

**FUNDO DE DEFESA DA CITRICULTURA
MESTRADO PROFISSIONAL EM
CONTROLE DE DOENCAS E PRAGAS DOS CITRUS**

RODRIGO DO VALE FERREIRA

**Influência do tipo de controle de Huanglongbing em áreas
citrícolas na dispersão de *Diaphorina citri* e na disseminação da
doença para pomares próximos**

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

Orientador: Dr. José Belasque Junior

Coorientador: Dr. Pedro Takao Yamamoto

**Araraquara, SP
Fevereiro 2014**

RODRIGO DO VALE FERREIRA

**Influência do tipo de controle de Huanglongbing em áreas
citrícolas na dispersão de *Diaphorina citri* e na disseminação da
doença para pomares próximos**

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

Orientador: Dr. José Belasque Junior

Coorientador: Dr. Pedro Takao Yamamoto

**Araraquara, SP
Fevereiro 2014**

RODRIGO DO VALE FERREIRA

Influência do tipo de controle de Huanglongbing em áreas citrícolas na dispersão de *Diaphorina citri* e na disseminação da doença para pomares próximos

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

Araraquara, 24 de Fevereiro de 2014

BANCA EXAMINADORA

Dr. José Belasque Junior
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba

Dr. Armando Bergamin Filho
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba

Dr. José Roberto Postali Parra
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” – ESALQ/USP, Piracicaba

Dr. Marcelo Pedreira de Miranda
Fundo de Defesa da Citricultura – FUNDECITRUS, Araraquara

*Aos meus estimados pais **Oswaldo José Ferreira e Maria Amélia do Vale Ferreira**, todo agradecimento a vocês jamais poderá ser traduzido em palavras, pois, me deram a vida e ensinaram a vivê-la com dignidade, sempre me apoiaram e incentivaram a por em prática o dom da Agronomia.*

Dedico

*A minha amada esposa **Mara Filomena de Melo Ferreira** e a minha querida filha **Luiza do Vale Ferreira**, que souberam compreender a renúncia de noites, dias e finais de semana no arrebatamento desse trabalho e pelo apoio, amor e carinho.*

Ofereço

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela vida, por seu amor incondicional, pelas oportunidades e por sempre me carregar nos momentos mais difíceis.

Ao Fundecitrus pela oportunidade de crescimento profissional através do mestrado e do trabalho.

A Citrosuco pelo apoio irrestrito na execução deste estudo, cooperação e apoio de seus funcionários.

Ao Gerente do Departamento de Pesquisa & Desenvolvimento do Fundecitrus Antônio Juliano Ayres pelo apoio absoluto.

Ao Prof. Dr. José Belasque Junior pela amizade e orientação que tanto enriqueceu este trabalho e que me fez entusiasmar pelo estudo da Fitossanidade.

Aos Professores Dr. Armando Bergamin Filho, Dr. José Roberto Postali Parra e Dr. Marcelo Pedreira de Miranda pela disponibilidade de fazerem parte da banca examinadora.

Ao Prof. Dr. Pedro T. Yamamoto pela amizade, pelo incentivo constante de que eu fizesse o mestrado e pelo auxílio na condução deste trabalho.

Ao amigo Dr. Paulo E. B. Paiva pela amizade, apoio constate nas avaliações de campo, conselhos e sugestões. Sem essa contribuição este trabalho estaria incompleto.

Ao amigo Mestre Eng^o Agr^o Ivaldo Sala pelo companheirismo, conselhos e apoio.

Aos Professores do mestrado Dr. Renato, Dr. Marcelo, Dr. Newton, Dr. Franklin, Dr. Geraldo, Dr. Nelson e Dr. Silvio pela transferência de conhecimento, troca de experiências e companheirismo.

Aos colegas da 3^o turma do mestrado pelas amizades construídas, troca de experiências e convivência harmoniosa.

Ao amigo Julio Cesar Rodrigues, que com tanta boa vontade, ajudou no georreferenciamento e elaboração de gráficos e figuras.

A Elaine Cristina Martins técnica responsável pelo laboratório do Fundecitrus pelas análises de PCR.

A minha Tia Dra. Ana Rute do Vale pelo exemplo que sempre foi em nossa família, mostrando que a busca de conhecimento e os estudos são as melhores armas que uma pessoa pode usar para luta da vida.

A todos o meu muito obrigado.

“Sempre parece impossível até que seja feito”.

Nelson Mandela

“Unir-se é um bom começo, manter a união é um progresso e trabalhar em conjunto é a vitória”.

Henry Ford

“Apenas os que dialogam podem construir pontes e vínculos”.

Papa Francisco

Influência do tipo de controle de Huanglongbing em áreas citrícolas na dispersão de *Diaphorina citri* e na disseminação da doença para pomares próximos

Autor: Rodrigo do Vale Ferreira

Orientador: Dr. José Belasque Junior

Coorientador: Dr. Pedro Takao Yamamoto

RESUMO

O Huanglongbing (HLB, Greening) já atingiu mais de 60% dos pomares do parque citrícola paulista. O manejo do HLB consiste no uso de mudas livres do patógeno, inspeções frequentes para detecção e erradicação de plantas doentes e o controle intensivo do vetor *D. citri*. O objetivo desse trabalho foi determinar a magnitude de influência de áreas com controle parcial, ou sem controle da doença, sobre uma propriedade com controle rigoroso. Dados de seis propriedades rurais foram coletados no período de 2007 a janeiro de 2014. Para o monitoramento de *D. citri* foram utilizados 120 pontos com armadilhas adesivas amarelas, 84 deles localizados em nove talhões de uma propriedade com manejo rigoroso do HLB [Propriedade Referência (PR)], trinta pontos com armadilhas nas propriedades P1 com manejo parcial de HLB, P2 sem manejo do HLB e P3 com manejo rigoroso o HLB, sendo dez pontos em cada, e outros seis pontos numa área não comercial de citros (Quintal). Foram avaliadas brotações quanto à presença de ovos, ninfas e adultos de *D. citri* em dez plantas de cada uma dessas propriedades. Os adultos e ninfas foram enviados para laboratório para a extração de DNA e análise por qPCR para detecção de *Ca. Liberibacter* spp. A captura de adultos de *D. citri* variou de 0,02 a 0,21 adultos/armadilha e as maiores médias foram observadas nas áreas sem manejo do HLB. Do total de adultos capturados em armadilhas, mais indivíduos foram encontrados nas plantas presentes no Quintal do que na P2 (71,1% e 28,9%, respectivamente) e também mais indivíduos PCR+ foram detectados no Quintal (71,4%). As médias de adultos por armadilha foram de 0,013; 0,077; 0,203; 0,007 e 0,242 para PR, P1, P2, P3 e Quintal, respectivamente. Não foram detectados adultos PCR+ na P3, e as proporções de adultos PCR+ foram de 25%, 23%, 21% e 29% nas PR, P1, P2 e Quintal, respectivamente. A captura de adultos foi verificada no máximo a 414 metros da divisa da PR e capturas mais frequentes nos primeiros 300 metros da divisa da PR. As taxas médias de progresso de plantas com HLB (Gompertz) variou de 0,15 (talhão 1) a 0,28 (talhão 32). Os valores para a AUDPC* variaram de 1,12 (talhão 8) a 6,51 (talhão 32) e as perdas máximas de plantas com HLB ocorridas em apenas um ano variaram de 1,52% (talhão 12) a 7,86% (talhão 30). Dentre os 32 talhões avaliados, 21 deles apresentaram as maiores perdas de plantas em 2013, demonstrando que apesar dos esforços adotados no manejo do HLB, na maior parte dos talhões a perda de plantas foi maior em 2013. Grande parte das capturas de *D. citri* e as maiores valores de r_G e AUDPC*, ocorrem em talhões de borda da PR sob influência de propriedades não comerciais sem controle da doença. Conclui-se que áreas não comerciais são importantes fontes de inóculo e a incidência de HLB e *D. citri* são heterogêneos na fazenda. Sendo assim os recursos para manejo do HLB podem ser otimizados considerando a existência de fontes de inóculo internas e externas à propriedade.

Palavras-chave: Citricultura, progresso temporal de doenças, dispersão de insetos, praga quarentenária, manejo regional.

Influence of control Huanglongbing in citrus producing area in dispersing *Diaphorina citri* and the disease spread to nearby orchards

Author: Rodrigo do Vale Ferreira

Advisor: Dr. José Belasque Junior

Co-advisor: Dr. Pedro Takao Yamamoto

ABSTRACT

The Huanglongbing (HLB, Greening) has reached more than 60% of the citrus orchards in the São Paulo state. The management of HLB consists of pathogen-free nursery plants, frequent inspections for eradication of symptomatic plants, and intensive vector control. The aim of this study was to determine the magnitude of influence of areas with partial control, or no HLB management on areas with rigorous HLB management in a micro-regional scale. Data from six farms were collected from 2007 to January 2014. For monitoring *D. citri* 120 points with sticky yellow traps were used. Eighty four of which were located in nine plots of Property PR, with rigorous HLB management, other thirty points in Area P1 with partial HLB management, P2 with no HLB management, and P3 also with rigorous HLB management (P1, P2, and P3, respectively), ten traps in each, and six points in one Backyard. Shoots were evaluated for the presence of eggs, nymphs and adults of *D. citri* in ten plants of each of these properties. Adults and nymphs were evaluated to detect *Ca. Liberibacter* spp. by qPCR. The capture of adult *D. citri* ranged from 0.02 to 0.21 adults/trap. Most individuals were found in plants present in the Backyard and in P2 (71.1% and 28.9%, respectively), also more individuals were PCR+ on there. The average number of adults/trap were 0.013, 0.077, 0.203, 0.007, and 0.242 for PR, P1, P2, P3, Backyard, respectively. Adults were not detected as PCR+ in P3, and the proportion of PCR+ adults were 25%, 23%, 21%, and 29% in PR, P1, P2, and Backyard, respectively. The capture of adults occurred at maximum 414 meters from the boundary of PR, and more frequent catches in the first 300 meters from the boundary. The average Gompertz's rates of progress of plants with HLB ranged from 0.15 (plot 1) to 0.28 (plot 32) from PR. The values for AUDPC* ranged from 1.12 (plot 8) to 6.51 (plot 32), and the maximum losses of plants with HLB occurred in just one year ranged from 1.52 % (plot 12) to 7.86 % (plot 30). Among the 32 plots from PR, 21 of them showed the greatest loss of plants in 2013. Despite the efforts adopted in the management of HLB, in most plots the highest losses occurred in 2013 than in the previous years. The highest capture of *D. citri*, Gompertz's rates, and AUDPC* occurred in plots located in one boundary of PR, near of non-commercial areas without HLB control. In the present study, we concluded that non-commercial areas can be important sources of inoculum of HLB, and the occurrence of HLB's symptomatic plants and *D. citri* are heterogeneous in the farm. Therefore, financial and human resources to HLB management could be optimized considering the existence of internal and external sources of inoculum.

