 (0,02)	7,68E-03 ^{ns} (<0,01)	0,78 (0,18)	0,97
7 B	0,20 (0,02)	9,59E-03 ^{ns} (<0,01)	0,78 (0,14)	0,98
8 B	0,26 (0,01)	4,32E-03 ^{ns} (<0,01)	1,30 (0,27)	0,98
9 B	0,21 (0,03)	8,45E-03 ^{ns} (<0,01)	0,69 (0,14)	0,98
10 B	0,27 (0,03)	1,35E-02 ^{ns} (<0,01)	0,69 (0,13)	0,98
11 B	0,15 (0,02)	6,16E-03 ^{ns} (<0,01)	0,80 (0,19)	0,97
12 B	0,16 (0,01)	4,69E-03 ^{ns} (<0,01)	0,94 (0,16)	0,99
14 B	0,25 (0,03)	1,49E-02 (<0,01)	0,69 (0,12)	0,99
22 B	0,23 (0,01)	1,17E-02 (<0,01)	0,85 (0,09)	0,99
23 B	0,33 (0,02)	2,86E-02 (<0,01)	0,67 (0,10)	0,99
24 B	0,74 ^{ns} (0,69)	2,70E-02 ^{ns} (0,01)	0,44 (0,16)	0,96
25 B	0,30 (0,01)	9,32E-03 (<0,01)	1,02 (0,08)	0,99
26 B	0,21 (0,02)	9,09E-03 ^{ns} (<0,01)	0,81 (0,13)	0,99
32 B	0,40 (0,03)	1,84E-02 (<0,01)	0,76 (0,10)	0,99
33 B	0,24 (0,02)	8,08E-03 (<0,01)	0,74 (0,11)	0,99
34 B	0,26 (0,06)	1,24E-02 ^{ns} (<0,01)	0,58 (0,13)	0,98
35 B	0,33 (0,02)	3,83E-02 (0,01)	0,81 (0,15)	0,98
36 B	0,29 (0,01)	1,69E-02 (<0,01)	0,85 (0,08)	0,99
38 B	0,41 (0,02)	3,88E-03 ^{ns} (<0,01)	1,40 (0,23)	0,99
39 B	0,20 (0,01)	3,56E-03 (<0,01)	0,96 (0,10)	0,99
40 B	0,25 (0,02)	1,47E-02 (<0,01)	0,67 (0,09)	0,99
41 B	0,48 (0,02)	1,97E-02 (<0,01)	0,96 (0,13)	0,99
42 B	0,21 (0,01)	1,05E-02 (<0,01)	0,79 (0,09)	0,99
43 B	0,32 (0,03)	1,92E-02 (<0,01)	0,71 (0,11)	0,99
44 B	0,26 (0,02)	1,58E-02 (<0,01)	0,72 (0,10)	0,99
45 B	0,18 (0,01)	8,94E-03 (<0,01)	0,70 (0,09)	0,99
46 B	0,25 (0,02)	1,63E-02 (<0,01)	0,65 (0,08)	0,99
47 B	0,62 (0,02)	1,42E-02 (<0,01)	0,91 (0,05)	0,99
48 B	0,43 (0,02)	1,04E-01 (<0,01)	0,28 (0,01)	0,99
49 B	0,34 (0,03)	5,17E-02 (<0,01)	0,49 (0,06)	0,99
50 B	0,85 (0,33)	2,41E-02 (<0,01)	0,41 (0,08)	0,99
51 B	0,62 (0,09)	9,75E-02 (0,01)	0,39 (0,06)	0,99
52 B	0,33 (0,05)	3,89E-02 (<0,01)	0,44 (0,07)	0,99
53 B	0,34 (0,03)	4,50E-02 (<0,01)	0,40 (0,04)	0,99
55 B	0,39 (0,02)	2,31E-02 (<0,01)	0,60 (0,04)	0,99
57 B	0,14 (0,02)	5,74E-03 ^{ns} (<0,01)	0,65 (0,14)	0,98
58 B	0,28 ^{ns} (0,26)	9,47E-03 ^{ns} (<0,01)	0,44 (0,15)	0,97
59 B	0,20 (0,10)	1,17E-02 ^{ns} (<0,01)	0,51 ^{ns} (0,21)	0,94

continua...

continuação...

60 B	0,15 (0,03)	8,88E-03 ^{ns} (<0,01)	0,71 (0,23)	0,95
61 B	0,20 (<0,01)	4,70E-03 (<0,01)	1,15 (0,09)	0,99
62 B	0,16 ^{ns} (0,06)	9,96E-03 ^{ns} (<0,01)	0,55 ^{ns} (0,23)	0,93
63 B	0,47 (0,12)	1,16E-02 ^{ns} (<0,01)	0,68 (0,17)	0,98
64 B	0,43 ^{ns} (1,03)	1,45E-02 ^{ns} (<0,01)	0,38 ^{ns} (0,23)	0,91
65 B	0,18 (0,01)	1,22E-02 ^{ns} (<0,01)	0,29 (0,03)	0,99

¹: Assíntota máxima estimada pelo modelo. “e.p.” indica o erro padrão da média.²: Parâmetro relacionado ao inóculo inicial.³: Taxa de progresso da doença.^{ns}: Para os três parâmetros do modelo ^{ns} indica não ter ocorrido diferença significativa (ao nível de 5% de probabilidade de erro) na comparação do respectivo parâmetro com o valor zero.**Tabela 8.** Parâmetros estimados para o modelo Gompertz, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade B.

Lote	y máx. (e.p.) ¹	y0 (e.p.) ²	Taxa (r _G) (e.p.) ³	R ²
1 B	0,48 (0,09)	3,31E-02 ^{ns} (0,02)	0,36 (0,11)	0,97
3 B	0,85 ^{ns} (1,56)	1,81E-02 ^{ns} (0,01)	0,14 (0,13)	0,95
4 B	0,15 (0,05)	4,88E-03 ^{ns} (<0,01)	0,28 ^{ns} (0,08)	0,98
5 B	0,26 (0,03)	9,28E-03 ^{ns} (<0,01)	0,41 (0,09)	0,98
6 B	0,18 (0,03)	3,09E-03 ^{ns} (<0,01)	0,42 (0,11)	0,98
7 B	0,24 (0,03)	3,73E-03 ^{ns} (<0,01)	0,42 (0,09)	0,99
8 B	0,27 (0,02)	3,26E-05 ^{ns} (<0,01)	0,81 (0,16)	0,99
9 B	0,28 (0,07)	3,56E-03 ^{ns} (<0,01)	0,33 (0,09)	0,99
10 B	0,35 (0,07)	6,75E-03 ^{ns} (<0,01)	0,34 (0,08)	0,99
11 B	0,18 (0,03)	1,73E-03 ^{ns} (<0,01)	0,44 (0,11)	0,98
12 B	0,18 (0,02)	5,91E-04 ^{ns} (<0,01)	0,53 (0,11)	0,99
14 B	0,31 (0,05)	8,21E-03 ^{ns} (<0,01)	0,35 (0,07)	0,99
22 B	0,26 (0,02)	4,44E-03 ^{ns} (<0,01)	0,47 (0,05)	0,99
23 B	0,38 (0,04)	2,00E-02 (<0,01)	0,36 (0,05)	0,99
25 B	0,33 (0,01)	1,24E-03 ^{ns} (<0,01)	0,59 (0,04)	0,99
26 B	0,25 (0,02)	2,84E-03 ^{ns} (<0,01)	0,44 (0,07)	0,99
32 B	0,49 (0,06)	8,61E-03 ^{ns} (<0,01)	0,38 (0,07)	0,99
33 B	0,34 (0,09)	4,17E-03 ^{ns} (<0,01)	0,32 (0,09)	0,99
34 B	0,62 ^{ns} (0,62)	1,17E-02 ^{ns} (<0,01)	0,18 ^{ns} (0,11)	0,97
35 B	0,35 (0,02)	2,57E-02 ^{ns} (<0,01)	0,51 (0,08)	0,99
36 B	0,32 (0,01)	7,56E-03 ^{ns} (<0,01)	0,49 (0,03)	0,99
39 B	0,23 (0,02)	2,84E-04 ^{ns} (<0,01)	0,50 (0,08)	0,99
40 B	0,32 (0,05)	9,47E-03 ^{ns} (<0,01)	0,32 (0,06)	0,99
41 B	0,53 (0,04)	5,77E-03 ^{ns} (<0,01)	0,54 (0,10)	0,99
42 B	0,25 (0,02)	4,73E-03 ^{ns} (<0,01)	0,42 (0,05)	0,99
43 B	0,40 (0,07)	1,24E-02 ^{ns} (<0,01)	0,34 (0,08)	0,99
44 B	0,32 (0,04)	9,20E-03 ^{ns} (<0,01)	0,36 (0,06)	0,99
45 B	0,23 (0,04)	5,32E-03 ^{ns} (<0,01)	0,32 (0,06)	0,99
46 B	0,31 (0,03)	1,05E-02 (<0,01)	0,32 (0,04)	0,99
47 B	0,75 (0,08)	2,77E-03 ^{ns} (<0,01)	0,45 (0,07)	0,99
48 B	0,61 (0,07)	1,03E-01 (<0,01)	0,13 (0,01)	0,99

continua...

continuação...

49 B	0,44 (0,08)	4,84E-02 (<0,01)	0,24 (0,05)	0,99
51 B	0,87 (0,25)	9,27E-02 (0,01)	0,18 (0,05)	0,99
52 B	0,49 (0,16)	3,53E-02 (<0,01)	0,19 (0,05)	0,99
53 B	0,53 (0,12)	4,28E-02 (<0,01)	0,16 (0,03)	0,99
55 B	0,60 (0,14)	1,86E-02 (<0,01)	0,24 (0,05)	0,99
57 B	0,19 (0,05)	2,76E-03 ^{ns} (<0,01)	0,30 (0,08)	0,99
58 B	0,67 ^{ns} (1,22)	6,88E-03 ^{ns} (<0,01)	0,14 ^{ns} (0,11)	0,97
59 B	0,26 ^{ns} (0,19)	7,24E-03 ^{ns} (<0,01)	0,24 ^{ns} (0,15)	0,95
60 B	0,18 (0,05)	3,92E-03 ^{ns} (<0,01)	0,39 ^{ns} (0,15)	0,96
61 B	0,21 (0,01)	2,23E-04 ^{ns} (<0,01)	0,70 (0,08)	0,99
62 B	0,19 ^{ns} (0,11)	5,80E-03 ^{ns} (<0,01)	0,28 ^{ns} (0,16)	0,95
63 B	0,82 ^{ns} (0,57)	5,82E-03 ^{ns} (<0,01)	0,25 ^{ns} (0,13)	0,98
64 B	0,61 ^{ns} (1,57)	1,02E-02 ^{ns} (<0,01)	0,15 ^{ns} (0,18)	0,92
65 B	0,22 (0,02)	8,73E-03 (<0,01)	0,14 (0,01)	0,99
67 B	0,26 (0,19)	7,24E-03 ^{ns} (<0,01)	0,24 ^{ns} (0,15)	0,95

¹: Assíntota máxima estimada pelo modelo. “e.p.” indica o erro padrão da média.²: Parâmetro relacionado ao inóculo inicial.³: Taxa de progresso da doença.^{ns}: Para os três parâmetros do modelo ^{ns} indica não ter ocorrido diferença significativa (ao nível de 5% de probabilidade de erro) na comparação do respectivo parâmetro com o valor zero.**Tabela 9.** Parâmetros estimados para o modelo logístico, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade C.

Lote	y máx. (e.p.) ¹	y0 (e.p.) ²	Taxa (r _L) (e.p.) ³	R ²
1 C	0,36 (0,02)	2,79E-03 ^{ns} (<0,01)	0,99 (0,16)	0,99
2 C	0,22 (<0,01)	2,93E-03 (<0,01)	1,25 (0,07)	0,99
3 C	0,30 (0,01)	3,76E-03 ^{ns} (<0,01)	1,27 (0,14)	0,99
4 C	0,59 (0,04)	1,12E-02 ^{ns} (<0,01)	0,92 (0,12)	0,99
5 C	0,27 (0,01)	2,69E-03 (<0,01)	1,03 (0,08)	0,99
6 C	0,15 (<0,01)	8,26E-05 ^{ns} (<0,01)	1,34 (0,13)	0,99
7 C	0,26 (<0,01)	7,13E-05 ^{ns} (<0,01)	1,44 (0,13)	0,99
8 C	0,23 (<0,01)	2,51E-03 ^{ns} (<0,01)	1,33 (0,17)	0,99
9 C	0,26 (0,01)	2,59E-03 (<0,01)	1,03 (0,09)	0,99
10 C	0,45 (0,02)	1,11E-03 ^{ns} (<0,01)	1,21 (0,12)	0,99
11 C	0,32 (<0,01)	1,77E-04 ^{ns} (<0,01)	1,49 (0,12)	0,99
12 C	0,38 (0,03)	1,78E-02 ^{ns} (<0,01)	0,93 (0,16)	0,99
13 C	0,39 (0,02)	3,88E-04 ^{ns} (<0,01)	1,26 (0,14)	0,99
14 C	0,17 (<0,01)	1,22E-03 ^{ns} (<0,01)	1,19 (0,10)	0,99
15 C	0,17 (0,01)	3,76E-04 ^{ns} (<0,01)	1,39 (0,26)	0,99
16 C	0,24 (0,01)	4,29E-04 ^{ns} (<0,01)	1,15 (0,12)	0,99
17 C	0,28 (<0,01)	1,71E-03 ^{ns} (<0,01)	1,17 (0,10)	0,99
18 C	0,37 (<0,01)	5,61E-04 ^{ns} (<0,01)	1,27 (0,08)	0,99
19 C	0,68 (0,02)	2,40E-03 ^{ns} (<0,01)	1,36 (0,11)	0,99
20 C	0,26 (0,02)	3,83E-03 ^{ns} (<0,01)	1,05 (0,16)	0,99
21 C	0,46 (<0,01)	1,08E-02 (<0,01)	1,40 (0,11)	0,99
22 C	0,29 (<0,01)	9,86E-03 (<0,01)	1,32 (0,11)	0,99

continua...

continuação...

23 C	0,24 (<0,01)	4,64E-03 (<0,01)	1,31 (0,05)	0,99
24 C	0,17 (<0,01)	1,57E-03 ^{ns} (<0,01)	1,31 (0,16)	0,99
25 C	0,17 (0,01)	6,83E-03 ^{ns} (<0,01)	1,00 (0,14)	0,99
26 C	0,26 (0,02)	1,38E-03 ^{ns} (<0,01)	0,90 (0,11)	0,99
27 C	0,21 (0,01)	3,05E-03 ^{ns} (<0,01)	1,23 (0,18)	0,99
28 C	0,27 (0,02)	2,14E-03 ^{ns} (<0,01)	0,87 (0,12)	0,99
29 C	0,22 (0,02)	9,83E-04 ^{ns} (<0,01)	1,21 (0,21)	0,99
30 C	0,30 (<0,01)	5,73E-04 (<0,01)	1,28 (0,05)	0,99
31 C	0,22 (0,02)	3,79E-03 ^{ns} (<0,01)	1,05 (0,22)	0,98
32 C	0,31 (0,02)	4,40E-03 ^{ns} (<0,01)	1,02 (0,16)	0,99
33 C	0,49 (0,02)	3,94E-03 ^{ns} (<0,01)	1,12 (0,13)	0,99
34 C	0,58 (0,02)	1,59E-04 ^{ns} (<0,01)	1,53 (0,18)	0,99
35 C	0,38 (<0,01)	2,72E-03 (<0,01)	1,39 (0,10)	0,99
36 C	0,30 (0,01)	8,83E-03 ^{ns} (<0,01)	1,50 (0,23)	0,99
37 C	0,33 (0,01)	5,46E-04 ^{ns} (<0,01)	1,42 (0,21)	0,99
38 C	0,74 (0,02)	7,21E-03 ^{ns} (<0,01)	1,59 (0,12)	0,99
39 C	0,35 (0,01)	2,98E-03 (<0,01)	1,24 (0,09)	0,99
40 C	0,37 (0,04)	6,12E-03 ^{ns} (<0,01)	0,92 (0,19)	0,98
41 C	0,48 (0,02)	1,84E-03 ^{ns} (<0,01)	1,41 (0,18)	0,99
42 C	0,18 (<0,01)	1,82E-03 (<0,01)	1,21 (0,08)	0,99
43 C	0,59 (0,02)	1,39E-04 ^{ns} (<0,01)	1,78 (0,29)	0,99
44 C	0,32 (<0,01)	3,15E-03 (<0,01)	1,56 (0,11)	0,99
45 C	0,37 (<0,01)	2,53E-04 ^{ns} (<0,01)	1,88 (0,21)	0,99
46 C	0,90 (0,02)	9,78E-04 ^{ns} (<0,01)	1,39 (0,13)	0,99
47 C	0,44 (0,02)	1,96E-03 ^{ns} (<0,01)	1,03 (0,13)	0,99
48 C	0,24 (<0,01)	2,94E-03 (<0,01)	1,17 (0,07)	0,99
49 C	0,25 (<0,01)	3,18E-04 ^{ns} (<0,01)	1,45 (0,22)	0,99
50 C	0,27 (0,01)	7,28E-03 (<0,01)	0,94 (0,11)	0,99
51 C	0,15 (<0,01)	1,85E-04 ^{ns} (<0,01)	1,87 (0,28)	0,99
52 C	0,21 (<0,01)	2,26E-03 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,11)	0,99
53 C	0,19 (0,01)	1,75E-03 ^{ns} (<0,01)	1,26 (0,24)	0,99
54 C	0,25 (0,01)	6,21E-03 ^{ns} (<0,01)	1,38 (0,23)	0,99
55 C	0,32 (<0,01)	1,69E-03 ^{ns} (<0,01)	1,41 (0,14)	0,99
56 C	0,26 (0,01)	1,70E-03 ^{ns} (<0,01)	1,18 (0,15)	0,99
57 C	0,10 (<0,01)	8,49E-04 ^{ns} (<0,01)	1,38 (0,17)	0,99
58 C	0,22 (<0,01)	3,47E-03 ^{ns} (<0,01)	1,34 (0,16)	0,99
59 C	0,13 (<0,01)	2,87E-04 ^{ns} (<0,01)	1,17 (0,17)	0,99
60 C	0,16 (0,01)	1,24E-03 ^{ns} (<0,01)	1,08 (0,17)	0,99
61 C	0,11 (<0,01)	2,38E-03 ^{ns} (<0,01)	1,18 (0,21)	0,99
62 C	0,20 (0,01)	2,08E-03 ^{ns} (<0,01)	1,20 (0,21)	0,99
63 C	0,15 (<0,01)	2,79E-03 ^{ns} (<0,01)	1,29 (0,16)	0,99
64 C	0,29 (0,02)	9,91E-03 ^{ns} (<0,01)	0,99 (0,16)	0,99
65 C	0,09 (0,01)	2,54E-03 ^{ns} (<0,01)	1,19 (0,23)	0,99
66 C	0,08 (<0,01)	1,17E-03 ^{ns} (<0,01)	1,01 (0,11)	0,99
67 C	0,14 (<0,01)	9,00E-04 ^{ns} (<0,01)	1,31 (0,17)	0,99
68 C	0,12 (<0,01)	5,65E-04 ^{ns} (<0,01)	1,46 (0,18)	0,99

continua...

continuação...

69 C	0,15 (<0,01)	1,23E-03 ^{ns} (<0,01)	1,24 (0,24)	0,99
70 C	0,14 (0,01)	5,91E-04 ^{ns} (<0,01)	1,22 (0,31)	0,97
71 C	0,18 (0,01)	8,67E-04 ^{ns} (<0,01)	1,12 (0,14)	0,99
72 C	0,27 (0,02)	4,22E-03 ^{ns} (<0,01)	1,23 (0,29)	0,98
73 C	0,13 (0,02)	2,60E-03 ^{ns} (<0,01)	0,85 (0,24)	0,97
74 C	0,14 (0,02)	5,59E-03 ^{ns} (<0,01)	0,98 (0,23)	0,98
75 C	0,17 (0,01)	2,11E-03 ^{ns} (<0,01)	1,12 (0,25)	0,98
76 C	0,12 (<0,01)	1,79E-03 ^{ns} (<0,01)	1,19 (0,23)	0,98
77 C	0,17 (0,01)	2,23E-03 ^{ns} (<0,01)	1,25 (0,25)	0,98
78 C	0,11 (<0,01)	3,63E-03 ^{ns} (<0,01)	1,35 (0,28)	0,98
79 C	0,15 (<0,01)	4,29E-03 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,18)	0,99
80 C	0,11 (<0,01)	2,53E-03 ^{ns} (<0,01)	1,27 (0,13)	0,99
81 C	0,11 (0,01)	5,67E-03 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,34)	0,96
82 C	0,16 (0,01)	2,80E-03 ^{ns} (<0,01)	1,10 (0,22)	0,98
83 C	0,24 (0,01)	6,77E-03 ^{ns} (<0,01)	1,16 (0,16)	0,99
84 C	0,16 (<0,01)	7,54E-04 ^{ns} (<0,01)	1,28 (0,18)	0,99
85 C	0,35 (0,01)	2,80E-03 ^{ns} (<0,01)	1,28 (0,14)	0,99
86 C	0,30 (0,01)	6,93E-04 ^{ns} (<0,01)	1,25 (0,15)	0,99
87 C	0,17 (<0,01)	8,40E-04 (<0,01)	1,22 (0,06)	0,99
88 C	0,17 (<0,01)	4,04E-04 (<0,01)	1,49 (0,08)	0,99
89 C	0,13 (<0,01)	6,90E-05 (<0,01)	1,45 (0,06)	0,99
90 C	0,31 (0,01)	5,73E-03 (<0,01)	0,99 (0,11)	0,99
91 C	0,10 (0,01)	1,56E-03 ^{ns} (<0,01)	0,91 (0,10)	0,99
92 C	0,12 (<0,01)	6,18E-04 (<0,01)	1,21 (0,09)	0,99
93 C	0,17 (<0,01)	4,72E-04 ^{ns} (<0,01)	1,38 (0,12)	0,99
94 C	0,21 (<0,01)	1,48E-03 (<0,01)	1,16 (0,09)	0,99
95 C	0,12 (<0,01)	3,19E-03 (<0,01)	1,13 (0,09)	0,99
96 C	0,16 (<0,01)	7,54E-04 ^{ns} (<0,01)	1,25 (0,13)	0,99
97 C	0,26 (0,02)	1,05E-02 ^{ns} (<0,01)	0,98 (0,17)	0,99

¹: Assíntota máxima estimada pelo modelo. "e.p." indica o erro padrão da média.

²: Parâmetro relacionado ao inóculo inicial.

³: Taxa de progresso da doença.

^{ns}: Para os três parâmetros do modelo ^{ns} indica não ter ocorrido diferença significativa (ao nível de 5% de probabilidade de erro) na comparação do respectivo parâmetro com o valor zero.

Tabela 10. Parâmetros estimados para o modelo de Gompertz, ajustado para os dados de incidência de HLB acumulados ao longo do tempo (2007 a 2015), para a Propriedade C.

Lote	y máx. (e.p.) ¹	y0 (e.p.) ²	Taxa (r _g) (e.p.) ³	R ²
2 C	0,24 (<0,01)	4,93E-05 ^{ns} (<0,01)	0,70 (0,06)	0,99
3 C	0,34 (0,04)	1,00E-04 ^{ns} (<0,01)	0,68 (0,15)	0,99
4 C	0,70 (0,09)	1,28E-03 ^{ns} (<0,01)	0,47 (0,09)	0,99
5 C	0,32 (0,02)	5,51E-05 ^{ns} (<0,01)	0,52 (0,06)	0,99
8 C	0,25 (0,03)	4,98E-05 ^{ns} (<0,01)	0,71 (0,16)	0,99
9 C	0,31 (0,02)	5,06E-05 ^{ns} (<0,01)	0,52 (0,07)	0,99
12 C	0,46 (0,07)	9,17E-03 ^{ns} (<0,01)	0,46 (0,11)	0,99
20 C	0,29 (0,02)	5,31E-05 ^{ns} (<0,01)	0,61 (0,10)	0,99
21 C	0,48 (<0,01)	4,15E-04 ^{ns} (<0,01)	0,87 (0,04)	0,99
22 C	0,30 (<0,01)	1,13E-03 ^{ns} (<0,01)	0,82 (0,04)	0,99
23 C	0,25 (<0,01)	1,95E-04 ^{ns} (<0,01)	0,77 (0,07)	0,99
25 C	0,20 (0,02)	2,13E-03 ^{ns} (<0,01)	0,55 (0,08)	0,99
27 C	0,24 (0,03)	1,82E-04 ^{ns} (<0,01)	0,64 (0,15)	0,99
31 C	0,24 (0,02)	6,27E-05 ^{ns} (<0,01)	0,62 (0,13)	0,99
32 C	0,35 (0,03)	1,11E-04 ^{ns} (<0,01)	0,56 (0,09)	0,99
36 C	0,31 (<0,01)	3,07E-04 ^{ns} (<0,01)	1,00 (0,11)	0,99
40 C	0,44 (0,07)	3,05E-04 ^{ns} (<0,01)	0,48 (0,11)	0,99
50 C	0,31 (0,04)	1,58E-03 ^{ns} (<0,01)	0,49 (0,10)	0,99
54 C	0,27 (0,01)	3,01E-04 ^{ns} (<0,01)	0,84 (0,10)	0,99
58 C	0,23 (0,01)	9,65E-05 ^{ns} (<0,01)	0,77 (0,11)	0,99
61 C	0,12 (0,01)	2,67E-04 ^{ns} (<0,01)	0,65 (0,14)	0,99
63 C	0,16 (<0,01)	1,29E-04 ^{ns} (<0,01)	0,73 (0,10)	0,99
64 C	0,33 (0,03)	2,77E-03 ^{ns} (<0,01)	0,52 (0,09)	0,99
65 C	0,10 (<0,01)	3,25E-04 ^{ns} (<0,01)	0,69 (0,15)	0,99
66 C	0,10 (<0,01)	5,93E-05 ^{ns} (<0,01)	0,53 (0,09)	0,99
68 C	0,15 (0,04)	2,63E-04 ^{ns} (<0,01)	0,44 (0,16)	0,98
74 C	0,16 (0,02)	1,54E-03 ^{ns} (<0,01)	0,54 (0,13)	0,99
78 C	0,12 (<0,01)	2,53E-04 ^{ns} (<0,01)	0,87 (0,14)	0,99
79 C	0,17 (0,01)	7,37E-04 ^{ns} (<0,01)	0,61 (0,10)	0,99
80 C	0,12 (<0,01)	1,71E-04 ^{ns} (<0,01)	0,74 (0,08)	0,99
81 C	0,12 (0,01)	1,24E-03 ^{ns} (<0,01)	0,70 (0,20)	0,98
82 C	0,17 (0,01)	3,99E-05 ^{ns} (<0,01)	0,66 (0,12)	0,99
83 C	0,26 (0,01)	7,83E-04 ^{ns} (<0,01)	0,67 (0,06)	0,99
90 C	0,35 (0,03)	3,63E-04 ^{ns} (<0,01)	0,54 (0,08)	0,99
91 C	0,12 (0,01)	1,38E-04 ^{ns} (<0,01)	0,45 (0,06)	0,99
95 C	0,14 (0,01)	5,39E-04 ^{ns} (<0,01)	0,61 (0,11)	0,99
97 C	0,30 (0,04)	3,62E-03 ^{ns} (<0,01)	0,53 (0,12)	0,99

¹: Assíntota máxima estimada pelo modelo. “e.p.” indica o erro padrão da média.

²: Parâmetro relacionado ao inóculo inicial.

³: Taxa de progresso da doença.

^{ns}: Para os três parâmetros do modelo ^{ns} indica não ter ocorrido diferença significativa (ao nível de 5% de probabilidade de erro) na comparação do respectivo parâmetro com o valor zero.

Figura 12. Incidências (em proporção) de plantas erradicadas com HLB (círculos vazios) e progressos anuais determinados com os modelos logístico e de Gompertz (linhas) para lotes localizados em perímetro (esquerda) e internamente (direita) nas propriedades A, B e C. Para cada lote são apresentadas as taxas de progresso determinadas nos ajustes com os modelos logístico (r_L) e de Gompertz (r_G).

Figura 13. Taxas de progresso temporal estimadas com o modelo logístico (r_L) para os lotes das propriedades A, B, e C. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de todos os lote.

Figura 14. Taxas de progresso temporal estimadas com o modelo de Gompertz (r_G) para os lotes das propriedades A, B, e C. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de todos os lote.

Figura 15. Relação entre o inóculo inicial (y_0) observado e as taxa de progresso estimada pela modelo logístico (r_L) para 178 lotes das propriedades A, B e C.

De modo geral, os ajustes por meio do modelo monomolecular englobaram dados coletados dentro de um ano, iniciando, normalmente, em fevereiro e finalizando em dezembro. Para a propriedade A, 88,3% das tentativas de ajuste com esse modelo foram significativas pela regressão não-linear (teste F, $p \leq 0,05$). Essas tentativas ocorreram com dados subsequentes da proporção acumulada de plantas erradicadas, de um lote qualquer, que apresentavam uma dispersão típica de crescimento monomolecular, como ilustrado nas Figuras 16 a 19. Para as propriedades B, C e D ocorreram ajustes em 81,6%, 64,5% e 69,8% das tentativas, respectivamente. Considerando todas as taxas de progresso determinadas em ajustes significativos, a média geral foi de 7,19, e a mediana foi de 5,25.

As taxas observadas para os dados da propriedade A variaram de 0,79 a 44,08 (mínimo e máximo, respectivamente); 0,60 a 39,70 para B; 0,32 a 56,57 para C e 0,74 a 26,04 para D. Para a maioria dos ajustes (79,0%) as taxas variaram entre os valores mínimos citados até 10,00. Os valores correspondentes as médias e medianas das taxas de todos os ajustes foram de 7,92; 6,92; 7,23 e 4,52 (médias) e 5,80; 5,22; 5,24 e 3,40 (medianas), respectivamente para as propriedades A, B, C e D. Para essas quatro propriedades algumas taxas de progresso monomolecular foram bastante elevadas, principalmente para lotes localizados no perímetro (Figuras 20 e 21). Essas taxas mais elevadas apresentam curvas inclinadas para a esquerda e representam um rápido aumento na proporção de plantas

detectadas em inspeções subsequentes (Figuras 16 a 19). A comparação das médias de todas as taxas de progresso monomolecular revelou que apenas a propriedade D diferiu estatisticamente das demais (médias para A=7,9, B=6,9, C=7,2 e D=4,5) (Figura 21).