Keywords: Citriculture, disease's temporal progress, insect's dispersal, quarantine pest, regional management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.	Incidência de talhões com HLB (%) em todo Estado de São Paulo, e por regiões citrícolas, segundo levantamento amostral realizado pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) em 2012.	2
Figura 2.	Incidência de plantas com HLB (%) em todo Estado de São Paulo, e por regiões citrícolas, segundo levantamento amostral realizado pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) em 2012.	3
Figura 3.	Série histórica com a incidência de talhões com HLB (%) em todo Estado de São Paulo segundo levantamentos amostrais realizados pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) de 2004 a 2012.	3
Figura 4.	Série histórica com a incidência de plantas com HLB (%) em todo Estado de São Paulo segundo levantamentos amostrais realizados pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) de 2008 a 2012.	4
Figura 5.	Ciclo de vida do psilídeo <i>Diaphorina citri</i> (adaptado de Nava et al., 2007).	9
Figura 6.	Área experimental com a localização das propriedades que compõem o presente estudo. Os pontos negros apresentados nos talhões 04, 05, 23, 24, 25, 31, 32, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e também nas Propriedades 1 (P1), 2 (P2), 3 (P3) e Quintal referem-se aos pontos nos quais foram colocadas armadilhas adesivas amarelas para captura de adultos de <i>Diaphorina citri</i> .	17
Figura 7.	Plantas com HLB (%) eliminadas na Propriedade Referência de 2007 a outubro de 2013.	23
Figura 8.	Flutuação populacional de <i>Diaphorina citri</i> na região. Os adultos foram capturados em 120 pontos com armadilhas adesivas amarelas instaladas nas cinco propriedades em estudo. As armadilhas foram trocadas quinzenalmente e todos adultos capturados foram processados individualmente por qPCR para detecção de <i>Ca. Liberibacter</i> spp.	25
Figura 9.	Flutuação populacional de ovos, ninfas, adultos e indivíduos PCR+ de <i>Diaphorina citri</i> em brotações avaliadas em plantas cítricas nas Propriedades Referência, P1, P2, P3 e Quintal.	26
Figura 10.	Número médio de adultos de <i>Diaphorina citri</i> capturados em armadilhas adesivas amarelas nas propriedades avaliadas na região.	27
Figura 11.	Porcentagem de adultos de <i>D. citri</i> capturados em armadilhas adesivas amarelas dispostas na região em estudo. As áreas em verde ou vermelho indicam pontos com armadilhas amarelas e as áreas em vermelho indicam pontos com armadilhas nas quais foram capturados adultos entre outubro de 2012 e janeiro de 2014.	28
Figura 12.	Totais de adultos de <i>Diaphorina citri</i> capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 25, 31 e 32 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P2 e Quintal.	29
Figura 13.	Totais de adultos de <i>Diaphorina citri</i> capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 4, 5, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P3.	30

- Figura 14.** Totais de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 25, 31 e 32 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P2 e Quintal e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp. 32
- Figura 15.** Totais de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 4, 5, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P3 e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp. 33
- Figura 16.** Número médio de adultos de *Diaphorina citri* PCR+ capturados em armadilhas adesivas amarelas nas propriedades avaliadas na região. 34
- Figura 17.** Porcentagem de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp. na região em estudo. As áreas em verde ou vermelho indicam pontos com armadilhas amarelas e as áreas em vermelho indicam pontos com armadilhas nas quais foram capturados adultos PCR+ entre outubro de 2012 e novembro de 2013. 35
- Figura 18.** Número médio de adultos de *Diaphorina citri* (total e PCR+) capturados em armadilhas adesivas amarelas nos talhões 5, 25, 31, 32, 33 e 34 na Propriedade Referência (PR). 36
- Figura 19.** Captura de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas amarelas adesivas distribuídas em talhões 31, 32, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P2. O eixo x representa as distâncias (metros) da divisa entre as propriedades ($x=0$) para dentro da Propriedade Referência (valor positivos) e para dentro da propriedade vizinha (valores negativos). O eixo y representa a média de adultos/armadilha. Também são indicadas as médias, considerando todas as armadilhas, de insetos capturados em cada propriedade e, para a Propriedade Referência, a distância máxima a partir da divisa na qual foram capturados insetos. 37
- Figura 20.** Captura de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas amarelas adesivas distribuídas em talhões 4, 5 e 25 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P3 e Quintal. O eixo x representa as distâncias (metros) da divisa entre as propriedades ($x=0$) para dentro da Propriedade Referência (valor positivos) e para dentro da propriedade vizinha (valores negativos). O eixo y representa a média de adultos/armadilha. Também são indicadas as médias, considerando todas as armadilhas, de insetos capturados em cada propriedade e, para a Propriedade Referência, a distância máxima a partir da divisa na qual foram capturados insetos. 38

- Figura 21.** Captura de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas amarelas adesivas distribuídas nos talhões 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P3 (A) e considerando todas áreas vizinhas (propriedades P1, P2, P3 e Quintal) (B). O eixo x representa as distâncias (metros) da divisa entre as propriedades ($x=0$) para dentro da Propriedade Referência (valor positivos) e para dentro da propriedade vizinha (valores negativos). O eixo y representa a média de adultos/armadilha. Também são indicadas as médias, considerando todas as armadilhas, de insetos capturados nas propriedades vizinhas. A média de adultos capturados na Propriedade Referência foi 0,013, considerando os talhões 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34, e a distância máxima foi de 414 m. 39
- Figura 22.** Progresso temporal de plantas com HLB detectadas na Propriedade Referência (PR) e nos talhões 4, 5 e 23. Os pontos indicam os dados reais e as linhas pontilhadas os dados estimados pelo modelo de Gompertz (r_G indica a taxa de progresso). 43
- Figura 23.** Progresso temporal de plantas com HLB detectadas nos talhões 24, 25, 31 e 32. Os pontos indicam os dados reais e as linhas pontilhadas os dados estimados pelo modelo de Gompertz (r_G indica a taxa de progresso). 44
- Figura 24.** Porcentagem acumulada de plantas com HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34). 45
- Figura 25.** Incidência máxima anual de HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34). 46
- Figura 26.** Taxa de progresso (r_G , Gompertz) da proporção de plantas com HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34). 46
- Figura 27.** Área abaixo da curva de progresso do HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34). 47
- Figura 28.** Grupos de talhões comparados por ANOVA considerando a posição geográfica dos mesmos dentro da PR e a influência de fontes de inóculo externas à fazenda. 48

LISTA DE TABELA

Tabela 1.	Grupos de genótipos de citros formados com base nas concentrações de <i>Ca. Liberibacter asiaticus</i> e desenvolvimento de sintomas avaliados após doze meses da enxertia com borbulhas infectadas. Adaptado de Boscardiol-Camargo et al. (2010).	7
Tabela 2.	Características gerais das propriedades que compõem o presente estudo.	18
Tabela 3.	Proporção (%) de plantas cítricas considerando as variedades de copa e porta-enxerto em cada propriedade avaliada no presente estudo.	18
Tabela 4.	Número, distâncias médias, mínimas, máxima (metros) e densidade de armadilhas nos talhões da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas.	20
Tabela 5.	Número (média) de inspeções para detecção de plantas e de pulverizações com inseticidas para o manejo do HLB nos talhões da Propriedade Referência (PR) e % de plantas eliminadas com HLB em toda propriedade.	22
Tabela 6.	Porcentagem de ovos, ninfas, adultos e indivíduos PCR+ de <i>Diaphorina citri</i> , por propriedade, detectados em brotações avaliadas em plantas cítricas nas Propriedades Referência, P1, P2, P3 e Quintal.	26
Tabela 7.	Parâmetros utilizados na escolha dos modelos logístico, monomolecular e de Gompertz como o mais adequado quanto ao ajuste à proporção de plantas com HLB nos talhões 1 a 32 e de toda a Propriedade Referência (PR).	41
Tabela 8.	Ano da primeira detecção de plantas com HLB, incidência acumulada de plantas, taxa média de progresso (modelo de Gompertz, r_G), área abaixo da curva da incidência acumulada de plantas com HLB padronizada pelo tempo (AUDPC*) e incidência máxima anual (e ano de ocorrência) referentes aos talhões e toda a Propriedade Referência (PR).	42
Tabela 9.	Correlação (valores r de Spearman) entre incidência acumulada de plantas com HLB, taxa de progresso (r_G), área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC*) e perda anual máxima de plantas (y_{max}).	48
Tabela 10.	Comparação (ANOVA) de grupos de talhões da propriedade referência formados com base na distribuição dos talhões em relação às bordas da propriedade, fontes de inóculo externas e áreas de citros vizinhas com manejo de HLB.	50

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	06
2.1. A doença Huanglongbing (HLB, Greening).....	06
2.2. O vetor <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama (Hemiptera: Liviidae).....	08
2.3. O manejo do HLB.....	11
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
3.1. Área experimental.....	16
3.2. Monitoramento de <i>Diaphorina citri</i>	19
3.3. Manejo do HLB e seu progresso na Propriedade Referência.....	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
4.1. Ações de manejo do HLB e o progresso da doença na Propriedade Referência.....	22
4.2. População de <i>Diaphorina citri</i> em armadilha adesiva amarela e em plantas.....	24
4.3. Dinâmica temporal e espacial do HLB na Propriedade Referência.....	40
5. CONCLUSÕES.....	51
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	52

1. INTRODUÇÃO

Na década de 1980 o Brasil, e principalmente o Estado de São Paulo, tornou-se o maior produtor mundial de laranja, superando os EUA. Neste período o ritmo no setor era acelerado, muitos produtores começaram a plantar citros e a área cultivada teve taxa de expansão até 18% ao ano. Atualmente, o Brasil mantém a liderança com 56% da produção e 85% das exportações mundiais de suco de laranja (Neves et al., 2010). O Estado de São Paulo, maior produtor do País, conta com aproximadamente 209 milhões de plantas cítricas segundo dados da Coordenadoria de Defesa Agropecuária (CDA) órgão da Secretaria de Agricultura e Abastecimento de São Paulo, referente ao primeiro semestre de 2013, e produziu 385 milhões de caixas de 40,8 kg na safra 2012/13 segundo estimativa da Associação Nacional dos Exportadores de Suco Cítrico (Citrus BR). De todo suco de laranja exportado na década de 2000, 74% teve como destino o mercado Europeu e 26% a América do Norte. Vale destacar que nas últimas quatro décadas as exportações de suco concentrado para a China cresceram 23,4%, e esteve em 2009 nos mesmos patamares das exportações efetuadas para o mercado Norte Americano (Neves et al., 2010).

Toda trajetória da citricultura paulista ocorreu com doenças e pragas tornando-se importantes por limitar ou onerar a produção. Esse fato foi agravado em 2004 com a detecção da bactéria “*Candidatus Liberibacter asiaticus*”, associada ao Huanglongbing (HLB) ou Greening em nosso País. Essa doença é altamente destrutiva, de rápida disseminação e exige ações efetivas de controle para que se tenham produções sustentáveis de citros (Belasque Jr. et al., 2010a). O HLB é considerado a pior doença da citricultura mundial. As perdas em razão dessa doença ocorrem como queda de frutos e pela diminuição da longevidade dos pomares. No Brasil a doença está associada às bactérias conhecidas como “*Candidatus Liberibacter asiaticus*” e “*Ca. L. americanus*” (Bové et al., 2008) e ambas são transmitidas de planta a planta através de enxertia ou pelo inseto *Diaphoriana citri*. Há relatos de perdas devastadoras de plantas em países asiáticos onde a doença é endêmica (Da Graça, 1991).

O HLB está presente em vários países da Ásia e África há várias décadas. Um dos primeiros trabalhos sobre a doença foi realizado no Sul da China pelo Dr. Lin Kung Hsiang entre 1941 e 1955. No entanto, com base em relatos de agricultores de Chaozhou, província de Guangdong, e observações do Dr. Lin, estima-se que a doença está presente na China desde aproximadamente 1870 (Bové, 2006). Na África do Sul, relatos de sintomas parecidos com os induzidos por HLB foram descritos em 1928. Na época a doença foi associada a

problemas nutricionais, e somente em 1965 comprovou-se sua transmissão por enxertia (Bové, 2006).

No Brasil, o HLB foi identificado primeiramente na região de Araraquara, localizada no centro do Estado de São Paulo (Colleta-Filho et al., 2004; Halbert, 2005; Teixeira et al., 2005). Atualmente, o HLB no Brasil apresenta-se em crescimento epidêmico. Segundo a CDA, foram erradicadas 7,2 milhões de plantas cítricas em 2013 em São Paulo, decorrentes da incidência do HLB. Esse número é baseado nos relatórios entregues pelos citricultores semestralmente à CDA. No mesmo período foram inspecionadas cerca de 231 milhões de plantas pelos produtores. De 2004 a 2012 o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) realizou levantamentos amostrais para detectar as incidências de plantas e talhões com HLB em São Paulo. Em 2012 estimou-se que 64,1% dos talhões do Estado tinham a presença da doença (Figura 1) e a média de plantas sintomáticas era 6,91% em todo o Estado (Figura 2). Considerando os levantamentos anteriores, foram observados rápidos crescimentos da doença tanto em proporção de talhões quanto de plantas (Figuras 3 e 4).

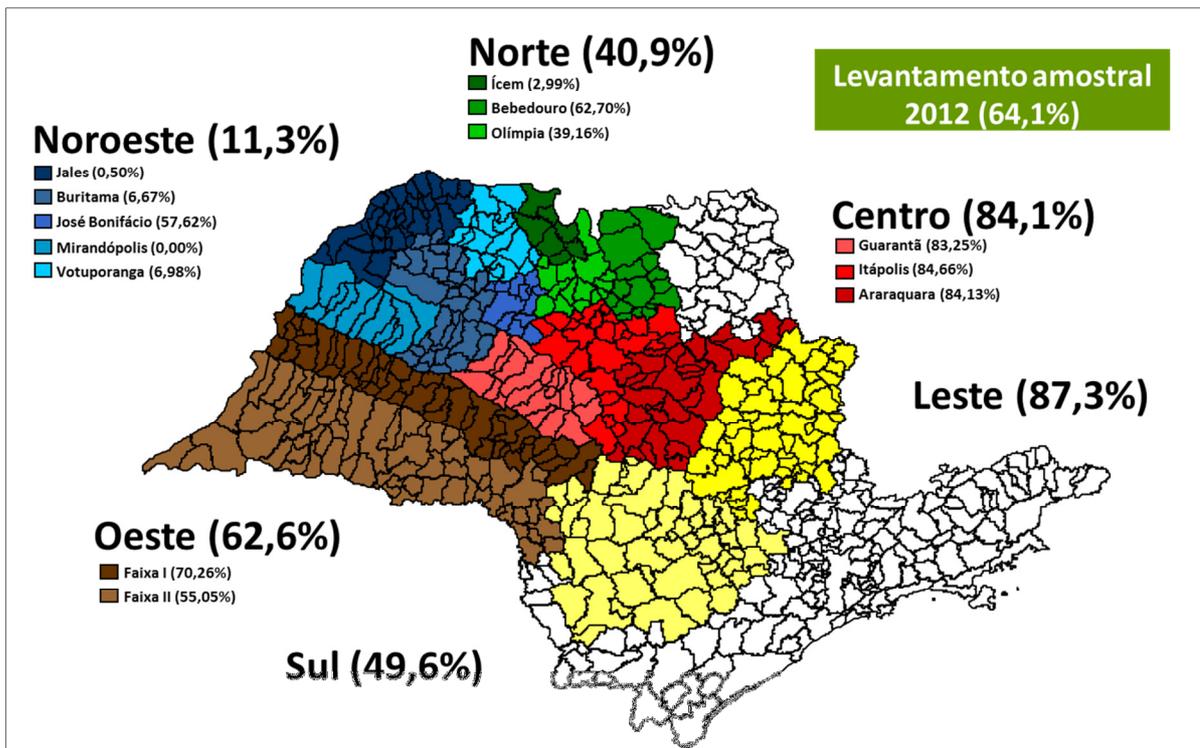


Figura 1. Incidência de talhões com HLB (%) em todo Estado de São Paulo, e por regiões citrícolas, segundo levantamento amostral realizado pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) em 2012.

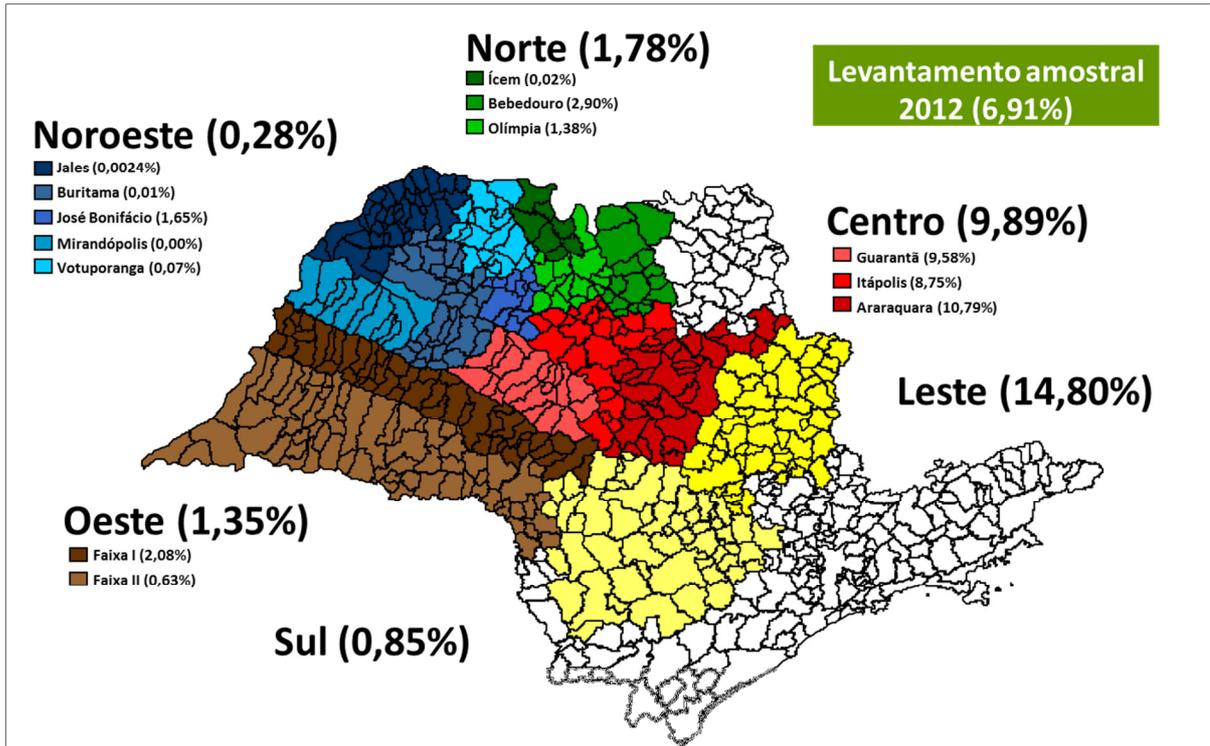


Figura 2. Incidência de plantas com HLB (%) em todo Estado de São Paulo, e por regiões cítricas, segundo levantamento amostral realizado pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) em 2012.

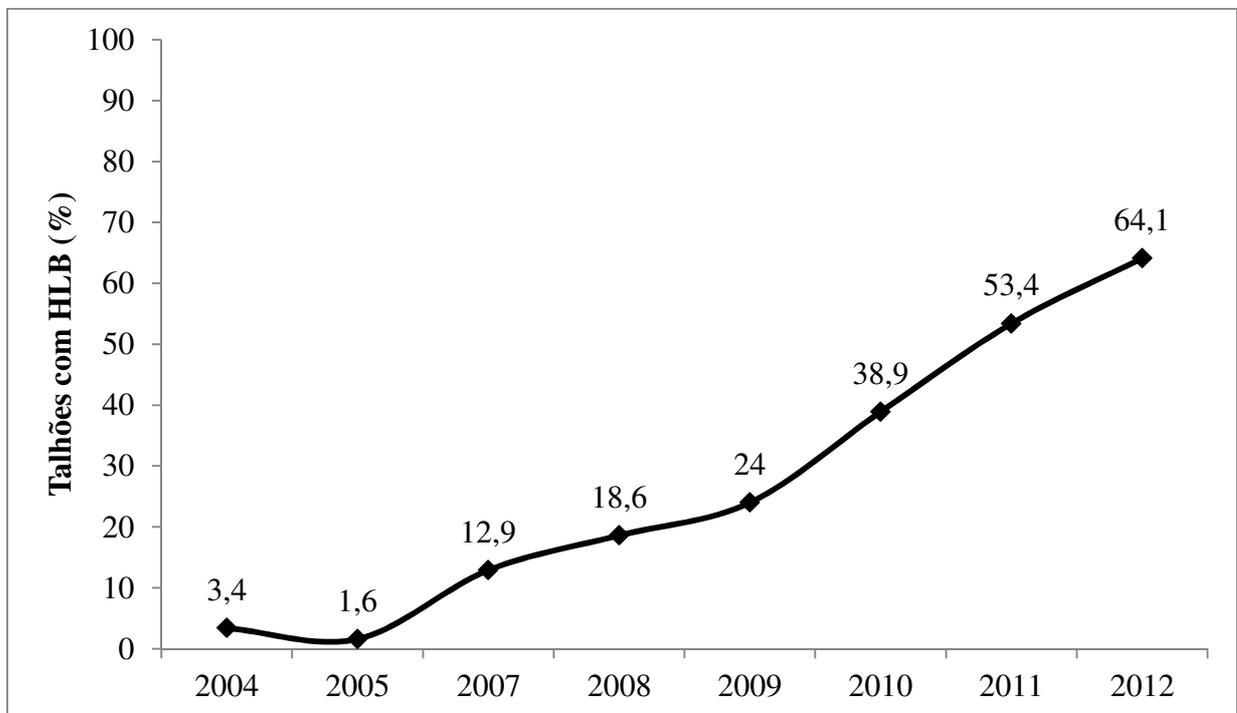


Figura 3. Série histórica com a incidência de talhões com HLB (%) em todo Estado de São Paulo segundo levantamentos amostrais realizados pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) de 2004 a 2012.

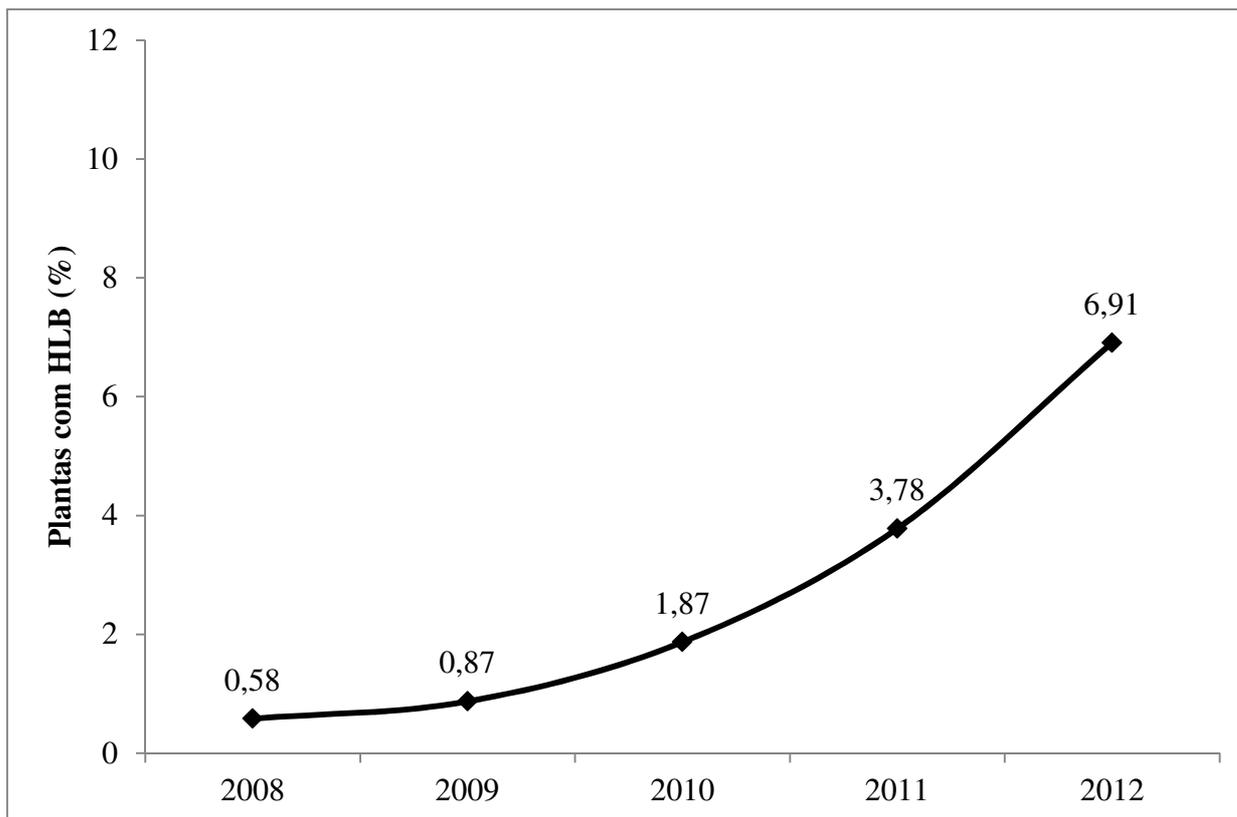


Figura 4. Série histórica com a incidência de plantas com HLB (%) em todo Estado de São Paulo segundo levantamentos amostrais realizados pelo Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) de 2008 a 2012.