Figura 16. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade A.

Figura 17. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade B.

Figura 18. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade C.

Figura 19. Incidências de HLB (círculos), ajustes com o modelo monomolecular (linhas) e taxas de progresso da doença de cada ajuste (r), em lotes de perímetro (acima) e interno (abaixo) para a propriedade D.

Figura 20. Taxas de progresso da doença, estimadas com o modelo monomolecular, para lotes localizados no perímetro (lado esquerdo) e interno (lado direito) nas propriedades A, B, C e D. As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de cada lote.

Figura 21. Taxas de progresso temporal estimadas com o modelo monomolecular (r_M) para os lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias das taxas de progresso de todos os ajustes de cada propriedade.

4.2. Dinâmica populacional de *Diaphorina citri*

De modo geral, a maior captura de psíldeos em armadilhas em todas as propriedades ocorreu entre os meses de julho a dezembro (inverno e primavera). Na propriedade A, maior quantidade de psíldeos foi verificada de julho a setembro de 2016 (Figura 22). As maiores capturas de psíldeos em armadilhas na propriedade B ocorreram em 2012 e 2013 entre julho e setembro, foram menores em 2015 e 2016, e aumentaram entre julho a setembro de 2016. Na propriedade C foi verificado maior número de psíldeos entre julho a setembro de 2013 e outubro a dezembro de 2015. Na propriedade D, o maior número de psíldeos em armadilhas ocorreu de janeiro a março e de julho a setembro de 2016.

Figura 22. Médias trimestrais de adultos de *D. citri*/armadilha em lotes das propriedades A, B, C e D. Losangos representam as médias e as barras verticais representam o erro padrão da média.

Houve maior captura de psílídeos em armadilhas em lotes de perímetro nas propriedades A, B, C e D (Figura 23). Entretanto, diferenças não foram tão perceptíveis entre lotes de perímetro e interno para a Propriedade D. Na propriedade A, a média de psílídeos capturados em armadilhas em lotes de perímetro e internos foi de 0,019 e 0,007, respectivamente. Na propriedade B, embora as maiores capturas tenham sido observadas nos lotes de perímetro, alguns lotes internos também tiveram um elevado número de captura de psílídeos, ainda assim, a média em lotes de perímetro e interno foi de 0,050 e 0,029, respectivamente. As maiores capturas de psílídeos em armadilhas também foram verificadas em lotes de perímetro na propriedade C com uma média de 0,033 psílídeo/armadilha e 0,014 psílídeo/armadilha em lotes internos. A média de captura de psílídeos na propriedade D foi inferior as demais propriedades, com 0,007 e 0,005 psílídeo/armadilha, em lotes de perímetro e interno, respectivamente. A comparação das médias de psílídeo/armadilhas revelou que houve diferença entre as propriedades. A propriedade B, com a maior média, diferiu das demais propriedades. Não houve diferença entre as propriedades A e D (Figura 24). Em relação ao número de detecções de adultos em armadilhas, apesar dos valores extremos verificados na propriedade B, a média obtida nessa propriedade (14,7 detecções/lote) não diferiu das propriedades A e C, com médias de 15,8 e 12,1, respectivamente. A propriedade D, com uma média inferior (7,3 detecções/lote), diferiu das demais (Figura 25).

Quanto as detecções de psílídeos em ramos, a propriedade A apresentou as menores médias em comparação às demais propriedades (Figura 26). Mais detecções ocorreram em 2015 na propriedade B e menos detecções ocorreram nos anos 2012 e 2013. Resultados semelhantes foram observados na propriedade C. Na propriedade D, com exceção ao ano de 2014, houve um baixo número de detecções de psílídeos em ramos em todo período avaliado. De modo geral, as detecções em ramos foram superiores em lotes de perímetro em todas as propriedades avaliadas (Figura 27). As propriedades diferiram quanto ao número de detecções de psílídeos em ramos. A propriedade A diferiu das demais propriedades com a menor média de detecções enquanto as propriedades B e D apresentaram as maiores médias, não diferindo entre si. Também não houve diferenças entre as propriedades C e D (Figura 28). Em relação as porcentagens de ramos com ovos, ninfas e adultos de *D. citri*, apenas a propriedade A diferiu das demais, com a menor média

(Figura 29). Valores elevados foram observados na propriedade C, mas sem diferenças dessa propriedade com as propriedades B e D.

Figura 23. Médias de adultos de *D. citri*/armadilha de julho de 2012 a outubro de 2016, para lotes localizados no perímetro (lado esquerdo) e interno (lado direito) nas propriedades A, B, C e D. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Figura 24. Médias de adultos de *D. citri*/armadilha para os lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes.

Figura 25. Número de detecções de adultos de *D. citri* em armadilhas nos lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes.

Figura 26. Médias de detecções anuais de ovos, ninfas ou adultos de *D. citri* (por lote) em inspeções de ramos nas propriedades A, B, C e D. Losangos representam as médias e as barras verticais representam o erro padrão da média.

Figura 27. Médias de detecções de ovos, ninfas e adultos de *D. citri* (por lote) detectados em ramos, de julho de 2012 a outubro de 2016, para lotes localizados no perímetro (lado esquerdo) e interno (lado direito) nas propriedades A, B, C e D. As barras verticais representam o erro padrão da média.

Figura 28. Número de detecções de ovos, ninfas e adultos em ramos para os lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes.

Figura 29. Proporção de ramos (%) com ovos, ninfas e adultos de *D. citri* em inspeções de plantas nos lotes das propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste de Kruskal-Wallis ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes.

4.3. Distribuições espaciais de HLB e *Diaphorina citri*

Ao considerar a localização dos lotes (perímetro e interno) dentro de cada propriedade, somente foi constatada diferença entre as incidências de HLB nesses grupos de lotes na propriedade C (Figura 30). Para as demais propriedades, embora seja possível observar incidências de HLB mais elevadas em lotes de perímetro, os valores mínimos, a média e a mediana são similares entre lotes de perímetro e internos (Figura 30).

Figura 30. Incidências de HLB, em porcentagem, em lotes de perímetro e internos nas propriedades A, B, C e D. As médias de cada conjunto de lotes foram comparadas aplicando-se o teste U de Mann Whitney ($p \leq 0,05$). As barras verticais indicam valores máximos e mínimos de incidência da doença, barras horizontais referem-se à mediana e losangos representam as médias dos lotes.

Há uma coincidência entre a distribuição espacial dos lotes quanto às incidências de HLB e AUDPC* na propriedade A (Figura 31). Incidências de HLB mais elevadas e maiores valores de AUDPC* ocorreram em lotes de perímetro, principalmente voltados para o lado leste da propriedade, e menores incidências foram observadas em lotes internos. Contudo,

alguns lotes de perímetro, principalmente na interface oeste da propriedade, também apresentaram uma baixa incidência da doença.

Figura 31. Mapa da propriedade A referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2007 a novembro de 2016. Escala: 1:18.000.

Em se tratando das inspeções/ações externas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade A, conforme a Figura 31 as menores incidências ocorreram a oeste da propriedade, lado este que faz divisa imediata com propriedades comerciais de citros (Figura 32 e Tabela 11). Essas propriedades vizinhas realizavam pulverizações de inseticidas no mínimo uma vez por mês para o controle de *D. citri*. Ainda ao lado oeste da havia outra propriedade comercial de citros com 15000 plantas a qual foi erradicada em 2013 (Tabela 11), embora com um manejo menos intenso da doença/vetor esta propriedade realizava pulverizações para o controle de *D. citri*.

A leste da propriedade A foram detectados diversos focos de plantas com presença do psíldeo vetor e com plantas sintomáticas (Figura 32 e Tabela 11), alguns desses focos como o 13 e 14 (Tabela 11) continham centenas de plantas hospedeiras que somente foram erradicadas em 2015. Além disso, a cerca de 1,6 km a leste da propriedade A existia até 2013 uma propriedade comercial de laranja com 12000 plantas (Tabela 11) a qual não efetuava qualquer tipo de manejo para o HLB.

Figura 32. Focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade A.

Tabela 11. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri*, com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de *D. citri* e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade A.

Foco	Tipo	Laranja	Limão	Tangerina	cítricas	Murta	D. Sintoma		Ação	Data
							<i>citri</i>	de HLB		
1	comercial	—	—	—	—	0	—	—	pulverização	—
2	comercial	—	0	0	0	0	—	—	pulverização	—
3	comercial	—	0	0	0	0	—	—	pulverização	—
4	mata	0	1	0	0	0	sim	sim	erradicado	nov/16
5	mata	2	0	0	0	0	não	não	erradicado	jun/16
6	interno	0	0	0	2	0	não	não	erradicado	jun/15
7	comercial	15000	0	0	0	0	sim	sim	erradicado	ago/13
8	mercadista	—	—	—	—	0	—	—	pulverização	—
9	quintal	27	6	1	3	0	sim	sim	erradicado	fev/16
10	quintal	0	5	0	0	0	sim	sim	erradicado	jun/15
11	quintal	30	0	0	0	0	sim	sim	erradicado	jul/15
12	quintal	11	0	0	0	0	sim	sim	erradicado	out/16
13	quintal	0	0	0	169	0	sim	sim	erradicado	jun/15
14	quintal	151	0	0	0	0	sim	sim	erradicado	ago/15
15	quintal	0	0	0	52	0	sim	sim	erradicado	fev/16
16	comercial	—	—	—	—	0	—	—	—	—
17	comercial	—	—	—	—	0	—	—	—	—
18	quintal	79	1	0	0	0	sim	sim	erradicado	fev/16
19	quintal	76	2	0	0	2	sim	sim	erradicado	mar/16
20	comercial	12000	0	0	0	0	sim	sim	erradicado	ago/13
21	quintal	47	5	9	0	2	sim	sim	erradicado	fev/16
22	canavial	0	1	0	0	0	não	sim	erradicado	fev/16
23	quintal	0	3	0	0	0	sim	sim	erradicado	jan/16
24	pastagem	0	0	0	0	0	—	—	—	—
25	quintal	0	0	0	2	0	sim	sim	erradicado	jun/15
26	quintal	2	2	0	0	0	sim	sim	erradicado	fev/16
27	quintal	0	0	0	13	0	sim	sim	erradicado	jun/15
28	interno	0	0	0	4	0	não	não	erradicado	jun/15
29	interno	0	0	0	2	0	não	não	erradicado	jun/15

— não informado.

Maiores detecções de psíldeos em armadilhas foram verificados em lotes de perímetro da propriedade A (Figura 33). Nas armadilhas com maior quantidade de detecções do inseto vetor foram observados valores entre 32 a 40 detecções (Figura 33). Maior captura de psíldeos em armadilhas também foram verificadas em lotes de perímetro, principalmente em lotes voltados para o lado leste da propriedade (Figura 33). As médias

variaram de 0,064 a 0,080 psilídeos/armadilha em lotes com maiores capturas, os quais estavam localizados ao sul e sudeste da propriedade A (Figura 33).

Figura 33. Mapa da propriedade A referente ao número de detecções de psilídeos em armadilhas (acima) e média de psilídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:18.000.

Tanto o número de detecções quanto as médias de psilídeos em inspeções de ramos foram mais elevados em lotes de perímetro em comparação a lotes interno da propriedade A (Figura 34). As detecções de psilídeos em ramos nos lotes internos variaram de 0 a 1,6, enquanto que em lotes de perímetro foram constatadas até 8 detecções de psilídeos por lote/ano. Em relação às médias de psilídeos verificados em inspeções de

ramos, enquanto que para lotes de perímetro a média foi de até 0,04 psilídeos/inspeção, para lotes internos a média foi de 0 a 0,008 psilídeos/inspeção (Figura 34).

Figura 34. Mapa da propriedade A referente ao número de detecções de psilídeos em ramos (acima) e média de psilídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:18.000.

As taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo logístico, não mostraram nenhum comportamento padrão na distribuição espacial. Foi possível verificar maiores taxas (r_L) tanto em lotes de perímetro quanto em lotes internos (Figura 35). Já as maiores médias de taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular foram observadas em lotes de perímetro. No entanto, também é possível verificar taxas médias elevadas ($r_M=10,43$ a $12,75$) em lotes internos da propriedade A (Figura 35).

Figura 35. Mapa da propriedade A referente às taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo Logístico (acima), e média das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular (abaixo). Escala: 1:18.000.

Maiores incidências foram observadas em lotes de perímetro da propriedade B. Contudo, também foi verificada elevada incidência da doença para alguns lotes internos desta propriedade (Figura 36). As menores incidências de HLB foram observadas, principalmente, em lotes de perímetro voltados para o norte da propriedade. Os referidos lotes foram erradicados e replantados em 2012. A área abaixo da curva da doença (AUDPC*), seguiu o mesmo padrão observado para incidência de HLB, com maiores valores de AUDPC* em lotes de perímetro em comparação aos lotes internos à propriedade (Figura 36).

Figura 36. Mapa da propriedade B referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2007 à novembro de 2016. Escala: 1:40.000.

A propriedade B não faz divisa com outras propriedades citricultoras e embora seja cercada quase que em sua totalidade por dois grandes rios ainda existem diversos focos de plantas hospedeiras de HLB dentro de um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade (Figura 37).

Os lotes presentes ao norte da propriedade B os quais tiveram de ser erradicados em função do HLB e outras doenças e replantados posteriormente em 2012, estavam próximos a focos com centenas de plantas cítricas e murtas, as quais além de apresentarem

sintomas também foram detectadas algumas vezes a presença de *D. citri* (Figura 37 e Tabela 12). Além disso, alguns desses focos ainda não foram totalmente erradicados como mostra a Tabela 12.

Lotes menos afetados pelo HLB, localizados a sudoeste da propriedade B, estavam próximos a menores focos de plantas hospedeiras (foco 3 ao 9 – Tabela 12) nos quais não se teve a informação sobre a presença de sintoma e/ou vetor.

Figura 37. Focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade B.

Tabela 12. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri*, com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de *D. citri* e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade B.