Apesar do crescimento da doença em São Paulo no citado período, pode-se considerar ainda baixo o número de plantas sintomáticas com HLB. Embora o número de plantas doentes (com e sem sintomas) no Estado deva ser pelo menos duas vezes maior que o estimado em cada levantamento, medidas de controle ainda podem, e devem ser adotadas para o manejo do HLB e para a mitigação dos danos e perdas resultantes. Preferencialmente, essas ações devem ser adotadas regionalmente, objetivando maior efetividade das ações de controle na manutenção de baixas incidências de HLB a cada ano (Bassanezi et al. 2013a).

O controle efetivo do HLB exige que as fontes de inóculo como adultos ou ninfas de *D. citri* portadoras de *Ca. Liberibacter* spp e plantas infectadas com HLB sejam regularmente eliminadas (Bassanezi et al., 2013a; 2013b; Bové, 2006). Para esse controle faz-se inspeções para detectar plantas sintomáticas e empregam-se inseticidas para o controle do vetor. No entanto, pomares de plantas hospedeiras ou mesmo árvores isoladas, podem ser fontes de inóculo importantes quando próximos de áreas de produção comercial (Boina et al., 2009; Tiwari et al., 2010). Assim, as ações de controle da doença tem maior eficácia quando adotadas em escala regional ou microrregional (Bassanezi et al., 2013a; 2013b; Gottwald et al., 2010). Dessa forma este trabalho teve como objetivo determinar a influência do tipo de

controle de HLB em áreas citrícolas sobre a dispersão de *D. citri* e a disseminação da doença para pomares próximos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1 A doença Huanglongbing (HLB, Greening)

As bactérias associadas ao HLB "*Candidatus liberibacter spp.*" são procariotos Gram-negativos pertencente à classe α -Proteobacteria, ordem Rhizobiales e família Rhizobiaceae. São microrganismos restritos aos vasos do floema de plantas hospedeiras (Teixeira et al., 2010). Os poros das placas crivadas dos vasos do floema medem em média 14 μm de diâmetro, enquanto o tamanho médio dessas bactérias é de aproximadamente 0,1 a 2,0 μm . Observações em microscópio permitiram a detecção de modificações anatômicas e bioquímicas como acúmulo de calose, sacarose e o distúrbio no transporte de fotoassimilados. Portanto, segundo Machado et al. (2010) o mecanismo de patogenicidade dessas bactérias está ligado à indução de distúrbios metabólicos no hospedeiro. Essas alterações anatômicas e bioquímicas resultam em sintomas observados em folhas e frutos, os quais podem estar em apenas um ou poucos ramos ou até mesmo em toda copa das plantas infectadas. As folhas com sintomas apresentam manchas irregulares, verde claras ou amareladas em contraste com o verde normal de folhas saudáveis. Além disso, nas folhas podem ocorrer também o espessamento e clareamento das nervuras ou a redução do tamanho das folhas. Frutos presentes em ramos sintomáticos podem apresentar-se irregulares (tortos), de menor tamanho, com sementes mal formadas, não atingindo a maturação plena e coloração laranja da casca, e ainda albedo espesso. A qualidade de frutos formados em plantas doentes também é prejudicada em razão do aumento na acidez e redução no teor de sólidos solúveis (Laranjeira et al., 2005). A queda de folhas e frutos é comum em plantas doentes e, em maiores severidades, pode ocorrer a morte de ponteiros de ramos.

A distribuição da bactéria por partes e órgãos das plantas doentes é bastante irregular, mas *Ca. liberibacter asiaticus* (Las) e *C. liberibacter americanus* (Lam) concentram-se em maiores proporções em tecidos sintomáticos (Sousa, 2009). No entanto, a detecção da bactéria em partes assintomáticas dessas plantas é possível demonstrando o caráter sistêmico da infecção (Li et al., 2009; Sousa, 2009). A natureza sistêmica das bactérias associadas ao HLB nas plantas, e suas rápidas distribuições nos tecidos, impedem que podas de ramos possam ser utilizadas para o manejo dessa doença (Lopes & Frare, 2008).

As populações das bactérias associadas ao HLB sofrem a influência da temperatura para seu crescimento nas plantas. Enquanto Lam tem seu crescimento severamente afetado a

mais de 32° C, Las apresenta menores populações somente quando as plantas são mantidas a mais de 38° C (Lopes et al., 2009). Boscariol-Camargo et al. (2010) analisaram diversos genótipos de citros com a técnica de PCR quantitativo em tempo real (RT-qPCR) e sugeriu dividi-los em três grupos: “+++” com as maiores concentrações bacterianas, “++” com concentrações intermediárias e “+” com as menores concentrações (Tabela 1).

Tabela 1. Grupos de genótipos de citros formados com base nas concentrações de *Ca. Liberibacter asiaticus* e desenvolvimento de sintomas avaliados após doze meses da enxertia com borbulhas infectadas. Adaptado de Boscariol-Camargo et al. (2010).

Concentração relativa de <i>Ca. L. asiaticus</i> por RT-qPCR	Genótipos
+++ (> concentração)	Tangerina Ponkan, Tangerina Cravo, Mexerica do Rio, <i>Severinia buxifolia</i>
++	Laranja Pêra IAC2, Lima ácida Galego, Pomelo Marsh Seedless, <i>Micromellum tephrocarpa</i> , <i>Merope</i> spp., Eremolemon coachella, <i>Microcitrus</i> spp., <i>Fortunella margarita</i>
+ (< concentração)	Lima da Pérsia, <i>Atalantia</i> spp., <i>Poncirus trifoliata</i>

Recentemente, a presença de Las em alta concentração, e relativamente bem distribuída, foi verificada no sistema radicular de plantas inoculadas por *D. citri*, antes mesmo do aparecimento dos sintomas (Graham et al., 2013; Johnson et al., 2013). Plantas infectadas por HLB podem apresentar danos severos nas raízes, como reduções do sistema radicular de até 49% (Graham et al., 2012). Graham et al. (2013) observaram danos mais severos às raízes para planta positivas para HLB, e também infectadas com *Phytophthora* spp., do que os causados isoladamente por cada um desses fatores. No da Flórida, optou-se, já há alguns anos por programas nutricionais objetivando-se reduzir os danos da doença. No entanto, esses tratamentos minimizam os sintomas na parte aérea, mas não as reduções no sistema radicular (Graham et al., 2012). Além disso, a fertilização de plantas doentes não reduz a concentração bacteriana nas plantas, as quais continuam a atuar como fontes de inóculo. A alta proporção de citricultores que adotam programas nutricionais na Flórida é a principal razão do HLB encontrar-se mais distribuído e em maiores incidências e severidades naquele Estado do que em São Paulo. Além disso, plantas com HLB apresentam redução de produtividade, diminuição do tamanho, queda e menor qualidade de frutos, e alterações nas propriedades organolépticas do suco, e as quedas na produção e qualidade podem ocorrer mesmo em plantas com baixas severidades da doença (Bassanezi et al., 2009; 2011).

2.2 O vetor *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae)

O HLB no Brasil é um caso bastante peculiar, pois a bactéria foi detectada oficialmente em 2004 (Coletta-Filho et al., 2004; Teixeira et al., 2005), porém seu vetor o psilídeo *Diaphorina citri* foi relatado em brotações de laranjeiras do Rio de Janeiro em publicação datada de 1942 (Costa Lima, 1942). Por outro lado, a detecção do vetor foi apenas brevemente precedida do relato da ocorrência de HLB, e consequentemente das bactérias associadas à doença, em vários países do continente americano, como EUA, México, Belize, Porto Rico, República Dominicana e Cuba (Hall et al., 2012).

O controle do vetor é fundamental dentro de um programa de manejo da doença, tanto com o intuito de diminuir a população de insetos infectivos, quanto de evitar a aquisição e a inoculação da bactéria (Belasque Jr. et al., 2010a). Esse controle é baseado principalmente na aplicação de inseticidas, a qual muitas vezes é realizada de maneira excessiva, acarretando aumento nos custos de produção, seleção de indivíduos resistentes e contaminação do meio-ambiente (Diniz, 2013).

Além de se hospedar em plantas do Gênero *Citrus*, *D. citri* também se desenvolve em *Murraya paniculata* e pelo menos outros dez gêneros de plantas hospedeiras são conhecidos, porém com menor importância. Quando comparados à Laranjeira Doce [*C. sinensis* (L.) Osbeck], alguns cultivares são menos favoráveis ao desenvolvimento do inseto como é o caso do limão Rugoso (*C. jambhiri* Lushington) e Lima ácida Galego [*C. aurantifolia* (Christm.) Swingle]. Foram também observadas oviposição e sobrevivência em Tangerineira Sunki [*C. sunki* (Hayata) Tanaka] e Cleópatra (*C. reshni* Hort. ex Tan.), e que o inseto evita colonizar *Poncirus trifoliata* (Grafton-Cardwell et al., 2013).

O fluxo vegetativo das plantas hospedeiras regula a flutuação populacional e oviposição de *D. citri* (Leal, 2009). A oviposição ocorre preferencialmente em gemas recém-brotadas (Parra et al., 2010). Os ovos apresentam uma das extremidades arredondada e a outra é pontiaguda, são de coloração creme e com o desenvolvimento do embrião tornam-se amarelo-alaranjado (Fernández & Miranda, 2005). O período de incubação é de 2,6 a 7,7 dias, influenciado pelas condições meteorológicas (Nava et al., 2007). O desenvolvimento ninfal ocorre em sincronia com o desenvolvimento das brotações (Parra et al., 2010). As ninfas são amareladas e achatadas, secretam substância cerosa semelhante ao “honeydew” (Gallo et al., 2002), e seu desenvolvimento tem duração de 10,6 a 39,6 dias (Diniz, 2013). O adulto mede cerca de 2 a 3 mm de comprimento, tem o corpo com manchas marrons, asas

transparentes com manchas escuras na borda do primeiro par, comumente permanecem na planta em um ângulo de 45° e sobrevivem de 2 a 3 meses (Leal, 2009).

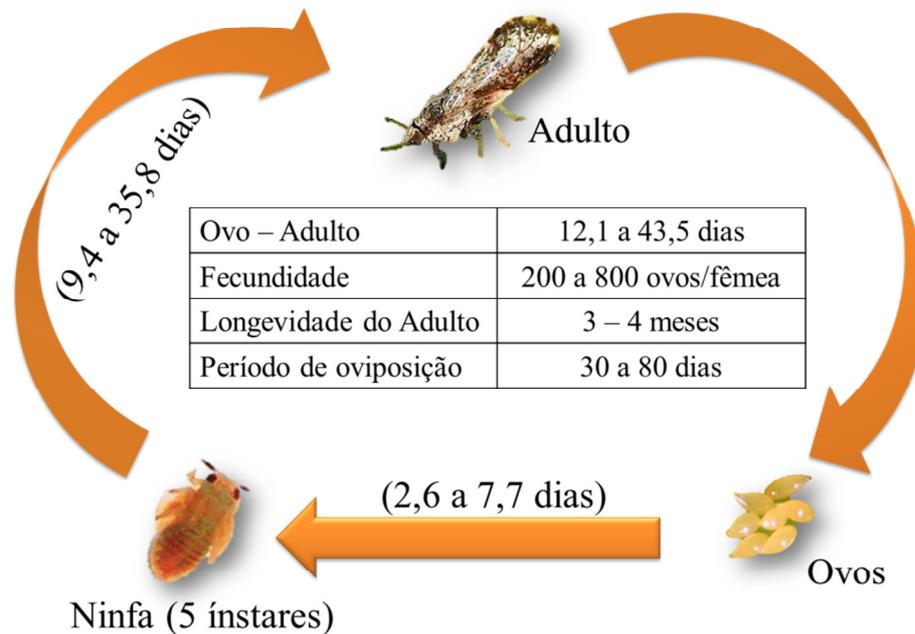


Figura 5. Ciclo de vida do psilídeo *Diaphorina citri* (adaptado de Nava et al., 2007).

A temperatura e a umidade relativa do ar influenciam a viabilidade e o desenvolvimento de *D. citri*, no entanto a aclimação deste inseto pode ocorrer em temperaturas extremas (Grafton-Cardwell et al., 2013). Há relatos de desenvolvimento de *D. citri* na Arábia Saudita em temperaturas de 45°C, assim como a sobrevivência por diversas horas a -6°C e grande porcentagem de eclosão de ninfas expostos a -8°C (Hall et al., 2011b). De forma geral a temperatura ótima para postura e desenvolvimento das ninfas está entre 25° e 30°C (Liu & Tsai, 2000), e a temperatura mínima limitante entre 11° e 13°C (Fung & Chen, 2006). Adultos de *D. citri* mantidos sem água e alimento sobreviveram mais tempo expostos à alta umidade relativa (UR). Para insetos confinados a 97% UR, o tempo letal para 50% dos indivíduos foi 72% maior quando comparado a 7% UR, ambas a 25°C (Mcfarland, 2001). Para ovos, Paiva (2009) observou alta mortalidade (acima de 60%) em três gerações estudadas em Piracicaba (SP), com temperatura acima de 30°C e UR abaixo de 50% na maior parte do tempo. Índices de mortalidade bem menores ocorreram quando ovos coletados no mesmo local foram mantidos em condições ótimas para o desenvolvimento.

Kobori et al. (2011) verificaram que *D. citri* começa a se dispersar para outras plantas 3 a 4 dias após a emergência, estimulado por brotações. Essa dispersão ocorre durante o ano todo com maior intensidade na primavera (Hall & Hentz, 2011a). A luz parece interferir na

dispersão, pois armadilhas adesivas amarelas capturaram 3 a 4 vezes mais adultos durante o dia, com pico no período de maior radiação (entre 12:00h e 15:00h) (Sétamou et al., 2011). Aparentemente *D. citri* não pode sustentar voos de longas distâncias e nem de longa duração. Hall et al. (2012) verificaram duração média mais longa de voo de 48 minutos, e a distância média foi de 1909,5 metros com velocidade média de 1,4 km h⁻¹. Segundo Gottwald et al. (2007) *D. citri* apresenta voos de 25 a 50 m entre plantas de mesmos pomares, e a dispersão a longas distâncias provavelmente ocorre por repetidos voos de curta distâncias e pela ação do vento (Arakawa & Mivamoto, 2007; Hall et al., 2012).

A flutuação populacional tem estreita relação com a dinâmica de fluxos vegetativos da planta cítrica, pois os ovos são colocados exclusivamente em brotações novas e o desenvolvimento das ninfas acompanha o crescimento dessas brotações (Hall et al., 2012). Para o estado de São Paulo não foi observado um padrão temporal de distribuição de *D. citri*, no entanto, independente da região do Estado, o padrão de distribuição espacial ocorre de forma agregada (Paiva, 2009).

Adultos de *D. citri* alimentam-se preferencialmente na nervura principal da face abaxial de folhas novas quando mantidos em mudas cítricas (Bonani, 2009). Esse fato também foi relatado por Yamamoto et al. (2001). Empregando a técnica de *Electrical Penetration Graph* (EPG) Bonani (2009) verificou que após 5 horas, 50% dos psilídeos mantidos em folhas tenras tinham atingido o floema e estavam em alimentação, enquanto que para população mantida sobre folhas mais velhas no mesmo espaço de tempo, somente 15% dos insetos conseguiram se alimentar plenamente. Uechi & Iwanami (2012) observaram que 79,5% de fêmeas recém emergidas, e que se alimentaram em brotações novas, tinham seus ovários maduros após cinco dias, enquanto apenas 2,5% das fêmeas que se alimentaram em ramos velhos estavam nessa condição fisiológica.

Bonani (2009) verificou taxas superiores de infecção de Las por *D. citri* quando os insetos alimentaram-se em folhas novas de ramos infectados, mas assintomáticos. No entanto, esse autor relata que a alimentação em folhas novas de ramos sintomáticos permitiu maior aquisição da bactéria. O processo de transmissão de Las por *D. citri* é composto por um período de aquisição, quando adultos e ninfas se alimentam em plantas infectadas, um período de latência necessário para que a bactéria possa se instalar na glândula salivar e se reproduzir e um período de acesso a plantas saudias, quando o inseto irá inocular a bactéria nas mesmas (Grafton-Cardwell et al., 2013). De forma geral um adulto precisa de 30 minutos de alimentação em uma planta sintomática para adquirir a bactéria e 20 dias de latência para estar apto a transmitir (Roger et al., 2012). Para provocar novas infecções é necessária pelo menos

1 hora de alimentação na planta (Mead & Fasulo, 2011). Ninfas adquirem a bactéria mais facilmente que adultos, e esses últimos mantêm a capacidade de transmissão após a ecdise quando originários de ninfas com a bactéria (Parra et al., 2010). Quando a aquisição ocorre na fase adulta, a concentração bacteriana no inseto parece não se alterar, ou até mesmo reduzir, no entanto quando adquirida na fase de ninfa, a concentração pode aumento cerca de 360 vezes (Inoue et al., 2009). Esses dados demonstram a importância da fase de ninfa na aquisição e na transmissão das bactérias associadas ao HLB. A transmissão transovariana de Las pode ocorrer da fêmea para sua progênie, no entanto são relatadas taxas muito baixas (3,6%), assim como pode ocorrer à transmissão do macho para a fêmea no acasalamento também em baixas taxas (4%) (Grafton-Cardwell et al., 2013).

Outro fato importante para entender a relação vetor-patógeno-planta é o fato de que não somente as brotações atraem os insetos, mas também voláteis liberados por plantas sintomáticas exercem essa atração. Trabalho utilizando olfatômetro determinou que quase 80% de insetos, que não tinham as plantas em seu campo de visão, tiveram preferência por plantas sintomáticas (Noronha Júnior, 2010). No entanto, foi observado que insetos atraídos pelos voláteis de plantas sintomáticas após algum tempo deixaram essa planta e passaram a preferir plantas não portadoras da bactéria (Mann et al., 2012).

2.3 O manejo do HLB

Quando o HLB é introduzido em uma região ou propriedade, as medidas de manejo devem ser imediatamente adotadas considerando que não há cultivares resistentes, métodos curativos de controle e as perdas na produção são relativamente grandes. A baixa incidência da doença no início da adoção das práticas de manejo é fundamental para o sucesso da manutenção de taxas economicamente viáveis de HLB no pomar nos anos subsequentes. Outro ponto fundamental é que essas práticas devem ser adotadas, preferencialmente, em escala regional, visto que a incidência de HLB e a população de *D. citri* em uma propriedade qualquer podem interferir de forma significativa no progresso da doença nas áreas vizinhas (Bassanezi et al., 2010; 2013a).

Propriedades que adotam o manejo do HLB realizam práticas que visam à redução do inóculo em plantas e vetores. Essas práticas englobam o uso de mudas saudáveis, remoção de plantas doentes e o controle do vetor (Belasque Jr. et al., 2010a). É importante ressaltar que tais práticas exigem recursos humanos e financeiros que oneram o sistema de produção, obrigando o citricultor a buscar a sustentabilidade do sistema pelo aumento da receita bruta, a

qual pode ser alterada pelo preço recebido por caixa ou pela produtividade por área (Fukuda et al., 2010).

A produção de mudas, para evitar o plantio de plantas com HLB, deve ser rigorosamente desenvolvida em ambiente telado e com material propagativo de origem controlada. A tela evita o acesso do vetor às plantas, e o uso de material propagativo sadio impede a introdução da bactéria em mudas cítricas em formação (Iwanami et al., 2013). No Estado de São Paulo existe legislação específica para a produção de mudas cítricas e o sistema de produção de mudas é fiscalizado pela Coordenadoria de Defesa Agropecuária. É importante ainda que o citricultor tenha consciência que a manutenção da sanidade dessas mudas após o plantio depende das práticas de manejo e da remoção de fontes de inóculo próximas à nova área plantada (Iwanami et al., 2013). Estudo conduzido por Leal et al. (2010) indicou que a distribuição de plantas sintomáticas em uma propriedade em São Paulo ocorreu de forma agregada, com um raio de agregação de 300 a 560 metros, e os focos iniciais ocorreram nos limites da propriedade com posterior expansão por toda área interna da fazenda.

As inspeções para detecção de plantas sintomáticas devem ser feitas regularmente em todas as plantas da fazenda (Belasque Jr. et al., 2010b). Comparações de equipes de inspetores permitiram verificar que, em média, equipes de inspetores a pé encontram 47,6 % das plantas sintomáticas de um pomar (Belasque Jr. et al., 2010b). A baixa eficiência da inspeção a pé em pomares adultos, que pode ser até inferior a 10%, fez com que as fazendas passassem a utilizar plataformas, que facilitam a observação do ponteiro das plantas pelo inspetor, o que resulta em uma eficiência em torno de 70% na detecção das plantas doentes. O rendimento do trabalho com plataforma é relativamente alto e está próximo a 1000 plantas/inspetor/dia para plataformas com quatro inspetores (Tersi, 2010). Além do rendimento e da eficiência da inspeção, outro fator relevante é a frequência das inspeções. A frequência de inspeção permite a detecção de novas plantas sintomáticas e também das plantas sintomáticas não detectadas em inspeções anteriores (escapes). Direcionar as inspeções ou aumentar sua frequência em épocas de maior expressão dos sintomas também são práticas que podem ser adotadas no manejo do HLB (Belasque Jr. et al., 2010b).

As plantas sintomáticas detectadas nas inspeções devem ser eliminadas para a redução das fontes de inóculo e da ocorrência de novas infecções. As infecções de *Ca. Liberibacter* spp. em uma área qualquer podem ser decorrentes de disseminação primária ou secundária. Entende-se por disseminação primária quando o inseto adquire a bactéria em uma área externa, migra até a fazenda e ali infecta novas plantas. A disseminação secundária

ocorre quando o inseto faz a aquisição da bactéria em plantas contaminadas na própria fazenda, propagando a doença para plantas vizinhas. Bassanezi et al. (2013a) recentemente demonstraram que uma frequência maior de erradicação tem influência significativa na redução da disseminação secundária, mas pouca influência na primária, necessitando para isso um programa regional de erradicação.