Foco	Tipo	Laranja	Limão	Tangerina	Cítrica	Murta	<i>D. citri</i>	Sintoma de HLB	Ação	Data
1	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	ago/15
2	interno	0	0	0	2	0	—	—	erradicado	dez/15
3	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	ago/15
4	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	nov/15
5	quintal	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	jul/15
6	quintal	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	nov/15
7	quintal	0	0	0	47	0	—	—	erradicado	abr/14
8	canavial	0	1	0	0	0	—	—	erradicado	nov/15
9	quintal	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	nov/15
10	mata	0	5	0	7	0	—	—	erradicado	dez/16
11	pastagem	0	0	0	22	0	—	—	erradicado	abr/14
12	quintal	0	0	0	32	0	—	—	erradicado	jul/15
13	quintal	0	0	0	32	0	—	—	erradicado	abr/14
14	quintal	0	15	0	0	0	—	—	erradicado	fev/16
15	pastagem	0	32	0	0	0	—	—	erradicado	jan/16
16	pastagem	0	49	0	0	0	—	—	erradicado	mai/15
17	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	nov/15
18	mata	0	2	0	0	0	—	—	erradicado	ago/15
19	mata	0	1	0	0	0	—	—	erradicado	jul/15
20	mata	0	2	0	0	0	—	—	erradicado	jun/15
21	quintal	0	0	0	50	0	—	—	erradicado	abr/14
22	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	jun/15
23	interno	0	0	0	54	0	—	—	erradicado	jul/16
24	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	jun/15
25	interno	0	0	0	36	0	—	—	erradicado	abr/14
26	quintal	0	58	0	0	319	sim	sim	erradicado	out/16
27	pastagem	0	60	0	8	0	sim	sim	erradicado	fev/16
28	quintal	3	16	2	0	2	sim	sim	erradicado	mar/16
29	quintal	0	0	0	68	0	—	—	erradicado	jul/15
30	quintal	259	154	78	539	71	não	sim	erradicado	ago/16
31	quintal*	160	69	28	272	85	sim	sim	erradicado	jul/16
32	quintal*	13	16	4	394	11	sim	sim	erradicado	jan/16
33	quintal	1241	0	0	412	0	sim	sim	erradicado	mai/16
34	quintal*	36	44	22	171	8	sim	sim	erradicado	jan/16
35	quintal	343	58	26	0	37	sim	sim	erradicado	jul/16
36	quintal	1	1	0	0	0	—	—	erradicado	jan/16
37	quintal	0	5	2	2	0	—	—	erradicado	jan/16
38	pastagem	36	63	7	73	0	—	—	erradicado	jan/16
39	pastagem	1	1	0	0	0	—	—	erradicado	jan/16

continuação...

continua...

40	pastagem	0	0	0	56	0	sim	sim	erradicado	jan/16
41	pastagem*	4	14	3	0	1	sim	sim	erradicado	jan/16
42	pastagem	8	20	3	0	2	sim	sim	erradicado	dez/15
43	quintal	0	0	0	125	0	–	–	erradicado	jan/16
44	canavial	0	2	0	0	0	–	–	erradicado	jan/16
45	pastagem	4	14	3	0	1	–	–	erradicado	jan/16
46	quintal	5	0	0	0	0	–	–	erradicado	jan/16
47	quintal	14	18	0	0	0	–	–	erradicado	mar/16
48	quintal*	140	283	60	726	331	sim	sim	erradicado	jul/16
49	quintal	0	6	3	0	181	sim	sim	erradicado	jan/16
50	canavial	0	6	0	0	0	–	–	erradicado	fev/16
51	quintal	0	254	0	0	147	sim	sim	erradicado	fev/17

– não informado.

* foco parcialmente erradicado.

O número de detecções de psílídeos em armadilhas na propriedade B foi superior em lotes de perímetro em relação aos lotes internos, assim como a média de psílídeos capturados em armadilhas (Figura 38). Para essa propriedade, as maiores detecções de psílídeos em armadilhas variaram de 98 a 123 detecções em lotes mais afetados. As maiores médias de psílídeos capturados em armadilhas foram encontradas em lotes de perímetro. Ainda assim, ocorreram elevadas médias de psílídeos capturados em armadilhas em lotes internos (Figura 38). As maiores médias de psílídeos capturados em armadilhas variaram de 0,144 a 0,180 (Figura 38).

Figura 38. Mapa da propriedade B referente ao número de detecções de psílídeos em armadilhas (acima) e média de psílídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000.

Existe uma relação entre número de detecções e média de psílídeos visualizados em inspeções de ramos na propriedade B. Em ambos os casos, números mais elevados foram encontrados em lotes de perímetro. De modo geral, lotes com elevadas detecções e médias de psílídeos em ramos também tiveram uma elevada incidência de HLB. Os lotes que apresentaram maior número de detecções de psílídeos em inspeções de ramos, tiveram de 32 a 40 detecções (Figura 39). As maiores médias de psílídeos obtidas em inspeções de ramos variaram de 0,448 a 0,560 psílídeos/inspeção (Figura 39).

Figura 39. Mapa da propriedade B referente ao número de detecções de psilídeos em ramos (acima) e média de psilídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000.

Não foi possível estabelecer um padrão em relação às médias das taxas de progresso da doença pelo modelo monomolecular (Figura 40). Já pelo modelo logístico, observou-se que as maiores taxas (r_L) foram estimadas para lotes de perímetro da propriedade B, embora isso nem sempre esteja correlacionando com maiores incidências de HLB. Além disso, alguns lotes internos à propriedade B também apresentaram taxas de progresso da doença (r_L) elevadas (Figura 40).

Figura 40. Mapa da propriedade A referente às taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo Logístico (acima), e média das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular (abaixo). Escala: 1:40.000.

Para a propriedade C, além de serem verificadas maiores incidências em lotes de perímetro, é possível observar que os lotes mais afetados se concentraram no lado leste da propriedade, embora todos os lotes tenham sido plantados na mesma época, entre 2003 e 2004. Lotes mais afetados pelo HLB tiveram incidências variando de 66,0% a 79,4% (Figura 41). Os valores de AUDPC* seguem o mesmo padrão da incidência acumulada de HLB, ou seja, foram superiores principalmente em lotes de perímetro voltados para a face leste da propriedade (Figura 41). Lotes com maior AUDPC* tiveram médias variando entre 0,275 e 0,333 (Figura 41).

Figura 41. Mapa da propriedade C referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2007 à novembro de 2016. Escala: 1:40.000.

Nas inspeções externas ao leste da propriedade C, não há propriedades comerciais de citros, contudo existem diversos focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* (Figura 42). Embora não se tenha a informação sobre presença de psíldeos vetores e plantas com sintoma de HLB foram detectadas centenas de plantas cítricas e murta, possíveis fontes de inóculo, ao leste da propriedade C (Figura 42 e Tabela 13). O lote de perímetro 4C (Anexo 3) o qual apresentou uma das maiores incidência de HLB na propriedade estava localizado próximo a focos de plantas hospedeiras de HLB (Figura 42), sendo que alguns desses focos foram identificados porém ainda não foram erradicados (Tabela 13).

O lado oeste da propriedade C, de modo geral, estava próximo a focos com um menor número de plantas hospedeiras (Figura 42 e Tabela 13). Neste lado da propriedade um dos lotes mais afetados pelo HLB foi o 64C (Anexo 3) com uma incidência acumulada de 38%, este lote estava próximo a um foco com maior número de plantas hospedeiras (foco 47 – Tabela 13). Embora tenha sido detectado um grande foco a oeste da propriedade, com 2570 plantas de limão, esse número se refere a brotos que foram identificados e eliminados em novembro de 2015 (Tabela 13).

Figura 42. Focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade C.

Tabela 13. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri*, com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de *D. citri* e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade C.

Foco	Tipo	Laranja	Limão	Tangerina	cítricas	Murta	<i>D. citri</i>	Sintoma de HLB	Ação	Data
1	interno	0	0	0	1	0	—	—	erradicado	mar/15
2	interno	0	0	0	3	0	—	—	erradicado	jun/15
3	interno	0	0	0	5	0	—	—	erradicado	mar/15
4	quintal	0	5	3	0	0	—	—	erradicado	nov/05
5	APP	0	2	0	0	0	—	—	erradicado	dez/15
6	quintal	7	5	3	0	0	—	—		
7	canavial	0	0	0	15	0	—	—	erradicado	jun/15
8	APP	0	0	0	15	0	—	—	erradicado	jul/15
9	APP	0	15	0	0	0	—	—	erradicado	dez/15
10	APP	0	0	0	100	0	—	—	erradicado	jul/15
11	APP	0	0	0	4	0	—	—	erradicado	mar/15
12	APP	1	4	0	0	0	—	—	erradicado	dez/15
13	quintal	0	0	0	150	0	—	—	erradicado	mar/15
14	APP	0	1	0	0	0	—	—	erradicado	nov/15
15	quintal	0	5	0	0	0	—	—	erradicado	nov/15
16	quintal	0	6	0	0	1	—	—	erradicado	dez/15
17	quintal	2	6	2	0	0	—	—		
18	quintal	120	10	2	0	0	—	—	erradicado	nov/15
19	mata	0	0	0	120	0	—	—	erradicado	mar/15
20	interno	0	0	0	12	0	—	—	erradicado	mar/15
21	interno	0	0	0	5	0	—	—	erradicado	mar/15
22	interno	0	0	0	16	0	—	—	erradicado	mar/15
23	interno	0	0	0	10	0	—	—	erradicado	abr/15
24	quintal	0	12	0	0	0	—	—		
25	quintal	3	4	3	0	0	—	—		
26	quintal	10	6	5	0	0	—	—	erradicado	nov/15
27	quintal	10	10	10	0	0	—	—	erradicado	nov/15
28	quintal	2	3	0	0	0	—	—	erradicado	nov/15
29	quintal	0	0	0	16	0	—	—	erradicado	mar/15
30	quintal	0	8	6	0	0	—	—	erradicado	nov/15
31	quintal	0	5	0	0	0	—	—	pulverização	
32	interno	0	0	0	3	0	—	—	erradicado	mar/15
33	interno	0	0	0	3	0	—	—	erradicado	abr/15
34	interno	0	0	0	10	0	—	—	erradicado	mai/15
35	quintal	20	11	10	0	0	—	—		
36	quintal	5	0	3	0	3	—	—	erradicado	nov/15
37	quintal	0	10	5	0	1	—	—	erradicado	nov/15
38	quintal	1	6	8	0	0	—	—	erradicado	nov/15
39	quintal	4	6	0	0	0	—	—	erradicado	nov/15

continua...

continuação...

40	quintal	1	4	8	0	1	–	–	erradicado	nov/15
41	quintal	0	2570*	0	0	0	–	–	erradicado	nov/15
42	quintal	0	13	0	0	0	–	–	erradicado	nov/15
43	quintal	0	2	0	0	0	–	–	erradicado	nov/15
44	quintal	3	4	0	0	6	–	–	erradicado	nov/15
45	quintal	5	2	3	0	0	–	–	pulverização	
46	quintal	0	3	0	0	0	–	–	pulverização	
47	quintal	50	23	39	0	0	–	–	erradicado	fev/16
48	quintal	2	5	3	0	0	–	–	pulverização	
49	interno	0	0	0	2	0	–	–	erradicado	mar/15
50	quintal	0	0	0	7	0	–	–	erradicado	mar/15
51	quintal	3	3	1	0	0	–	–		
52	quintal	1	3	6	0	0	–	–	erradicado	nov/15
53	quintal	0	4	0	0	0	–	–	erradicado	nov/15
54	quintal	5	15	5	0	0	–	–	erradicado	nov/15

– não informado.

* Brotos de limão.

Existe uma relação direta entre os lotes com maiores detecções de psílídeos em armadilhas e lotes com maior média de psílídeos capturados em armadilhas na propriedade C (Figura 43). Verificou-se ainda que, de modo geral, lotes internos do lado oeste da propriedade tiveram menor número de detecções e menor captura de psílídeos em armadilhas. Alguns lotes localizados no perímetro a nordeste da propriedade C tiveram poucas detecções e baixas capturas de psílídeos (Figura 43).

Lotes que tiveram maior número de detecção em armadilhas, na propriedade C, apresentaram números variando entre 37 e 46 detecções. Já as maiores médias de capturas do inseto foram de 0,096 a 0,120 psílídeos/armadilha (Figura 43).

Figura 43. Mapa da propriedade C referente ao número de detecções de psíldeos em armadilhas (acima) e média de psíldeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000.

Ao verificar o número de detecções e médias de psíldeos em inspeções de ramos, observou-se que, de modo geral, houve tanto maior número de detecções quanto média de psíldeos/inspeção em lotes do lado leste em comparação ao lado oeste da propriedade C (Figura 44). As maiores detecções de psíldeos em inspeções de ramos em lotes variaram de 11 a 14 detecções e a maior média de psíldeos/inspeção em ramos foi de 1,016 a 1,279 (Figura 44).

Figura 44. Mapa da propriedade C referente ao número de detecções de psílídeos em ramos (acima) e média de psílídeos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:40.000.

As maiores taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo logístico foram observadas no lado leste da propriedade C (Figura 45). Entretanto, taxas (r_L) elevadas podem ser observadas também em lotes internos e do lado oeste da propriedade (Figura 45). De modo geral, médias de taxas mais elevadas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M) foram verificadas do lado leste da propriedade. Contudo, também observaram-se taxas (r_M) com valores elevados em lotes do lado oeste da propriedade C (Figura 45).

Figura 45. Mapa da propriedade C referente às taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo Logístico (acima), e média das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular (abaixo). Escala: 1:40.000.

Na propriedade D, os valores de incidência de HLB variaram de 3,8% a 27% (Figura 46). Dentre os lotes mais afetados pela doença, dois estavam localizados no perímetro da propriedade e um deles, lote 26D (Anexo 4), localizava-se internamente. O referido lote fazia divisa imediata com o escritório da propriedade D. A AUDPC* seguiu o mesmo padrão que a incidência de HLB (Figura 46).

Figura 46. Mapa da propriedade D referente à porcentagem de incidência acumulada de HLB (acima) e valores de AUDPC* (abaixo), de janeiro de 2012 à novembro de 2016. Escala: 1:30.000.

A propriedade D faz divisa imediata com outra propriedade comercial de citros do lado leste, porém não há informações sobre o manejo da doença e do vetor nesse local (Figura 47). Em um raio de 5 km, existem outras duas propriedades citricultoras vizinhas, uma delas está localizada a sudeste e a outra ao sul da propriedade D. Esta última possui um manejo rigoroso da doença e do vetor, assim como na propriedade D.

O sul da propriedade D foi mais afetado pelo HLB em comparação ao norte. Maiores focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* foram identificados ao sul da propriedade, como mostra a Figura 47 (foco 1 ao 21). No total foram detectadas 5388 plantas ao sul da propriedade D atuando como possíveis fontes de inóculo (Tabela 14), já ao norte esse número foi inferior, com 601 plantas hospedeiras no total (Tabela 14).

Figura 47. Focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri* detectados em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade D.

Tabela 14. Identificação dos focos de plantas hospedeiras de HLB e *D. citri*, com a classificação da área, número de plantas hospedeiras, presença de *D. citri* e sintomas de HLB, tipo de manejo/ação e data de erradicação das plantas em um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade D.