A remoção de árvores sintomáticas é prática fundamental para o manejo do HLB, necessária para redução das fontes de inóculo, as quais permitem a manutenção de populações infectivas de *D. citri*. Assim, o controle do vetor é eficaz para a redução da ocorrência de novas infecções. O uso de inseticidas aplicados por calendário é a forma mais utilizada pelas propriedades da citricultura paulista (Monteiro, 2013). No entanto, o monitoramento do inseto deveria ser uma prática mais comum na citricultura, a qual auxiliaria na tomada de decisão e na otimização dos recursos (Gravena et al. 2010). Diferentes métodos podem ser empregados para o monitoramento de *D. citri*, sendo os mais comuns: a) inspeções visuais de brotações, as quais permitem a detecção de adultos, ovos e ninfas; b) armadilhas adesivas; c) batida de ramos (“tap”); d) puçá; e e) aparelhos de sucção. Ressalta-se que apenas a inspeção visual de brotos permite a detecção de ovos e ninfas e os demais métodos são exclusivos para detecção de adultos. Na Florida o método “tap” é o mais utilizado, principalmente pela praticidade e baixo custo (Hall et al., 2012). Santos et al. (2012), nas condições de São Paulo, avaliou a captura de *D. citri* em armadilhas adesivas verde e amarela, “tap” e inspeção visual. Em todas as avaliações, independente do controle do vetor adotado na propriedade, as armadilhas adesivas resultaram na captura de mais insetos em todas as colorações avaliadas, sem diferenças entre as mesmas. Além disso, o método “tap” não resultou na captura de *D. citri* em áreas com controle químico regular do vetor. Segundo Hall et al (2012), o uso de armadilhas adesivas se mostra mais vantajoso em relação à “tap”, pois esse último método tem como desvantagem a dificuldade de se contar os adultos antes que haja fuga. Além disso, armadilhas adesivas são mais eficientes quando existe baixa população de insetos, comparando-se à “tap”. Portanto, o mais recomendado para as condições brasileiras é a inspeção visual de brotações para detecção de ovos e ninfas, e a utilização de armadilha adesiva amarela ou verde para detecção de adultos, principalmente nas periferias da propriedade e bordas de talhões (Yamamoto, 2008).

Pulverizações com inseticidas são a forma mais eficaz para o controle de *D. citri*. Portanto, considerando-se também seu baixo custo e praticidade, é a forma largamente utilizada pelos citricultores para o controle do vetor e manejo do HLB. No entanto, o uso de inseticidas pode resultar no desequilíbrio de populações de insetos e na contaminação

ambiental. Além disso, o uso contínuo de mesmos grupos químicos de inseticidas pode resultar na seleção de populações resistentes do inseto alvo. Felizmente o controle biológico com parasitóides (com ênfase para *Tamarixia radiata* (Waterston, 1922)) e entomopatógenos (com ênfase para o fungo *Isaria fumosorosea*) está em desenvolvimento para, em breve, constituírem-se em ferramentas complementares para o controle do vetor.

Ainda em relação ao controle químico de *D. citri* inseticidas sistêmicos são empregados em mudas ainda no viveiro (pré-plantio), em mudas após o plantio e em plantas de pomares até aproximadamente três anos. Os inseticidas sistêmicos são utilizados em plantas no campo principalmente nos meses de primavera e verão. Nas demais épocas do ano e para plantas com mais de três anos são utilizados inseticidas não sistêmicos, aplicados em pulverizações terrestres ou aéreas (Belasque Jr. et al., 2010b). Os grupos químicos de inseticidas comumente empregados pelos citricultores brasileiros para o manejo do HLB são os piretróides, organofosforados, carbamatos, neonicotinóides e alguns reguladores de crescimento. A ação residual desses inseticidas é bastante variada podendo ir de 7 a 45 dias, dependendo principalmente das condições ambientais, forma de aplicação, dosagem e volume de calda (Grafton-Cardwell et al., 2013). Em razão desses fatores e do objetivo do citricultor quanto ao rigor empregado no manejo do HLB, o intervalo de tempo entre as aplicações de inseticidas é bastante variável na citricultura paulista. Dentre os citricultores que adotam o maior rigor no controle de *D. citri* têm-se pulverizações, em área total, a cada uma a quatro semanas durante todo ano, além de pulverizações frequentes nas bordas de talhões e de propriedades e também pulverizações aéreas. As pulverizações de bordas podem ocorrer a cada semana ou quinze dias e as aéreas muitas vezes são realizadas em conjunto com outras propriedades em número de cinco vezes por ano. Considerando todas as modalidades de pulverizações há citricultores que pulverizam suas plantas cítricas de 24 a 50 vezes anualmente objetivando o controle de *D. citri*.

Beloti et al. (2010) avaliaram a dispersão de *D. citri* em pomares comerciais e com controle químico do vetor, em São Paulo, e concluíram que a maior parte dos adultos de *D. citri* se concentra nas bordas de talhões e a população desse inseto diminui gradativamente no sentido do interior dos talhões. Esse comportamento deve ocorrer em razão do caráter migratório do inseto, originando-se de áreas sem controle e migrando para talhões e propriedades vizinhas. Em outro estudo, Boina et al. (2009), utilizando proteína de leite de soja e ovo como marcador, capturou de 70% a 90% de insetos a uma distância de até 40 metros do local de liberação dos mesmos. A maior concentração de adultos de *D. citri* nas bordas de propriedades e talhões fez com que muitos citricultores paulistas passassem a

realizar pulverizações adicionais, a cada sete a quinze dias, nas bordas de talhões e nas divisas das propriedades tentando reduzir o efeito da migração de insetos de áreas vizinhas. No entanto, mesmo em propriedades com controle rigoroso do vetor com frequentes aplicações de inseticidas, o aparecimento contínuo de plantas sintomáticas, sucessivamente em maiores números a cada ano, revela que o controle químico não é suficiente para conter a epidemia corrente de HLB em São Paulo, e que a migração de *D. citri* de áreas sem controle, ou com a presença de plantas hospedeiras, é a responsável por esta situação (Bassanezi et al., 2013a).

Nesse sentido, Monteiro (2013), estudando uma pequena área com manejo intenso do vetor, vizinha a uma grande área sem esse controle, observou uma concentração de plantas nos primeiros cinquenta metros, a partir da divisa da propriedade com manejo do vetor. Essa propriedade apresentava em fevereiro de 2011 uma incidência acumulada de 14% de plantas erradicadas, chegando a janeiro de 2013 a 40%. Em alguns pontos dessa propriedade a perda de plantas chegou a 100%. Essa situação revela claramente que o inseto vetor, após completar suas fases imaturas em plantas infectadas de áreas sem manejo, pode posteriormente migrar para áreas com frequentes pulverizações com inseticidas e ainda causar infecções, principalmente nas áreas limítrofes. Essa forma de propagação do HLB pode inviabilizar a produção comercial de cítricos e servir como desestímulo ao rigoroso manejo da doença, principalmente em propriedades pequenas, com menos de duzentas mil plantas.

Em recente estudo realizado no Brasil, Bassanezi et al. (2013a) mostraram as diferenças na epidemia de HLB em áreas com controle regional do HLB e somente com o controle local. Entende-se por controle local todo manejo do HLB realizado em uma propriedade, e por controle regional o mesmo manejo sendo empregado em propriedades vizinhas, formando uma grande área territorial com redução de inóculo. Nesse estudo foram implantadas duas áreas, uma com dois quilômetros de plantas em seu entorno, todas com inspeções frequentes para eliminação de plantas sintomáticas e controle do vetor, e a segunda circunvizinha de várias propriedades sem qualquer tipo de controle da doença e seu vetor. Esse cinturão de dois quilômetros de manejo regional foi suficiente para manter a área com uma incidência de plantas sintomáticas menor que 5% em cinco anos. Comparando com a área sem manejo regional, o início da epidemia foi atrasado em dez meses, e a velocidade do progresso da doença foi reduzido em 75%. Isso se dá, pois, o manejo regional com controle coordenado do vetor elimina as fontes de criação e retarda as re-infestações advindas de áreas mais distantes. Além disso, foi observado que as populações migrantes na área de manejo local foram sempre constantes, e que na área com manejo regional ocorreu diminuição dessa migração com o passar dos anos (Bassanezi et al., 2013a).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Área experimental

A área experimental localiza-se no centro sul do Estado de São Paulo (22°48'22" S; 48°07'00" O – altitude 469m) e compreende seis propriedades rurais, cinco com exploração comercial de citros e uma sem exploração comercial (Figura 6). Essas propriedades foram escolhidas por apresentarem manejos diferentes para o HLB e seu inseto vetor. Objetivando estabelecer uma relação entre essas propriedades, quanto à origem de populações do vetor e as fontes de inóculo de HLB, a propriedade central da região, com maior rigor no manejo da doença e potencialmente influenciada pelas demais propriedades ao redor, foi definida como Propriedade Referência (PR).

As Propriedades 1 e 3 (P1 e P3, respectivamente) são propriedades imediatamente adjacentes à PR. P1 realiza um manejo parcial da doença, o qual consiste em pulverizações de inseticidas com frequência maior que mensal, quando realizadas, e a eliminação esporádica, ou ausente, de plantas com sintoma de HLB. P3 apresenta manejo do HLB similar à PR. A Propriedade 2 (P2), a Propriedade Erradicada (PE) e a área residencial (Quintal) estão distantes da PR entre 815 e 1694 metros e suas plantas cítricas nunca receberam pulverizações para controle de *D. citri*. As informações dessas propriedades quanto à área total, número e idade das plantas cítricas, destino da produção, manejo do HLB e variedades de copa e porta-enxerto estão apresentadas nas Tabelas 2 e 3. A PE teve suas plantas cítricas eliminadas em 2010, anteriormente ao início do presente estudo, e por essa razão poucas informações são apresentadas a seu respeito. P2 foi erradicada em Agosto de 2013.

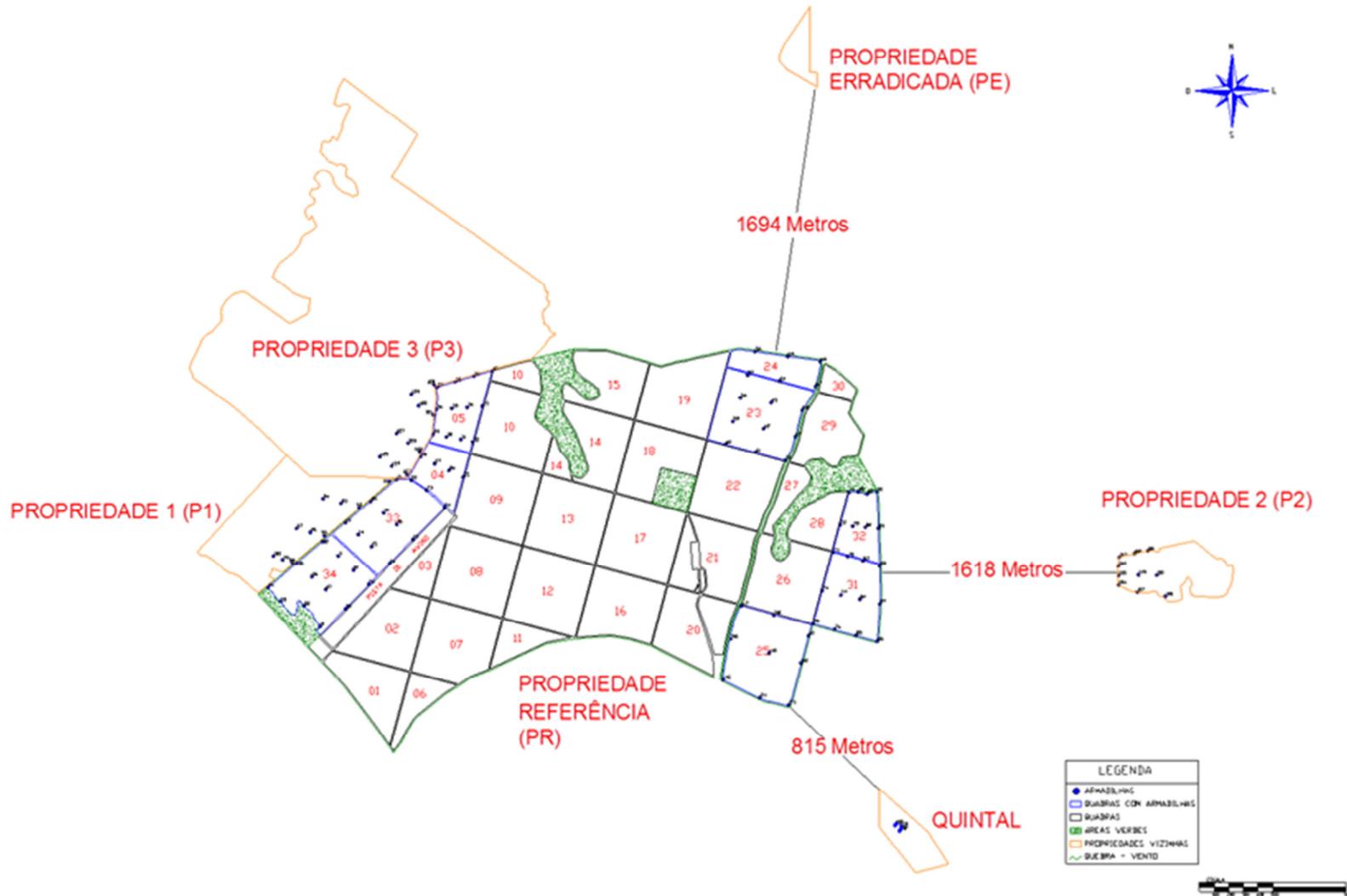


Figura 6. Área experimental com a localização das propriedades que compõem o presente estudo. Os pontos negros apresentados nos talhões 04, 05, 23, 24, 25, 31, 32, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e também nas Propriedades 1 (P1), 2 (P2), 3 (P3) e Quintal referem-se aos pontos nos quais foram colocadas armadilhas adesivas amarelas para captura de adultos de *Diaphorina citri*.