Foco	Tipo	D.						Sintoma	Ação	Data
		Laranja	Limão	Tangerina	Cítricas	Murta	<i>citri</i>	de HLB		
1	quintal	10	14	5	0	0	–	–	erradicado	jan/16
2	mata	0	296	0	0	0	–	–	erradicado	fev/16
3	interno P.C.*	0	0	0	152	0	–	–	erradicado	jun/15
4	quintal	5	150	5	0	0	–	–	erradicado	jun/15
5	interno P.C.*	0	0	0	97	0	–	–	erradicado	jun/15
6	interno P.C.*	0	2000	0	0	0	–	–	erradicado	ago/16
7	interno P.C.*	0	0	0	5	0	–	–	erradicado	–
8	quintal	0	47	0	0	0	–	–		
9	pastagem	4	7	4	0	0	–	–	erradicado	set/15
10	quintal	0	0	0	4	0	–	–	erradicado	out/15
11	quintal	0	1	2	0	0	–	–	erradicado	out/15
12	quintal	0	0	0	58	0	–	–	erradicado	jun/15
13	quintal	0	0	0	58	0	–	–	erradicado	jun/15
14	quintal	2	2	0	0	0	–	–	erradicado	out/15
15	APP	1	2153	0	0	4	–	–	erradicado	–
16	mata	0	0	0	8	0	–	–	erradicado	–
17	interno	0	0	0	0	5	–	–	erradicado	–
18	pastagem	8	6	5	0	0	–	–	erradicado	out/15
19	quintal	0	10	0	0	0	–	–	erradicado	out/15
20	pastagem	11	15	3	0	1	–	–	erradicado	jan/16
21	pastagem	12	214	4	0	0	–	–	erradicado	nov/15
22	quintal	20	13	10	0	0	–	–	erradicado	out/15
23	interno	0	0	0	7	0	–	–	erradicado	–
24	APP	15	353	11	0	1	–	–	erradicado	jan/16
25	quintal	0	0	0	7	0	–	–	erradicado	jun/15
26	quintal	0	0	0	11	0	–	–	erradicado	jun/15
27	APP	10	121	13	0	0	–	–	erradicado	dez/15
28	interno	0	0	0	3	0	–	–	erradicado	–
29	mata	0	0	0	6	0	–	–	erradicado	jun/15

– não informado.

* Interno a uma propriedade comercial.

Na propriedade D tanto o maior número de detecções quanto a maior média de psíldeos em armadilhas foi verificado em lotes de perímetro (Figura 48). A maior detecção de psíldeos em armadilhas foi verificada em um lote de perímetro a oeste da propriedade, com 42 detecções (Figura 48). As maiores médias de psíldeos em armadilhas variaram de 0,016 a 0,020 psíldeos/armadilha, verificadas em lotes de perímetro (Figura 48).

Figura 48. Mapa da propriedade D referente ao número de detecções de psílídeos em armadilhas (acima) e média de psílídeos capturados em armadilhas (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:30.000.

Em relação ao número de detecções e médias de psílídeos em inspeções de ramos, observaram-se maiores números em lotes de perímetro (Figura 49). As maiores detecções variaram de 6,4 a 8 para lotes de perímetro da propriedade (Figura 49). O lote com maior média de psílídeos em inspeções de ramos foi de 0,87 psílídeos/inspeção. Este lote, além de estar localizado no perímetro da propriedade, também possuía um tamanho reduzido (Figura 49).

Figura 49. Mapa da propriedade D referente ao número de detecções de psílideos em ramos (acima) e média de psílideos encontrados em inspeções de ramos (abaixo), de julho de 2012 à outubro de 2016. Escala: 1:30.000.

Em relação à média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M), observou-se que para a propriedade D as médias mais elevadas foram obtidas em lotes de perímetro (Figura 50). Não foi possível efetuar ajuste para todos os lotes da propriedade D, pelo fato desta ser mais nova em comparação às demais propriedades e não dispor, em alguns lotes, de dados suficientes de número de plantas sintomáticas erradicadas para efetuar o ajuste de modelo.

Figura 50. Mapa da propriedade D referente às médias das taxas de progresso da doença estimadas pelo modelo monomolecular. Escala: 1:30.000.

Na correlação de Spearman entre as variáveis estudadas para todas as propriedades avaliadas, verificou-se que a incidência de HLB correlacionou-se de forma positiva e direta com AUDPC*. Também correlacionou-se de forma direta e positiva com as médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, com todas as variáveis relacionadas ao número de psíldeos em ramos ou armadilhas e com inóculo inicial observado da doença (Tabela 15). A AUDPC* apresentou as mesmas correlações observadas entre incidência de HLB e as demais variáveis. Ainda, houve correlação direta e positiva entre médias das taxas pelo modelo monomolecular e os parâmetros relacionados à captura de psíldeos em armadilhas. As taxas de progresso da doença estimadas pelos modelos logístico e de Gompertz correlacionaram-se entre si de forma direta e positiva, entretanto, ambas as taxas se correlacionaram negativamente com a média de psíldeos capturados em armadilhas e com o inóculo inicial observado. Houve correlação positiva e direta entre todos os parâmetros relacionados à captura de psíldeos em armadilhas e em inspeções de ramos (Tabela 15).

Tabela 15. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando todas as propriedades analisadas.

	AUDPC* ²	Méd. (r_M) ³	(r_L) ⁴	(r_G) ⁵	Det. arm. ⁶	Núm. arm. ⁷	Méd. arm. ⁸	Det. Ramos ⁹	Núm. Ramos ¹⁰	Méd. ramos ¹¹	y0 (obs.) ¹²
Inc. (HLB) ¹	0,95*	0,28*	0,12	0,05	0,31*	0,36*	0,51*	0,21*	0,30*	0,29*	0,23*
AUDPC* ²		0,21*	0,12	0,10	0,26*	0,31*	0,52*	0,23*	0,30*	0,29*	0,32*
Méd. (r_M) ³			-0,04	-0,10	0,14*	0,17*	0,24*	-0,02	0,03	0,01	<0,01
(r_L) ⁴				0,91*	-0,14	-0,09	-0,19*	-0,08	0,04	0,05	-0,48*
(r_G) ⁵					-0,18	-0,14	-0,25*	-0,11	0,02	0,03	-0,47*
Det. arm. ⁶						0,97*	0,64*	0,24*	0,18*	0,18*	0,03
Núm. arm. ⁷							0,68*	0,26*	0,20*	0,19*	0,03
Méd. arm. ⁸								0,30*	0,22*	0,21*	0,20*
Det. Ramos ⁹									0,81*	0,81*	0,30*
Núm. Ramos ¹⁰										0,99*	0,19*
Méd. ramos ¹¹											0,18*

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro ($p < 0,05$)

¹ Incidência de HLB

² AUDPC* (Area Under Disease Progress Curve)

³ Médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M)

⁴ Taxas estimadas pelo modelo Logístico (r_L)

⁵ Taxas estimadas pelo modelo Gompertz (r_G)

⁶ Detecção de psilídeos em armadilhas

⁷ Número de psilídeos capturados em armadilhas

⁸ Média de psilídeos capturados em armadilhas

⁹ Detecção de psilídeos em inspeções de ramos

¹⁰ Número de psilídeos em inspeções de ramos

¹¹ Média de psilídeos em inspeções de ramos

¹² Inóculo inicial observado

A incidência de HLB, assim como AUDPC* na propriedade A, apresentaram as mesmas correlações já descritas anteriormente, ou seja, somente não se correlacionaram com taxas estimadas pelos modelos logístico e Gompertz (Tabela 16). A média das taxas pelo modelo monomolecular se correlacionaram negativamente com as taxas estimadas pelo modelo logístico, e tiveram correlação positiva com todos os parâmetros relacionados captura de psilídeos em armadilhas (Tabela 16). Os parâmetros relacionados à captura de psilídeos em armadilhas e em inspeções de ramos se correlacionaram positivamente entre si (Tabela 16).

Tabela 16. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade A.

	AUDPC* ²	Méd. (r _M) ³	(r _L) ⁴	(r _G) ⁵	Det. arm. ⁶	Núm. arm. ⁷	Méd. arm. ⁸	Det. Ramos ⁹	Núm. Ramos ¹⁰	Méd. ramos ¹¹	y0 (obs.) ¹²
Inc. (HLB) ¹	0,82*	0,41*	-0,33	-0,34	0,44*	0,46*	0,64*	0,35*	0,43*	0,43*	0,37*
AUDPC* ²		0,37*	-0,16	-0,19	0,64*	0,66*	0,62*	0,46*	0,55*	0,55*	0,44*
Méd. (r _M) ³			-0,39*	-0,19	0,36*	0,36*	0,36*	0,02	0,14	0,14	-0,07
(r _L) ⁴				0,93*	-0,11	-0,15	-0,24	0,00	-0,02	-0,03	-0,11
(r _G) ⁵					0,08	0,00	0,21	0,37	0,40	0,40	0,09
Det. arm. ⁶						0,99*	0,70*	0,58*	0,64*	0,64*	0,34
Núm. arm. ⁷							0,69*	0,56*	0,63*	0,63*	0,36*
Méd. arm. ⁸								0,54*	0,61*	0,60*	0,18
Det. Ramos ⁹									0,97*	0,97*	0,33
Núm. Ramos ¹⁰										0,99*	0,33
Méd. ramos ¹¹											0,32

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro ($p < 0,05$)

¹ Incidência de HLB

² AUDPC* (*Area Under Disease Progress Curve*)

³ Médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M)

⁴ Taxas estimadas pelo modelo Logístico (r_L)

⁵ Taxas estimadas pelo modelo Gompertz (r_G)

⁶ Detecção de psilídeos em armadilhas

⁷ Número de psilídeos capturados em armadilhas

⁸ Média de psilídeos capturados em armadilhas

⁹ Detecção de psilídeos em inspeções de ramos

¹⁰ Número de psilídeos em inspeções de ramos

¹¹ Média de psilídeos em inspeções de ramos

¹² Inóculo inicial observado

Para a propriedade B, a incidência de HLB apenas correlacionou-se de forma positiva e direta com AUDPC*, média de psilídeos capturados em armadilhas e com inóculo inicial observado (Tabela 17). As médias das taxas pelo modelo monomolecular tiveram correlação positiva com as taxas estimadas pelo modelo logístico. As taxas estimadas pelo modelo logístico correlacionaram-se de forma positiva e direta com as taxas estimadas pelo modelo de Gompertz (Tabela 17). As variáveis relacionadas a psilídeos correlacionaram-se positivamente entre si (Tabela 17).

Tabela 17. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade B.

	AUDPC* ²	Méd. (r_M) ³	(r_L) ⁴	(r_G) ⁵	Det. arm. ⁶	Núm. arm. ⁷	Méd. arm. ⁸	Det. Ramos ⁹	Núm. Ramos ¹⁰	Méd. ramos ¹¹	y0 (obs.) ¹²
Inc. (HLB) ¹	0,95*	0,07	0,11	0,18	0,19	0,24	0,40*	-0,01	0,10	0,09	0,62*
AUDPC* ²		0,07	0,10	0,16	0,11	0,13	0,33*	-0,12	-0,01	-0,02	0,75*
Méd. (r_M) ³			0,32*	0,18	-0,10	-0,06	0,06	-0,15	-0,15	-0,16	0,07
(r_L) ⁴				0,75*	-0,13	-0,09	0,03	-0,14	-0,09	-0,06	-0,13
(r_G) ⁵					0,02	0,06	0,07	0,12	0,10	0,11	-0,16
Det. arm. ⁶						0,96*	0,61*	0,46*	0,47*	0,49*	-0,17
Núm. arm. ⁷							0,69*	0,51*	0,51*	0,52*	-0,20
Méd. arm. ⁸								0,25*	0,29*	0,30*	-0,14
Det. Ramos ⁹									0,86*	0,86*	-0,28*
Núm. Ramos ¹⁰										0,99*	-0,25
Méd. ramos ¹¹											-0,27*

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro ($p < 0,05$)

¹ Incidência de HLB

² AUDPC* (*Area Under Disease Progress Curve*)

³ Médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M)

⁴ Taxas estimadas pelo modelo Logístico (r_L)

⁵ Taxas estimadas pelo modelo Gompertz (r_G)

⁶ Detecção de psilídeos em armadilhas

⁷ Número de psilídeos capturados em armadilhas

⁸ Média de psilídeos capturados em armadilhas

⁹ Detecção de psilídeos em inspeções de ramos

¹⁰ Número de psilídeos em inspeções de ramos

¹¹ Média de psilídeos em inspeções de ramos

¹² Inóculo inicial observado

Na propriedade C, a incidência de HLB apenas não teve correlação com as taxas de progresso da doença estimadas pelos modelos logístico e Gompertz, porém teve correlação positiva e direta com os demais parâmetros (Tabela 18). A AUDPC* apresentou as mesmas correlações observadas para incidência de HLB. As médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular se correlacionaram de forma positiva e direta com os parâmetros relacionados as inspeções de psilídeos em ramos (Tabela 18). As taxas de progresso da doença estimadas pelos modelos logístico e Gompertz correlacionaram-se entre si de forma direta e positiva. Em relação às variáveis relacionadas a captura de psilídeos em armadilhas e em inspeções de ramos, somente o parâmetro média de psilídeos capturados em armadilhas não apresentou correlação com número total e média de psilídeos em inspeções de ramos (Tabela 18). O inóculo inicial observado correlacionou-se de forma positiva e direta com incidência de HLB e AUDPC* (Tabela 18).

Tabela 18. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, taxas pelos modelos logístico e Gompertz, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade C.

	AUDPC* ²	Méd. (r_M) ³	(r_L) ⁴	(r_G) ⁵	Det. arm. ⁶	Núm. arm. ⁷	Méd. arm. ⁸	Det. Ramos ⁹	Núm. Ramos ¹⁰	Méd. ramos ¹¹	y0 (obs.) ¹²
Inc. (HLB) ¹	0,95*	0,30*	0,17	-0,01	0,31*	0,34*	0,29*	0,48*	0,54*	0,55*	0,39*
AUDPC* ²		0,27*	0,19	0,09	0,32*	0,35*	0,32*	0,48*	0,52*	0,52*	0,46*
Méd. (r_M) ³			0,03	0,14	0,07	0,10	0,16	0,21*	0,29*	0,29*	0,01
(r_L) ⁴				0,96*	-0,13	-0,10	-0,05	0,05	-0,01	0,00	0,05
(r_G) ⁵					-0,28	-0,27	-0,13	0,00	-0,11	-0,09	0,22
Det. arm. ⁶						0,96*	0,64*	0,30*	0,18	0,19	-0,08
Núm. arm. ⁷							0,68*	0,32*	0,20*	0,21*	-0,02
Méd. arm. ⁸								0,20*	0,12	0,12	-0,04
Det. Ramos ⁹									0,83*	0,84*	0,08
Núm. Ramos ¹⁰										0,99*	0,10
Méd. ramos ¹¹											0,11

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro ($p < 0,05$)

¹ Incidência de HLB

² AUDPC* (*Area Under Disease Progress Curve*)

³ Médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M)

⁴ Taxas estimadas pelo modelo Logístico (r_L)

⁵ Taxas estimadas pelo modelo Gompertz (r_G)

⁶ Detecção de psilídeos em armadilhas

⁷ Número de psilídeos capturados em armadilhas

⁸ Média de psilídeos capturados em armadilhas

⁹ Detecção de psilídeos em inspeções de ramos

¹⁰ Número de psilídeos em inspeções de ramos

¹¹ Média de psilídeos em inspeções de ramos

¹² Inóculo inicial observado

Na propriedade D, observou-se que a incidência de HLB apresentou correlação positiva direta somente com AUDPC* (Tabela 19). Foi verificada correlação direta e positiva entre detecção, número total e média de psilídeos em armadilhas (Tabela 19). Houve, ainda, correlação direta e positiva entre total e média de psilídeos em ramos (Tabela 19). O inóculo inicial observado apresentou correlação positiva direta com todos os parâmetros relacionados à inspeção de psilídeos em ramos (Tabela 19).

Tabela 19. Correlação de Spearman entre as variáveis Incidência de HLB, AUDPC*, média das taxas estimadas pelo modelo monomolecular, detecção, número e média de psilídeos capturados em armadilhas, detecção, número e média de psilídeos em inspeções de ramos, e inóculo inicial observado, considerando dados da propriedade D.

	AUDPC* ²	Méd. (r_M) ³	Det. arm. ⁴	Núm. arm. ⁵	Méd. arm. ⁶	Det. Ramos ⁷	Núm. Ramos ⁸	Méd. ramos ⁹	y0 (obs.) ¹⁰
Inc. (HLB) ¹	0,85*	0,11	0,08	0,07	0,04	0,24	0,11	0,06	0,13
AUDPC* ²		-0,11	0,15	0,14	0,05	0,16	0,14	0,09	0,05
Méd. (r_M) ³			0,18	0,24	0,21	0,03	-0,16	-0,19	-0,35
Det. arm. ⁴				0,98*	0,80*	-0,10	0,08	0,08	-0,14
Núm. arm. ⁵					0,83*	-0,09	0,00	0,00	-0,17
Méd. arm. ⁶						-0,16	-0,11	-0,11	-0,20
Det. Ramos ⁷							0,20	0,14	0,36*
Núm. Ramos ⁸								0,98*	0,38*
Méd. ramos ⁹									0,35*

* Significativo ao nível de 5 % de probabilidade de erro ($p < 0,05$)

¹ Incidência de HLB

² AUDPC* (*Area Under Disease Progress Curve*)

³ Médias das taxas estimadas pelo modelo monomolecular (r_M)

⁴ Detecção de psilídeos em armadilhas

⁵ Número de psilídeos capturados em armadilhas

⁶ Média de psilídeos capturados em armadilhas

⁷ Detecção de psilídeos em inspeções de ramos

⁸ Número de psilídeos em inspeções de ramos

⁹ Média de psilídeos em inspeções de ramos

¹⁰ Inóculo inicial observado

Na figura 51 observou-se que quanto menor a distância entre os vizinhos (fontes de inóculo externas) dos lotes presentes em cada propriedade, maior foi a incidência de HLB. Entretanto, essa correlação, obtida pela regressão linear, apenas foi significativa ($p < 0,05$) para as propriedades A e B, com coeficientes de determinação de 0,13 e 0,08, respectivamente.

Figura 51. Regressão linear entre a incidência de HLB (%) e a distância (m) da fonte de inóculo mais próxima considerando todos os lotes analisados das propriedades A, B, C e D.

5. DISCUSSÃO

Baseada no número de plantas sintomáticas erradicadas, a maior incidência de HLB na propriedade A foi observada em 2016, e a maior captura de insetos em armadilhas ocorreu nos anos de 2012 e 2016. O tempo entre a infecção e o aparecimento de sintomas da doença é denominado de período de incubação. Para o HLB, esse período é variável e depende de diversos fatores, com ênfase na temperatura, idade, espécie ou variedade da planta hospedeira, época do ano e concentração de bactérias transmitidas. Contudo, de modo geral, considera-se que o período de incubação varia entre 6 a 12 meses (Bové, 2006). A maior incidência de HLB no ano de 2016 pode estar relacionada à maior detecção de psíldeos em inspeções de ramos que ocorreu em 2015. Entretanto, o controle do vetor por meio de pulverizações terrestres com inseticidas foram intensivas em 2015, com médias de 2,8 aplicações/mês, que deveriam diminuir a incidência de HLB no ano seguinte. Ainda, os lotes de perímetro foram os que mais apresentaram sintomas, demonstrando uma alta pressão externa de psíldeos para dentro da propriedade.

O manejo incorreto do pomar é um dos pontos mais relevantes para o aumento da incidência de HLB. A aplicação de inseticida sistêmico via *drench*, na fase inicial de desenvolvimento das plantas, é realizado com o objetivo de reduzir as infecções primárias. Assim, o ideal é que o tratamento seja efetuado por até 24 meses após o plantio, com três aplicações anuais, considerando que a persistência desses inseticidas na planta seja de até 60 dias. Na propriedade A, o manejo inicial das mudas desde o início do plantio dos pomares ocorreu de forma adequada. Foram realizadas, no mínimo, duas aplicações com inseticida sistêmico (via *drench*) por ano, o que resultou em menores níveis de infecção por HLB. O manejo inicial na propriedade A ainda contribuiu com o menor número de erradicações e menores valores de AUDPC* quando comparado com as propriedades B e C, as quais possuem pomares com idades próximas.

Na propriedade B, a maior incidência de HLB foi observada em 2015. Esse fato pode estar associado à maior captura de psíldeos em armadilhas no ano de 2013 entre os meses de julho a dezembro. Conforme discutido por Bergamin Filho *et al.* (2016), após a planta ser infectada pela bactéria associada ao HLB ocorre o período de incubação no qual a planta não apresenta sintomas da doença. Esse período pode variar de acordo com a época do ano em que a planta foi infectada, ou seja, se a infecção ocorreu de setembro a fevereiro o período

de incubação é de 6 meses, porém se a infecção ocorreu de março a agosto, o período de incubação é de 12 meses (Bergamin Filho *et al.*, 2016). No caso da propriedade B, assumiu-se que o período de incubação tenha sido de um ano, já que, provavelmente, a maior parte das infecções tenha ocorrido entre julho e agosto, evidenciado pelas maiores capturas de psílídeos reportadas nesse período. Nos meses de julho e agosto, ocorrem condições de temperatura favoráveis à infecção e colonização por parte das espécies de *Liberibacter* associadas ao HLB. Conforme Gasparoto *et al.* (2012) o processo de infecção e colonização por essas bactérias são favorecidos em condições de temperatura entre 17/22°C e 22/27°C. Já Lopes *et al.* (2009) afirmam que durante o outono e inverno, período em que há maior manifestação de sintomas de HLB, as temperaturas normalmente não ultrapassam 32°C no Estado de São Paulo. Dessa forma, na propriedade B, provavelmente, as plantas tenham começado a apresentar sintomas de HLB a partir de julho de 2014, mas que foram identificadas em inspeções posteriores e erradicadas a partir de 2015. Pulverizações terrestres com inseticidas para o controle do vetor foram bastante intensivas em 2013. Ainda assim, uma grande quantidade de psílídeos foi detectada nas armadilhas no mesmo ano. Esse cenário demonstra que apenas efetuar o manejo local, ou seja, dentro da propriedade, não foi suficiente para impedir que o vetor atingisse lotes de perímetro da propriedade, localizados próximos às áreas externas sem o manejo do vetor.

O manejo do vetor/doença deve ser iniciado com a aplicação de inseticidas sistêmicos mesmo antes das plantas serem transferidas para o campo, com o objetivo de manter a planta protegida no início de seu desenvolvimento. Para isso, os inseticidas sistêmicos são aplicados na planta via *drench* até o terceiro ano após o plantio, o que não ocorreu na propriedade C. O número médio de pulverizações terrestres realizadas em 2012, apesar de alto, com no mínimo uma pulverização mensal, provavelmente não foi suficiente para impedir que novas infecções ocorressem. Isso refletiu em uma maior incidência de HLB no ano de 2013. No início do programa de monitoramento de psílídeos em armadilhas, foi alocada somente uma armadilha por lote. Já nos anos posteriores, o número de armadilhas foi maior, e isso pode estar relacionado ao fato do ano de 2012 ter apresentado um menor número de captura de psílídeos. Nos anos posteriores a 2012, foi observado maior número de *D. citri* capturados em armadilhas, principalmente, entre os meses de julho a dezembro. No ano de 2015, também verificou-se maior detecção de psílídeos em inspeções de ramos. Embora o controle químico do vetor tenha sido bastante intensivo, com uma média de

aproximadamente duas pulverizações mensais, não foi suficiente para reduzir a incidência de HLB.

A propriedade D, apesar de ter sido plantada posteriormente às demais propriedades, com início do plantio em 2010, apresentou incidência de HLB elevada, com 11%. A incidência de HLB na propriedade cresceu acentuadamente de 2012 a 2016, com o maior número de plantas erradicadas em 2016. O fato das plantas serem mais novas e serem plantadas em épocas diferentes (2010, 2011, 2012 e 2013) pode ter formado um contraste atrativo para o psíldeo vetor advindo de áreas externas, nas quais o manejo da doença e do vetor não é realizado. Embora o controle do vetor tenha sido efetuado de maneira rigorosa na propriedade nos anos de 2014 e 2015, com médias de pulverizações terrestres de inseticidas de 2,9 e 2,1 aplicações/mês, respectivamente, isso não refletiu na redução da incidência de HLB, que pelo contrário, aumentou drasticamente no ano de 2016. Contudo, vale ressaltar que a propriedade D não teve um manejo da doença/vetor adequado, já que no mínimo duas aplicações/ano, via *drench*, deveriam ser efetuadas até o terceiro ano de desenvolvimento das plantas, o que não ocorreu.

Embora tenha havido falhas no manejo inicial do vetor/doença com a utilização de inseticidas sistêmicos em algumas das propriedades estudadas, o manejo por meio de pulverizações terrestres de inseticidas foi intensificado. Porém, mesmo assim, a ocorrência da doença continuou crescendo no decorrer dos anos em todas as propriedades avaliadas. Gottwald & Graham (2014) concluíram que, em propriedades comerciais as quais realizam o manejo da doença e do vetor baseado nos princípios da utilização de mudas fiscalizadas, controle do vetor e erradicação de plantas sintomáticas, o nível tolerável e sustentável de plantas erradicadas com HLB seria de 2 a 5% por ano. Dados de incidência de HLB coletados de janeiro a outubro de 2016 nas propriedades C e D ultrapassaram 6% de perdas de plantas, mesmo com intensivas pulverizações para o controle do vetor. A propriedade A conseguiu manter-se com menores perdas de plantas em relação às demais propriedades. Entretanto, apesar desse número ter se elevado em 2016 para aproximadamente 3,5% de perdas, ainda assim, está dentro do nível tolerado e considerado sustentável. Já a propriedade B teve uma perda superior a 5% em 2015, o que não é sustentável. Apesar desse nível ter sido menor em 2016, os dados foram coletados somente até outubro desse ano.

O HLB dos citros é uma doença classificada como policíclica, já que a epidemia é governada por infecções secundárias. Por outro lado, essa afirmação só é verdadeira quando não há o controle do vetor e, assim, as disseminações secundárias são as responsáveis por ocasionar o aumento da doença. Entretanto, como foi discutido por Bergamin Filho *et al.* (2016), em pomares em que o controle químico do vetor é realizado, a disseminação secundária é menos importante, e a epidemia é governada por disseminações primárias contínuas e, assim, constituindo um novo grupo, as doenças policíclicas com disseminação primária contínua. Essa afirmação reforça os resultados obtidos neste trabalho, no qual foi possível verificar uma maior incidência da doença e maiores estimativas de AUDPC* em lotes de perímetro, indicando que as propriedades estão sofrendo a influência contínua de fontes de inóculo externas. O fato das disseminações secundárias praticamente não ocorrerem em pomares onde há o manejo rigoroso da doença e do vetor sugere que nesse patossistema a doença seja monocíclica com disseminações primárias contínuas. Isso é corroborado pelo controle intensivo do vetor dentro da área considerada e pelas erradicações de plantas sintomáticas que, de modo geral, não permitem que o inóculo produzido nessas plantas sirva de fonte de inóculo para infectar plantas adjacentes. Além disso, trabalhos realizados por outros autores têm demonstrado que o psíldeo adulto demora em torno de 17,8 dias para tornar-se apto a inocular plantas após a aquisição do patógeno (Canale *et al.*, 2016). Considerando que o controle químico do vetor nas propriedades estudadas foi efetuado pelo menos uma vez a cada quinze dias, isso não permitiria que o psíldeo adquirisse a bactéria dentro do pomar considerado e a transmitisse para plantas adjacentes antes de ser eliminado pelo inseticida. Nesse caso, as disseminações secundárias não ocorreriam. Supondo-se que esse comportamento seja um padrão observado em propriedades citrícolas bem manejadas, acredita-se que esse patossistema específico possa ser definido como doença monocíclica com disseminações primárias contínuas.

Apesar dos modelos logístico e de Gompertz terem se ajustado adequadamente aos dados anuais, principalmente o modelo logístico, as taxas de progresso da doença (r_L e r_G) não explicaram a epidemia de HLB. Além disso, as taxas de progresso da doença estimadas por esses modelos apresentaram correlação direta e negativa com o inóculo inicial. Conforme Bergamin Filho *et al.* (2016) doenças policíclicas tipicamente apresentam curvas logísticas e o manejo dessas doenças está baseado na redução da taxa de progresso da

doença, enquanto que para doenças monocíclicas o manejo é baseado na redução do inóculo inicial. Contudo, o manejo realizado nas propriedades estudadas é efetuado apenas localmente, e, portanto, não reduz o inóculo inicial advindo de áreas externas por meio de psílídeos bacteriolíferos. Em outras palavras, as disseminações primárias não são contidas, e, por essa razão, as taxas obtidas pelos modelos logístico e Gompertz não explicam as epidemias de HLB ocorrentes nas propriedades. Bassanezi *et al.* (2013a) avaliaram o efeito da redução do inóculo sobre a epidemia de HLB por meio de diferentes frequências de remoção de plantas sintomáticas e com diferentes intensidades do controle do vetor. Os autores verificaram baixo ou nenhum efeito da maior frequência de remoção das plantas sobre as taxas de progresso da doença, independente da intensidade do controle do vetor. Apesar das propriedades estudadas efetuarem o mesmo manejo em todos os lotes, com frequentes erradicações de plantas e controle químico do vetor, houve variação nas taxas obtidas pelo modelo logístico (r_L). Contudo, as taxas de progresso não apresentaram relação com a incidência final da doença.

As taxas anuais de progresso da doença para as propriedades A, B e C variaram de 0,28 a 1,88 pelo modelo logístico e de 0,13 a 1,0 pelo estimativas do modelo de Gompertz. Bassanezi *et al.* (2013a) obtiveram taxas anuais de progresso do HLB por meio de regressão linear do modelo logístico que variaram de 0,82 a 2,77 em experimentos com manejo semelhante aos das propriedades estudadas nesse trabalho. Entretanto, as taxas obtidas nos experimentos realizados por esses autores foram superiores às taxas (r_L) estimadas no presente trabalho. Estes resultados também foram reportados por Bassanezi *et al.* (2013b), onde, também, ao avaliar experimentos com controle do vetor e utilizando regressão linear pelo modelo logístico de dois parâmetros, obtiveram taxas anuais de progresso da doença variando de 1,23 a 2,54. Gottwald *et al.* (2010) utilizaram os modelos lineares logístico e de Gompertz para explicar a epidemia de HLB em pomares de citros da Flórida, e obtiveram taxas anuais variando de 0,72 a 2,73 pelo modelo logístico e 0,43 a 0,97 pelo modelo de Gompertz. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados no presente estudo.

O modelo monomolecular, empregado para analisar o progresso temporal de doenças monocíclicas nesse estudo apresentou um adequado ajuste do modelo aos dados, como apresentado no item 4.1. Cada ajuste do modelo monomolecular considerou os dados coletados, majoritariamente, dentro de um mesmo ano, iniciando normalmente em fevereiro e finalizando em dezembro. Ajustes com taxas de progresso da doença (r_M) muito

elevadas foram observados em casos onde se dispunha de poucos dados para efetuar o ajuste (de 4 a 5 pontos de incidência de HLB), ou ainda quando a curva tinha início com uma baixa incidência de HLB e em seguida apresentava uma incidência muito elevada, formando uma curva inclinada para a esquerda com um ângulo próximo à 90° . Esses casos foram a exceção, como mostrado nos resultados. De modo geral, as taxas de progresso da doença estimadas para lotes pertencentes a todas as propriedades avaliadas e independentemente do local, apresentaram média geral de 7,19, porém, taxas mais elevadas (r_M) concentraram-se em lotes de perímetro.