Tabela 2. Características gerais das propriedades que compõem o presente estudo.

Propriedades	Área total (ha)	Nº de plantas cítricas	Idade das plantas (anos)	Destino da produção	Manejo do HLB	Plantas com HLB até outubro 2013 (%)
PR	743,3	312.222	3 a 8	Indústria	Rigorouso	7,9
P1	53,8	14.310	12	Fruta de Mesa	Parcial	27,3
P2	22,4	5958	15	Indústria	Inexistente	100,0
P3	320,3	103.457	1 a 20	Fruta de Mesa	Rigorouso	5,4
Quintal	8,2	300*	-	Consumo	Inexistente	100,0
PE	6,4	1.200*	-	Indústria	Inexistente	-

* Número estimado. n/c – Não conhecido.

Tabela 3. Proporção (%) de plantas cítricas considerando as variedades de copa e porta-enxerto em cada propriedade avaliada no presente estudo.

Copa	PR	P1	P2	P3	Quintal
Rubi	11,4	-	-	-	
Valência	21	15	-	12	
Natal	22	-	-	-	
Hamlin	27	-	-	-	Murta e diversas variedades de copa
Pera rio	18,6	40	100	33	
Murcote	-	15	-	6	
Bahia	-	30	-	34	
Lima	-	-	-	15	
Porta enxerto	PR	P1	P2	P3	Quintal
Swingle	32,2	-	-	30	
Volkameriano	25,7	-	-	10	
Limão cravo	15,3	85	100	60	
Laranja caipira	2,8	-	-	-	Desconhecido
Sunki	22,8	-	-	-	
Diversos	1,2	-	-	-	
Cleópatra	-	15	-	-	

As inspeções para detecção de plantas com sintomas de HLB nas propriedades avaliadas foram realizadas a pé ou com plataformas. Somente nas propriedades PR, P1 e P3 eram realizadas inspeções, PR e P3 adotavam plataformas para suas inspeções e na P1 as inspeções eram realizadas a pé. Quanto ao controle do vetor, as plantas de P2 e Quintal não sofreram pulverizações de inseticidas. PR, P1 e P3 empregaram veículos tratorizados terrestre para pulverização de inseticidas em área total (todas as plantas), mas também, para PR, pulverizações regulares de plantas localizadas nas bordas de talhões e da propriedade e também pulverizações aéreas. Os inseticidas mais utilizados nessas propriedades foram organofosforados, piretróides e neonicotinóides.

3.2. Monitoramento de *Diaphorina citri*

Objetivando a detecção e a quantificação da população do inseto vetor *D. citri*, 120 pontos com armadilhas adesivas amarelas quadriculadas, de dupla face e com dimensões de 15 x 10 cm (BUG-Agentes Biológicos®, Piracicaba-SP), foram distribuídos na forma de *grids* na PR, P1, P2, P3 e Quintal. As armadilhas foram trocadas e avaliadas quinzenalmente e compreenderam o período de tempo entre outubro (ou dezembro) de 2012 e agosto (ou setembro) de 2013, dependendo da propriedade. As armadilhas foram instaladas na parte superior nas plantas cítricas (Menezes, 2011).

Dos 120 pontos com armadilhas adesivas, 84 deles estavam localizados em nove talhões da PR (Figura 6). Esses talhões compreendiam alguns dos talhões com maiores incidências de plantas com HLB e/ou eram próximos das propriedades e áreas vizinhas avaliadas. Trinta outros pontos com armadilhas foram colocados nas propriedades P1, P2 e P3, dez armadilhas em cada, e outros seis pontos no Quintal (Figura 6). O número de pontos com armadilhas variou de quatro a doze por talhão da PR ou propriedade vizinha, com densidade de armadilhas/ha entre 0,2 e 0,9 (exceção para o Quintal com 4,3 armadilhas/ha) (Tabela 4). Os pontos com armadilhas estavam distantes entre si de 58,7 a 466,6 metros para cada talhão ou propriedade vizinha (novamente com exceção para o Quintal, com distâncias de 5,9 a 12,7 metros). Todos os pontos com armadilhas foram georeferenciados com GPS TRIMBLE® modelo Recon PRO XR com erro de 0,05 a 0,30 metros.

Plantas cítricas das propriedades PR, P1, P2, P3 e Quintal também foram avaliadas quanto à presença de ovos, ninfas e adultos de *D. citri* em folhas de três ramos vegetativos, preferencialmente com brotações, de dez plantas de cada uma dessas propriedades. Essas plantas localizavam-se próximas das plantas com armadilhas adesivas amarelas e foram avaliadas a cada troca de armadilhas. Nessas avaliações também determinou-se o estágio de desenvolvimento das plantas cítricas como indicado pelo Guia de fases de desenvolvimento dos citros da Stoller®.

As armadilhas amarelas foram avaliadas quanto à presença de adultos de *D. citri* em laboratório. Quando da detecção de adultos, esses foram transferidos individualmente para tubo plástico com álcool (70°GL) e enviados para o laboratório do Fundecitrus (Araraquara, SP) para a extração de DNA e análise por qPCR para detecção de *Ca. Liberibacter* spp. A extração de DNA seguiu o protocolo descrito por Murray & Thompson (1980) e a detecção de *Ca. Liberibacter* spp. em adultos e ninfas de *D. citri* as metodologias descritas por Li et al. (2006) e Teixeira et al. (2008).

Tabela 4. Número, distâncias médias, mínimas, máxima (metros) e densidade de armadilhas nos talhões da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas.

Propriedades	Nº de armadilhas	Distância Média	Distância Máxima	Distância Mínima	Densidade (armadilhas/ha)
P1	10	221,6	466,6	62,3	0,5
P2	10	125,6	196,1	58,7	0,9
P3	10	170,7	274,6	99,7	0,6
Quintal	6	8,5	12,7	5,9	4,3
Talhão 4	4	109,4	109,4	109,3	0,6
Talhão 5	12	154,5	251,2	86,7	0,6
Talhão 23	10	196,2	248,0	160,8	0,3
Talhão 24	5	203,7	248,0	159,8	0,3
Talhão 25	9	257,7	311,0	186,4	0,2
Talhão 31	12	154,8	256,9	63,0	0,7
Talhão 32	8	188,0	272,6	105,9	0,4
Talhão 33	12	196,0	353,1	102,5	0,4
Talhão 34	12	186,8	263,8	63,0	0,4
PR	84	186,6	353,1	127,2	0,4
Total	120	180,4	466,6	58,7	1,3

3.3. Manejo do HLB e seu progresso na Propriedade Referência

Os dados quanto ao número e tipo de pulverizações de inseticidas para controle de *D. citri*, o número e tipo de inspeção para detecção de plantas com HLB e o número de plantas eliminadas, para cada talhão da PR, foram disponibilizados pelo proprietário referente ao período 2007 a outubro de 2013, compreendendo assim os esforços empregados no manejo da doença e seus resultados, desde o plantio das plantas cítricas na propriedade. O número de plantas eliminadas com HLB, para cada talhão e também para toda PR, foi utilizado para o ajuste dos modelos Monomolecular, Logístico e de Gompertz, como descrito por Bergamin Filho (2011). Os talhões da PR foram comparados entre si quanto à incidência acumulada de plantas com HLB (% acumulada de HLB), taxa média de progresso da doença calculado pelo modelo de Gompertz (r_G), área abaixo da curva da incidência acumulada de plantas com HLB, padronizada pelo tempo total de epidemia, (AUDPC* - *Area Under the Disease Progress Curve*), e porcentagem máxima anual de plantas com HLB (y_{max}). Essas variáveis foram relacionadas entre si por análise de correlação determinando-se o coeficiente r de Spearman empregando-se o aplicativo Statistica 12. A AUDPC* foi determinada também como descrito por Bergamin Filho (2011). Uma Análise de Variância (ANOVA) foi utilizada

para comparação de grupos de talhões da PR considerando suas proximidades de áreas externas com e sem fontes de inóculo e também quanto à proximidade de áreas com citros com manejo rigoroso de HLB. Essa ANOVA foi realizada com o aplicativo Statistica 12 empregando-se os dados das variáveis % acumulada de HLB, taxa r_G , AUDPC* e y_{max} . Por último, mapas da PR foram confeccionados com o aplicativo Surfer empregando-se os dados de % acumulada de HLB, taxa r_G , AUDPC* e y_{max} de cada talhão.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Ações de manejo do HLB e o progresso da doença na Propriedade Referência

Desde o plantio das plantas cítricas na PR, em 2005, foram adotadas nessa propriedade ações para o manejo do HLB (Tabela 5). O número de inspeções anuais para detecção de plantas com sintomas da doença variou de 2 a 12 por talhão e o número de pulverizações de inseticidas de 5 a 45, também por talhão, considerando apenas as pulverizações terrestres tratorizadas em área total. O controle químico do vetor foi realizado também com pulverizações tratorizadas terrestres em plantas localizadas nas bordas de talhões e divisas da propriedade, pulverizações aéreas e aplicações de inseticidas sistêmicos na forma de *drench*, essa última não apresentada na Tabela 5. Os esforços no manejo da doença foram intensificados no período de 2007 a 2013, como demonstrado pelo aumento do número de inspeções e, principalmente, pulverizações de inseticidas. Nesse mesmo período, a proporção de plantas perdidas pela PR, resultantes da eliminação de plantas com sintomas de HLB, subiu de 0,02% em 2007 para 3,21% até outubro de 2013. Durante todo esse período de tempo a PR perdeu 7,86% de suas plantas cítricas (Figura 7).

Tabela 5. Número (média) de inspeções para detecção de plantas e de pulverizações com inseticidas para o manejo do HLB nos talhões da Propriedade Referência (PR) e % de plantas eliminadas com HLB em toda propriedade.

Ações de controle	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013 ^b
Inspeções	3,3 (2 a 5) ^a	6,9 (6 a 8)	9,8 (9 a 11)	10,3 (8 a 11)	11 (10 a 12)	8,5 (7 a 10)	5,6 (3 a 8)
Pulverizações terrestres (para <i>D. citri</i>)	7,2 (5 a 13)	16,4 (2 a 23)	15,8 (12 a 21)	20,1 (6 a 30)	26,7 (19 a 41)	26,3 (19 a 45)	22,8 (21 a 29)
Pulverizações aéreas (para <i>D. citri</i>)	2	7	5	4	5	6	5
Pulverizações bordadura (para <i>D. citri</i>)	0	0	0	0	31	38	30
Perda anual de plantas (%)	0,02	0,15	0,27	0,58	1,23	2,39	3,21

^a Números entre parênteses representam os valores mínimo e máximo.