O modelo monomolecular tem sido utilizado nesse trabalho em função da aparente importância da disseminação primária nesse patossistema, mesmo o HLB sendo uma doença policíclica. Bergamin Filho & Amorim (2002) discutem sobre a utilização do modelo monomolecular para doenças com período de incubação variável mesmo que as doenças sejam classificadas epidemiologicamente como policíclicas. Nesses casos, o aparecimento dos sintomas, normalmente, depende da fenologia do hospedeiro, como por exemplo, a mancha preta dos citros causada por *Guignardia citricarpa*, ou ainda a antracnose em frutíferas causadas por *Colletotrichum* spp. A infecção nos patossistemas citados pode ocorrer em qualquer período do desenvolvimento do fruto, porém os sintomas da doença ocorrem concomitantemente com o amadurecimento dos frutos. Ajustes do modelo monomolecular (r_M) para explicar o desenvolvimento da epidemia do HLB não são encontradas na literatura. Entretanto, quando comparadas às taxas (r_M) obtidas para outras doenças policíclicas como a mancha preta dos citros ($r_M=0,13$ a $0,14$) (Spósito *et al.*, 2004), ou antracnose em citros ($r_M=0,13$ a $0,25$) (Gasparoto *et al.*, 2017), pode-se considerar que as taxas de progresso da doença (r_M) encontradas nesse trabalho para o HLB foram bastante elevadas. Apesar da doença levar anos para mostrar um significativo aumento, em função do longo período de incubação, mesmo assim quando considerada a natureza perene dos citros, é possível inferir que a epidemia de HLB cresce rapidamente (Gottwald, 2010).

Embora exista correlação positiva e direta entre incidência de HLB e taxas estimadas pelo modelo monomolecular quando analisadas todas as propriedades, nem sempre maiores taxas estão relacionadas a maiores incidências de HLB e vice-versa. A explicação para a epidemia de HLB parece estar mais relacionada ao inóculo inicial da doença, ou seja, quanto maior a incidência final acumulada, maior foi o inóculo inicial observado. O progresso temporal de HLB nas propriedades avaliadas também pode ser

melhor explicado pela AUDPC*, a qual apresentou elevada correlação com incidência final acumulada de HLB. Nesse caso, é possível realizar a comparação de epidemias com diferentes tempos de duração. Além disso, a AUDPC* não é muito influenciada pelo inóculo inicial.

A epidemia de HLB demonstrou ser governada por disseminações primárias, ou seja, ser dependente da quantidade de psíldeos que atinge os pomares, disseminando a bactéria para as plantas presentes nas propriedades avaliadas. De modo geral, a maior captura de psíldeos em armadilhas ocorreu em lotes de perímetro das propriedades. Contudo, existem algumas exceções como, por exemplo, o lote 26D (Anexo 4), localizado internamente à propriedade D, que possui a terceira maior incidência de HLB da propriedade e também apresentou uma média de 0,01 psíldeo/armadilha/ano, não diferindo da média encontrada em lotes de perímetro. Isso pode estar relacionado ao fato de que, nesta propriedade, os lotes tiveram diferentes períodos de plantio, sendo que este lote em específico foi plantado anteriormente aos lotes de perímetro 27D e 29D (Anexo 4) que fazem divisa com o lote 26D. Dessa forma, o lote 26D atuou como um lote de perímetro propenso à maior ocorrência de psíldeos advindos de áreas externas à propriedade, até que os dois lotes, 27D e 29D, fossem plantados no perímetro da face norte da propriedade, imediatamente ao lado do lote 26D. Wu *et al.* (2015) demonstraram experimentalmente que psíldeos de *D. citri*, além de preferirem brotações novas, também são atraídos preferencialmente por plantas já infectadas pela bactéria, o que também poderia estar relacionado com a elevada incidência encontrada no lote 26D.

As médias de psíldeos capturados em armadilhas nas propriedades A, B, C e D foram de 0,02; 0,05; 0,03; e, 0,01 psíldeos/armadilha, respectivamente. Bassanezi *et al.* (2013b) obteve médias de 0,08 a 0,09 psíldeos/armadilha em áreas com o controle químico do vetor, e de 0,12 a 0,46 psíldeos/armadilha em áreas cultivadas no Estado de São Paulo sem o controle do vetor. Médias mais elevadas foram obtidas por Flores *et al.* (2009) em experimento implantado na Flórida, com médias variando de 3,6 a 11,5 psíldeos/armadilha. Os mesmos autores avaliaram experimentos no Texas e em Porto Rico, obtendo médias de 0,1 a 0,9 psíldeos/armadilha e 0,3 a 3,0 psíldeos/armadilha, respectivamente. O manejo do HLB em São Paulo e na Flórida diferem quanto à intensidade. E embora ambos os locais realizem inspeção e erradicação de plantas combinado com o controle químico do vetor, em São Paulo a utilização de mudas fiscalizadas, o *roguing* e o controle químico do vetor são

realizados de maneira muito mais rigorosa quando comparado à Flórida (Gottwald & Graham, 2014). Contudo, mesmo com um intensivo controle do vetor é difícil eliminá-lo completamente de uma área, uma vez que o psíldeo possui rápido desenvolvimento e uma elevada taxa de reprodução, ovipositando em brotações novas cerca de 800 ovos durante sua vida (Grafton-cardwell *et al.*, 2013). Apesar do presente estudo e outros trabalhos realizados no Brasil apontarem menores populações de *D. citri* em comparação a outros países, ainda assim a incidência de HLB continua aumentando. Isso indica que as disseminações primárias, as quais ocorrem por meio da dispersão de psíldeos vetores de áreas externas para dentro dos pomares que realizam o controle do vetor, estão ocorrendo continuamente.

No presente estudo não foi realizado experimentos para demonstrar a dispersão de psíldeos de áreas externas para dentro das propriedades estudadas. Entretanto, os resultados obtidos demonstram ter ocorrido maior captura de psíldeos em armadilhas e maior detecção do inseto em inspeções de ramos em lotes de perímetro. Esses resultados sugerem que o controle químico do vetor realizado dentro das propriedades tem sido suficiente para reduzir as disseminações secundárias, porém foram insuficientes para reduzir as disseminações primárias, ocasionadas pela presença constante de fontes de inóculo externas aliada à presença do psíldeo nesses locais. Conforme Gottwald *et al.* (2007), o psíldeo *D. citri* apresenta voos de 25 a 50 m entre plantas de mesmos pomares, em voos de curtas distâncias. Ainda, estudos realizados por Boina *et al.* (2009) na Flórida, indicam a dispersão de *D. citri* de pomares de citros abandonados, sem qualquer tipo de manejo, para pomares de citros com o manejo do vetor, em um período de 3 dias e a uma distância de 100 metros. Este cenário constitui uma contínua fonte de inóculo externa para os pomares que realizam o manejo da doença e do vetor. Lewis-Rosenblum *et al.* (2015) ressaltam a importância do manejo regional da doença e do vetor após constatarem que o psíldeo vetor pode migrar a uma distância de no mínimo 2 km em um período de 12 dias de pomares sem o manejo para pomares com manejo do vetor/doença. Todos esses relatos comprovam a importância de se eliminar fontes de inóculo externas às propriedades citricultoras, mesmo que estas fontes estejam a uma distância superior a dois quilômetros.

O maior número de focos de plantas cítricas com HLB, nas inspeções externas, foi verificado do lado leste da propriedade A, com um total de 641 plantas cítricas com sintomas da doença e presença do vetor. Além disso, até 2013 havia um pomar comercial

de laranja abandonado próximo à propriedade A. Assim como discutido por Tiwari *et al.* (2010), locais abandonados com citros, sem controle químico do vetor e eliminação de plantas sintomáticas, tornam-se reservatórios de *D. citri*. Portanto, esse pomar mencionado, no qual não se realizava qualquer tipo de manejo da vetor/doença atuou como fonte de inóculo para os lotes de perímetro voltados para o lado leste da propriedade. A interface oeste da propriedade A foi menos afetada pelo HLB em função da menor presença de fontes de inóculo externas próximas à propriedade, já que a mesma faz divisa imediata com outras duas propriedades comerciais de citros, as quais realizam o controle do vetor. Apesar de outra propriedade comercial de citros ter existido a sudoeste da propriedade A até 2013, ano em que foi erradicada, há informações de que mesmo sem eliminar plantas sintomáticas, esta propriedade realizava algumas pulverizações anuais com inseticidas. Conforme Chinelato (2017), áreas mantidas sem a eliminação frequente de plantas sintomáticas, mas com controle regular do vetor, aparentemente são menos importantes como fontes de inóculo de HLB do que áreas não comerciais nas quais o controle químico do vetor não é efetuado. O lote 6A (Anexo 1), o qual apresentou elevada incidência de HLB pode ter sofrido a influência de fonte de inóculo externa detectada em área não comercial. Essa fonte de inoculo externa continha 37 plantas cítricas, sendo 27 delas plantas adultas de laranja com sintomas de HLB e presença do psíldeo vetor. Este foco estava localizado a uma distância de aproximadamente 0,65 km do lote 6A.

Ao verificar a influência de fontes de inóculo externas na propriedade B, percebe-se que, de modo geral, lotes de perímetro foram mais afetados pela doença em relação a lotes internos da propriedade. Os lotes de perímetro voltados para a interface norte e nordeste da propriedade e que apresentaram baixa incidência de HLB diferiram dos demais lotes na sua data de plantio, já que esses lotes foram replantados em 2012. Apesar das incidências mais elevadas de HLB terem sido observadas em lotes de perímetro, ainda assim foi possível verificar consideráveis perdas de plantas em lotes internos à propriedade, variando de 40 a 53% de plantas erradicadas. Isso pode ser atribuído ao fato da propriedade apresentar um formato que propicia a exposição às fontes de inóculo externas, pois a propriedade é basicamente formada por lotes de perímetro e lotes internos que também estão muito próximos ao perímetro da propriedade. Três dos lotes com maior incidência de HLB (53% a 65%) estavam localizados um a nordeste, e dois ao sul. A nordeste da propriedade foram encontrados focos de plantas cítricas em áreas não comerciais totalizando 1783 plantas,

algumas dessas com sintomas de HLB e presença de psílídeos, as quais foram erradicadas até 2016. Todas essas plantas encontradas próximas à propriedade estiveram atuando por anos como fontes de inóculo para os lotes localizados na interface norte da propriedade B, sendo necessário erradicar oito lotes inteiros em função da elevada incidência de HLB. Ao sul da propriedade foram detectadas 2427 plantas hospedeiras de HLB e *D. citri*, sendo que destas 2131 apresentavam sintomas da doença e presença do vetor. Essas plantas somente foram erradicadas entre 2015 e 2017 e, até então, atuaram como fonte de inóculo externa, promovendo o aumento da doença em lotes voltados para a face sul da propriedade, principalmente os lotes 41B e 47B (Anexo 2), os quais possuem incidência acumulada de 54% e 65%, respectivamente.

A propriedade B é cercada principalmente por dois grandes rios, portanto algumas fontes de inóculo externas à propriedade foram encontradas na margem oposta dos rios. Alguns lotes de perímetro do lado oeste da propriedade não fazem divisa imediata com fontes de inóculo externas já que estas foram detectadas apenas na margem oposta do rio, a uma distância de aproximadamente 2 km. Contudo, a perda de plantas por HLB nesses lotes, como por exemplo, os lotes 61B e 63B (Anexo 2), localizados na interface oeste, que tiveram uma perda de plantas acumulada de 51% e 47%, respectivamente, indicam que os mesmos sofreram a influência de áreas externas. Estudos indicam que o psílídeo vetor *D. citri* pode locomover-se de uma área a outra continuamente e sem o auxílio do vento, por distâncias superiores a 2 km, como verificado por Lewis-Rosenblum *et al.* (2015) e Martini *et al.* (2014). Cinco focos de plantas cítricas foram encontrados muito próximos às margens do rio, com um total de 238 plantas cítricas, sendo que 111 eram plantas adultas com sintomas de HLB e presença do psílídeo vetor. Isso explicaria a elevada incidência nos lotes 61B e 63B, que provavelmente ocorreu em função dessas fontes de inóculo identificadas a oeste da propriedade, onde o psílídeo vetor teria adquirido a bactéria e, posteriormente, infectado plantas presentes nos referidos lotes.

Na propriedade C, incidências mais elevadas foram verificadas principalmente em lotes de perímetro do lado leste da propriedade, com médias variando de 66% a 79%. Nas inspeções à procura de fontes de inóculo, foram encontradas internamente à propriedade, 18 plantas cítricas a oeste e 52 plantas cítricas ao leste, as quais podem ter atuado como fontes de inóculo. Estas plantas estavam muito próximas aos pomares comerciais, porém sem qualquer tipo de tratamento para o controle do vetor. Externamente a propriedade, do

lado oeste, foram encontradas ao todo 2994 plantas cítricas, as quais foram erradicadas em 2015. Entretanto, desse total de plantas, 2570 eram brotos de limão, que demonstravam ser uma fonte de inóculo recente, e por essa razão, é provável que não tenham exercido tamanha influência sobre a incidência dos lotes presentes do lado oeste da propriedade. Já do lado leste da propriedade C, foram encontradas 616 plantas cítricas, as quais possivelmente atuaram como fontes de inóculo para os lotes de perímetro do lado leste até serem erradicadas em 2015.

A propriedade D, como já mencionado, apesar de ter plantios mais novos em relação às demais propriedades, já apresenta incidências acumuladas bastante elevadas, de até 27% em alguns lotes. Os lotes mais próximos ao lado norte da propriedade apresentaram incidências menores em comparação aos demais, embora sejam lotes de perímetro. Estes lotes foram plantados somente a partir de outubro de 2012 a janeiro de 2013, apesar dos três lotes com incidências mais elevadas também terem sido plantados a partir de maio de 2012 a janeiro de 2013. Dois dos lotes com maiores perdas por HLB estavam localizados ao sul da propriedade, portanto, podem ter sofrido a influência de fontes de inóculos advindas de áreas externas também a sudoeste e a sudeste. Maior quantidade de fontes de inóculo foi detectada ao sul da propriedade D em relação ao norte. Ao sul foram verificados diversos focos de plantas cítricas atuando como fontes de inóculo, totalizando 5388 plantas dentro de um raio de 5 km a partir do perímetro da propriedade D. Dessas plantas, 2153 referem-se a brotos de limão, os quais foram erradicados em outubro de 2015 a fevereiro de 2016, e 2000 plantas de limão presentes em uma propriedade comercial de laranja vizinha. A maioria dos focos encontrados ao sul provavelmente estiveram presentes desde o plantio dos lotes, o que pode ter levado a um rápido aumento da doença nesta propriedade, mesmo com o controle químico do vetor. Já ao norte da propriedade D, foram encontradas 601 plantas de citros presentes em áreas residenciais ou em matas. Essas plantas foram eliminadas em 2015 e 2016. O maior foco detectado ao norte estava localizado a 4,9 km do perímetro da propriedade D, enquanto que o maior foco de plantas cítricas encontradas ao sul estava a cerca de 0,9 km do lote mais próximo da propriedade D. O lote 26D, que está localizado internamente à propriedade D, com a terceira maior incidência de HLB, era anteriormente considerado lote de perímetro, já que foi plantado antes do lote 27D o qual atualmente é o lote de perímetro imediatamente ao lado do lote 26D. Em função disso, o lote 26D ficou exposto as fontes de inóculo externas,

sendo que os dois focos mais próximos estavam a 0,6 km e 0,7 km, com 3 e 6 plantas cítricas, respectivamente.

Uma das abordagens empregada para explicar a influência das fontes de inóculo externas sobre os lotes das propriedades foi utilizar a menor distância entre cada lote da fonte de inóculo mais próxima e comparar, posteriormente, com a incidência observada de cada lote. Por meio dessa abordagem, verificou-se que quanto menor a distância, maior foi à incidência de HLB. Entretanto, nem sempre foram observados valores significativos ($p < 0,05$), como por exemplo, para as propriedades C e D. Isto pode ter ocorrido em função de não ter sido considerada a quantidade e/ou tipo de plantas presentes em cada fonte de inóculo, ou ainda se as plantas apresentavam sintomas e tinham a presença do psílídeo. Em alguns casos, o lote apresentou baixa incidência de HLB mesmo estando muito próximo a uma fonte de inóculo. Nesses casos, a fonte de inóculo era composta por poucas plantas cítricas sem a presença de sintomas e do vetor. Portanto, são necessárias análises que considerem todos os fatores, como por exemplo, quantidade e tipo de plantas, presença de sintomas e vetor, manejo da doença e do vetor, para poder explicar a magnitude de influência dessas áreas externas sobre as propriedades que exercem o manejo da doença e do vetor.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O adequado ajuste do modelo monomolecular aos dados de incidência de HLB indica a maior importância da disseminação primária em relação à disseminação secundária nesse patossistema e nas condições deste trabalho. Embora a doença seja classificada como policíclica, verificou-se que a disseminação primária ocorreu continuamente ao longo do tempo.

O inóculo inicial da doença, assim como a AUDPC*, explicam melhor a epidemia de HLB e a incidência final da doença do que as taxas de progresso da doença estimadas pelos modelos. As propriedades B e C apresentaram um elevado inóculo inicial, possivelmente em função do manejo por meio de pulverizações via *drench* não ter sido realizado adequadamente, o que pode ter contribuído com as maiores incidências de HLB encontradas nessas propriedades.

Plantas cítricas presentes em áreas residenciais, matas, canaviais, pastagens ou em áreas de preservação permanente, são mais importantes como fontes de inóculo de HLB do que pomares comerciais de laranja onde há controle químico do vetor.

Incidências maiores de HLB observadas em lotes de perímetro em todas as propriedades estudadas, aliado a distribuição espacial, com a maior captura de psílídeos vetores em armadilhas e em inspeções de ramos em lotes de perímetro, indicam que disseminações primárias governam a epidemia de HLB em pomares com manejo rigoroso da doença e do vetor.

REFERÊNCIAS

- Arakawa K, Mivamolo K, 2007. Flight ability of Asiatic citrus psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae), measured by a flight mill. *Research Bulletin of the Plant Protection Service of Japan* **43**, 23-26.
- Aubert B, 1990. Integrated activities for the control of huanglongbing-greening and its vector *Diaphorina citri* Kuwayama in Asia. In: Aubert B, Tontyaporn S, Buangsuwon D. eds. *Proceedings of Asia Pacific International Conference on Citriculture*, Chiang Mai, Thailand, 133-144.
- Bassanezi RB, Lopes AS, Belasque Jr J *et al.*, 2010. Epidemiologia do huanglongbing e suas implicações para o manejo da doença. *Citrus Research & Technology* **31**, 11-23.
- Bassanezi RB, Belasque Jr J, Montesino LH, 2013 a. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. *Crop Protection* **52**, 72-77.
- Bassanezi RB, Montesino LH, Gimenes-Fernandes N *et al.*, 2013 b. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet Orange plantings. *Plant Disease* **97**, 789-796.
- Belasque Jr J, Bergamin Filho A, Bassanezi RB *et al.*, 2009. Base científica para a erradicação de plantas sintomáticas e assintomáticas de huanglongbing (HLB, *Greening*) visando o controle efetivo da doença. *Tropical Plant Pathology* **34**, 137-145.
- Belasque Jr J, Bassanezi RB, Yamamoto PT *et al.*, 2010 a. Lessons from huanglongbing management in São Paulo State, Brazil. *Journal of Plant Pathology* **92**, 285-302.
- Belasque Jr J, Yamamoto PT, Miranda MP, Bassanezi RB, Ayres AJ, Bové JM, 2010 b. Controle do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus Research & Technology* **1**, 53-64.
- Belasque Jr J, Barbosa JC, Massari CA, Ayres AJ, 2010 c. Incidência e distribuição do huanglongbing no estado de São Paulo, Brasil. *Citrus Research & Technology* **31**, 1-9.
- Bergamin Filho A, Inoue-Nagata AK, Bassanezi RB *et al.*, 2016. The importance of primary inoculum and area-wide disease management to crop health and food security. *Food Security* **8**, 221-238.
- Bergamin Filho A, 1995. Curvas de progresso da doença. In: Kimati H, Amorim L. Manual de Fitopatologia: princípios e conceitos. São Paulo: Agronômica Ceres **30**, 902-626.

- Bergamin Filho A, 2011. Curvas de progresso da doença. In: Amorim L, Rezende JAM, Bergamin Filho A. *Manual de Fitopatologia - Princípios e Conceitos*. 4ªed. Piracicaba, SP. Agronômica Ceres, 647-666.
- Bergamin Filho A, Amorim L, 2002. Doenças Com Período De Incubação Variável Em Função Da Fenologia Do Hospedeiro. *Fitopatologia Brasileira* **27**, 561–565.
- Boina DR, Meyer WL, Onagbola EO, Alfred L, 2009. Quantifying Dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera : Psyllidae) by Immunomarking and Potential Impact of Unmanaged Groves on Commercial Citrus Management. **38** , 1250–1258.
- Bové JM, 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. *Journal of Plant Pathology*,. *Journal of Plant Pathology* **88**, 7–37.
- Canale MC, Tomaseto AF, Haddad M de L, Coletta-filho H Della, Lopes JRS, 2016. Latency and Persistence of “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” in Its Psyllid Vector, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Phytopathology* **1007**, 264–272.
- Campbell CL, Madden LV, 1990. Introduction to plant disease epidemiology. New York: Wiley, 532p.
- Chinelato G, 2017. Dinâmica temporal e distribuição espacial de Huanglongbing (HLB, *Greening*) e seu inseto vetor (*Diaphorina citri*) Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Piracicaba, São Paulo. Escola Superior “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo. Dissertação de Mestrado.
- Citrus BR, 2010. A indústria brasileira de suco de laranja. <http://www.citrusbr.com/imgs/biblioteca/CITRUS_APEX_PORTUGUES.pdf>. Acesso em Abril de 2017.
- Coletta-Filho HD, Targon MLPN, Takita MA *et al.*, 2004. First Report of the Causal Agent of Huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. *Plant Disease* **88**, 1382-1382.
- Da Graça JV, 1991. Citrus greening disease. *Annual Review of Phytopathology* **29**, 109-136.
- Diniz AJF, 2013. Otimização da criação de *Diaphorina citri* Kuawayama, 1908 (Hemiptera: Liviidae) e de *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922) (Hymenoptera: *Eulophidae*), visando a produção em larga escala do parasitoide e avaliação do seu estabelecimento em campo. Piracicaba, São Paulo. Escola Superior “Luiz de Queiroz”- Universidade de São Paulo. Tese de Doutorado.

- Flores D, Hall DG, Jenkins DA, Setamou M, 2009. Abundance of Asian Citrus Psyllid on Yellow Sticky Traps in Florida , Puerto Rico , and Texas Citrus Groves. *BioOne* **34**, 1–11.
- Fundecitrus. 2017 a. Sumário Executivo – Estimativa da safra de laranja 2017/18 do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/sudoeste mineiro. http://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2017_10_05_Sumario-Executivo-da-Estimativa-da-Safra-de-Laranja-2017-2018.pdf. Acesso em Agosto de 2017.
- Fundecitrus. 2017 b. Fundo de Defesa da Citricultura. <http://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/greening>. Acesso em Agosto de 2017.
- Gasparoto MCG, Coletta-Filho HD, Bassanezi RB, Lopes SA, Lourenço SA, Amorim L, 2012. Influence of temperature on infection and establishment of “*Candidatus Liberibacter americanus*” and “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” in citrus plants. *Plant Pathology* **61**, 658–664.
- Gasparoto MCG, Lourenço SA, Tanaka FAO *et al.*, 2017. Honeybees can spread *Colletotrichum acutatum* and *C. gloeosporioides* among citrus plants. *Plant Pathology* **66**, 777–782.
- Gottwald TR, 2010. Current Epidemiological Understanding of Citrus Huanglongbing. *Annual review of phytopathology* **48**, 119-139.
- Gottwald TR, Da Graça JV, Bassanazi RB, 2007. Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. *Plant Health Progress*. doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV.
- Gottwald T, Irey M, Gast T, Parnell S, 2010. Spatio-temporal analysis of an HLB epidemic in Florida and implications for spread. *Proceedings of the 17 th Conference of International Organization of Citrus Virologists, IOCV*, 84–97.
- Gottwald TR, Graham JH, 2014. Citrus diseases with global ramifications including citrus canker and huanglongbing . *CAB Reviews* **9**, 1-11.
- Grafton-Cardwell EE, Stelinski LL, Stansly PA, 2013. Biology and Management of Asian Citrus Psyllid , Vector of the Huanglongbing Pathogens. *Annual Review Entomology* **58**, 413-432. 2013.
- Hall DG, Hentz MG, 2011. Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **139**, 75-85.
- Hall DG, Richardson ML, Ammar E, Halbert SE, 2012. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing disease. *Entomologia Experimentalis et Applicata* **146**, 207-223.

- Jagoueix S, Bove J-M, Garnier M, 1994. The Phloem-Limited Bacterium of Greening Disease of Citrus Is a Member of the α Subdivision of the Proteobacteria. *International Journal of systematic bacteriology* **44**, 379–386.
- Killiny N, Nehela Y, 2017. One Target, Two Mechanisms: The Impact of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ and Its Vector, *Diaphorina citri*, on Citrus Leaf Pigments. *Molecular Plant-Microbe Interactions* **30**, 543-556.
- Kim JS, Sagaram U, Burns JK, Li JL, Wang N, 2009. Responses of sweet orange (*Citrus sinensis*) to ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ infection: microscopy and microarray analyses. *Phytopathology* **99**, 50-57.
- Kobori Y, Nakata T, Ohto Y, Takasu F, 2011. Dispersal of adult Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: *Psyllidae*), the vector of citrus greening disease, in artificial release experiments. *Applied Entomology and Zoology* **46**, 27-30.
- Leal RM, Barbosa JC, Costa MG, Belasque Jr J, Yamamoto PT, Dragone J, 2010. Distribuição espacial de huanglongbing (*greening*) em citros utilizando a geoestatística. *Revista Brasileira de Fruticultura* **32**, 808-818.
- Leal RM, 2009. Distribuição espacial de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: *psyllidae*) e sua relação com a expansão do greening em laranjeira valência, utilizando geoestatística. Jaboticabal, São Paulo. Universidade Estadual Paulista. Tese de Doutorado.
- Lewis-Rosenblum H, Martini X, Tiwari S, 2015. Seasonal Movement Patterns and Long-Range Dispersal of Asian Citrus Psyllid in Florida Citrus. *Journal Economic Entomology* **108**, 3-10.
- Lopes SA, Frare GF, Bertolini E *et al.*, 2009. Liberibacters Associated with Citrus Huanglongbing in Brazil: “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” Is Heat Tolerant, “*Ca. L. americanus*” Is Heat Sensitive. *Plant Disease* **93**, 257–262.
- Machado MA, Locali-Fabris EC, Coletta-Filho HD, 2010. *Candidatus Liberibacter* spp. agentes do huanglongbing dos citros. *Citrus Research & Technology* **31**, 25-35.
- Martini X, Hoyte A, Stelinski LL, 2014. Abdominal Color of the Asian Citrus Psyllid (Hemiptera: *Liviidae*) Is Associated With Flight Capabilities. *Annals of the Entomological Society of America* **107**, 842–847.
- Maschio F, 2011. Ações adotadas pelo citricultor para o manejo do *Huanglongbing* (HLB. *Greening*) no parque citrícola paulista. Araraquara, São Paulo. Fundecitrus. Dissertação de Mestrado.

- Monteiro AB, 2013. Efeito de um pomar sem manejo de Huanglongbing sobre a ocorrência de *Diaphorina citri* e incidência de plantas doentes em uma área vizinha com manejo da doença. Araraquara, São Paulo. Fundecitrus. Dissertação de Mestrado.
- Nava DE, Torres MLG, Rodrigues MDL, Bento JMS, Parra JRP, 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. *Journal of Applied Entomology* **9**, 709-715.
- Parra JRP, Lopes JRS, Torres MLG, Nava DE, Paiva PEB, 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao huanglongbing. *Citrus Research & Technology* **1**, 37-51.
- Rosales R, Burns JK, 2011. Phytohormone Changes and Carbohydrate Status in Sweet Orange Fruit from Huanglongbing-infected Trees. *Journal of Plant Growth Regulation* **30**, 312–321.
- Spósito MB, Bassanezi RB, Amorim L, 2004. Resistência à Mancha Preta dos Citros Avaliada por Curvas de Progresso da Doença. *Fitopatologia Brasileira* **29**, 532–537.
- Teixeira DC, Danet JL, Eveillard S *et al.*, 2005. Citrus huanglongbing in São Paulo State, Brazil: PCR detection of the “Candidatus” Liberibacter species associated with the disease. *Molecular and Cellular Probes* **19**, 173–179.
- Teixeira DC, Wulff NA, Lopes AS *et al.*, 2010. Caracterização e etiologia das bactérias associadas ao huanglongbing. *Citrus Research & Technology* **2**, 115-128.
- Tiwari S, Lewis-Rosenblum H, Pelz-Stelinski K, Stelinski LL, 2010. Incidence of Candidatus Liberibacter asiaticus infection in abandoned citrus occurring in proximity to commercially managed groves. *Journal of economic entomology* **103**, 1972–1978.
- Tomaseto AF, Krugner R, Lopes JRS, 2016. Effect of plant barriers and citrus leaf age on dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). *Journal of Applied Entomology* **140**, 91–102.
- Wu F, Cen Y, Deng X, Chen J, Xia Y, Liang G, 2015. Movement of *Diaphorina citri* (Hemiptera : Liviidae) adults between huanglongbing-infected and healthy citrus. *Florida Entomologist* **98**, 410–416.

ANEXOS

Anexo 1. Nomenclatura e delimitação dos lotes da propriedade A.

Anexo 2. Nomenclatura e delimitação dos lotes da propriedade B.

Anexo 3. Nomenclatura e delimitação dos lotes da propriedade C.

Anexo 4. Nomenclatura e delimitação dos lotes da propriedade D.