^b Valores referentes até o mês de setembro.

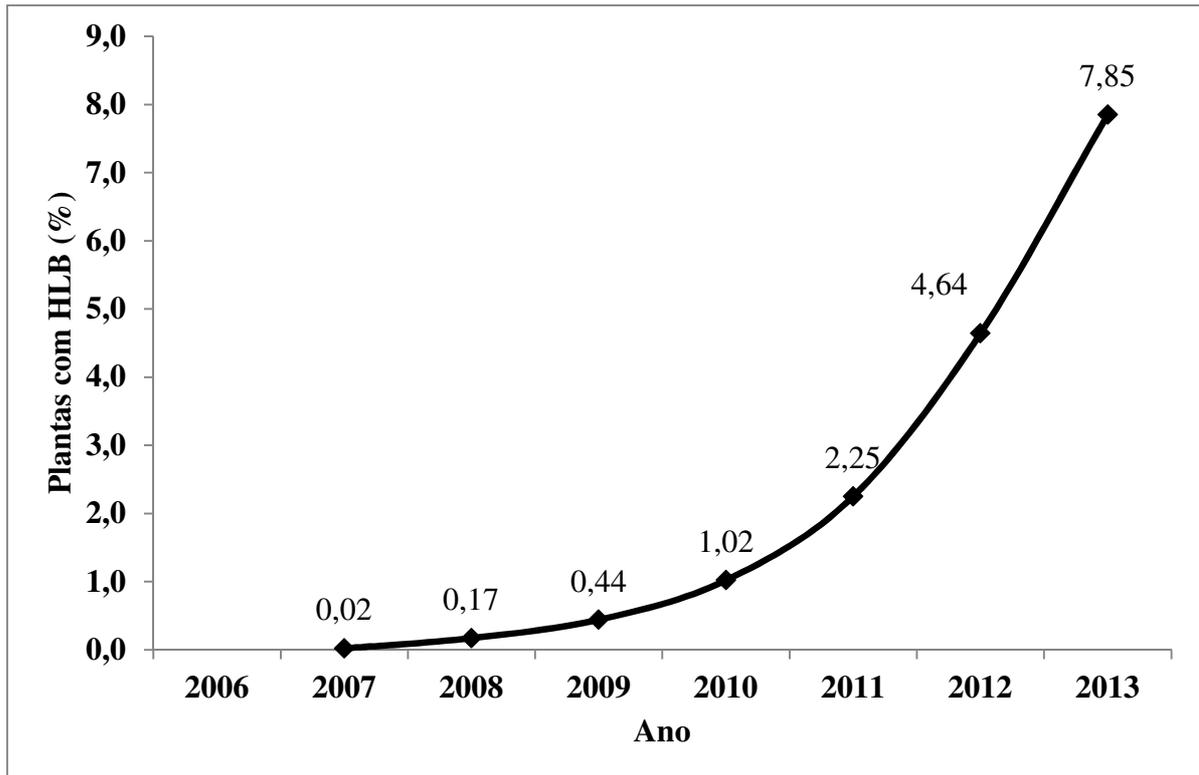


Figura 7. Plantas com HLB (%) erradicadas na Propriedade Referência de 2007 a outubro de 2013.

As primeiras plantas encontradas com HLB na PR foram detectadas em 2007, quando as plantas da fazenda estavam com dois anos. De 2007 a outubro de 2013 foram realizadas 55,4 inspeções, com média de 7,9 inspeções por ano e um intervalo de 46 dias entre elas. Maschio (2011) apresentou as ações adotadas por citricultores paulistas no manejo do HLB de 5.541 propriedades e verificou que 11,1% das propriedades realizavam 5 a 10 inspeções por ano e em apenas 2% das propriedades eram feitas mais de 10 inspeções. Quando esse autor avaliou as propriedades de grande porte, com centenas de milhares de plantas cítricas, observou que 36,5% delas realizavam 5 a 10 inspeções e apenas 19% mais que 10 inspeções.

A partir de 2011 a PR reduziu em aproximadamente 40% o número de inspeções para detecção de plantas com HLB. Segundo os gestores da PR, isso ocorreu em razão do custo dessa prática, da experiência de outras fazendas no estado e de resultados obtidos em parcelas experimentais. Nesse sentido, Bassanezi et al. (2013a) verificaram que frequências de erradicação de plantas com HLB, a cada 2, 3, 4 e 6 meses, não resultaram em redução significativa da taxa de progresso de plantas com HLB, em áreas com controle do vetor. Segundo esses autores, a remoção de plantas, ou seja, a redução do inóculo local, em áreas relativamente pequenas e com controle do vetor, não altera o progresso da doença, o qual é resultante, em grande parte, do inóculo externo presente em áreas adjacentes.

O controle do vetor na PR foi exercido com aplicações de inseticidas com intervalos pré-fixados por calendário, independente da presença do inseto. No período de 2007 a outubro de 2013 foram feitas aproximadamente 170 aplicações de inseticidas na forma terrestre e aéreo. A partir de 2011, seguindo uma prática iniciada em várias propriedades citrícolas do estado, na PR passou-se também a pulverizar, em aplicações adicionais as já em uso, as plantas localizadas nas bordas dos talhões e também na periferia da fazenda. Essa prática foi adotada na citricultura paulista após se verificar a maior concentração de *D. citri* nas plantas localizadas nas bordas de talhões e fazendas (Beloti et al., 2010).

Na PR o intervalo médio entre aplicações de inseticida foi 37,6 dias em 2007 e 19,1 dias 2012. A forma de aplicação mais utilizada foi com turbo atomizador em área total (todas as plantas), representando 50,4% do total de aplicações no período, e as aplicações em *drench*, com aeronaves e de bordadura representaram 9,7%, 12,7% e 27,2% respectivamente, do total de aplicações de inseticidas no período considerado. Os inseticidas mais utilizados no controle do vetor foram dimethoate, lambda-cyhalothrin, imidacloprid e fenprothrin, que juntos perfizeram 82,6% dos inseticidas empregados. Segundo Maschio (2011), mais de 90% das propriedades do estado realizavam pulverizações para o controle do vetor, e entre as propriedades de maior porte, com centenas de milhares de planta cítricas, 97,6% realizavam essa prática. No entanto, como observado por aquele autor, a grande maioria das propriedades citrícolas decidem o momento de controle do inseto com base em calendário fixo, como também realizado na PR.

4.2. População de *Diaphorina citri* em armadilhas adesivas amarelas e em plantas

Considerando todos os 120 pontos com armadilhas adesivas presentes nas propriedades PR, P1, P2, P3 e Quintal, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2014 a captura de adultos de *D. citri* variou de 0,02 a 0,21 adultos/armadilha, com picos populacionais em novembro de 2012 e março e setembro de 2013 (Figura 8). Esses picos populacionais ocorreram até trinta dias após o surgimento de brotações jovens nas fases V1, V2 e V3, corroborando com o estudo conduzido por Monteiro (2013), no qual foi verificada correlação positiva entre o número de adultos capturados em armadilhas adesivas e a presença de brotações novas até quatro semanas antes. A proporção de insetos PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp. apresentou picos populacionais nas mesmas épocas em que a população total de adultos (dezembro de 2012 e fevereiro e setembro de 2013). A proporção de insetos PCR+, em cada mês, variou de zero a 65% (dados até novembro de 2013), com valores máximos em

agosto e setembro de 2013 (65% e 58%, respectivamente). De outubro de 2012 a novembro de 2013 foram coletados 146 insetos nas armadilhas adesivas e 32 apresentaram-se PCR+ (22% de adultos PCR+). No último trimestre de 2012 a captura de insetos foi maior do que no segundo semestre de 2013, sugerindo uma redução da população do vetor na região, embora com maior proporção de adultos PCR+.

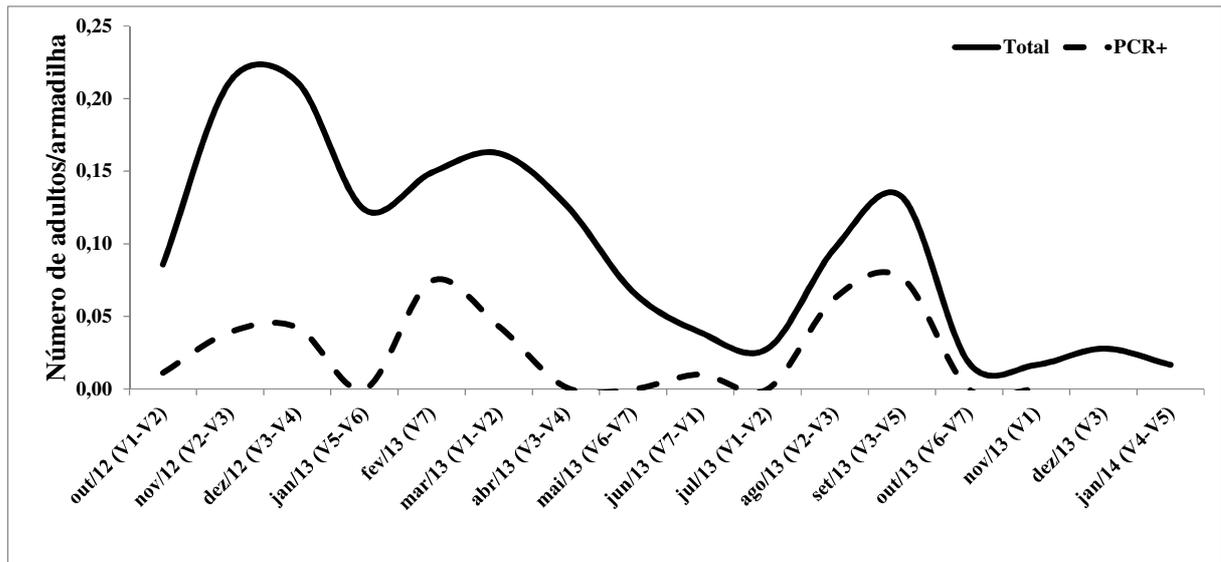


Figura 8. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* na região em estudo. Os adultos foram capturados em 120 pontos com armadilhas adesivas amarelas instaladas nas cinco propriedades em estudo. As armadilhas foram trocadas quinzenalmente e todos adultos capturados foram processados individualmente por qPCR para detecção de *Ca. Liberibacter* spp.

Nas avaliações realizadas em plantas foram encontrados insetos apenas no Quintal e em P2. Nessas avaliações foram detectadas 7 brotações com ovos, 21 com ninfas e 15 com adultos de *D. citri*. Os valores máximos de ovos, ninfas e adultos/brotação foram de 0,05, 0,07 e 0,08 indivíduos/brotação, respectivamente (Figura 9). Mais indivíduos foram encontrados nas plantas presentes no Quintal do que na P2 (71,1% e 28,9%, respectivamente) e também mais indivíduos PCR+ foram detectados no Quintal (71,4%) (Tabela 6). Indivíduos PCR+ foram detectados apenas nos meses de janeiro, março, abril e junho de 2013 (Figura 9). No período de outubro de 2012 a janeiro de 2014, considerando todos os pontos com armadilhas adesivas amarelas, a média de adultos capturados na região foi de 0,095 adultos/armadilha, com mínimo e máximo mensais de 0,02 e 0,21 adultos/armadilha. A média de adultos PCR+ foi de 0,026 adultos/armadilha (27%). Nas propriedades em estudo, as médias de adultos por armadilha foram de 0,013; 0,077; 0,203; 0,007 e 0,242 para PR, P1, P2, P3 e Quintal, respectivamente.

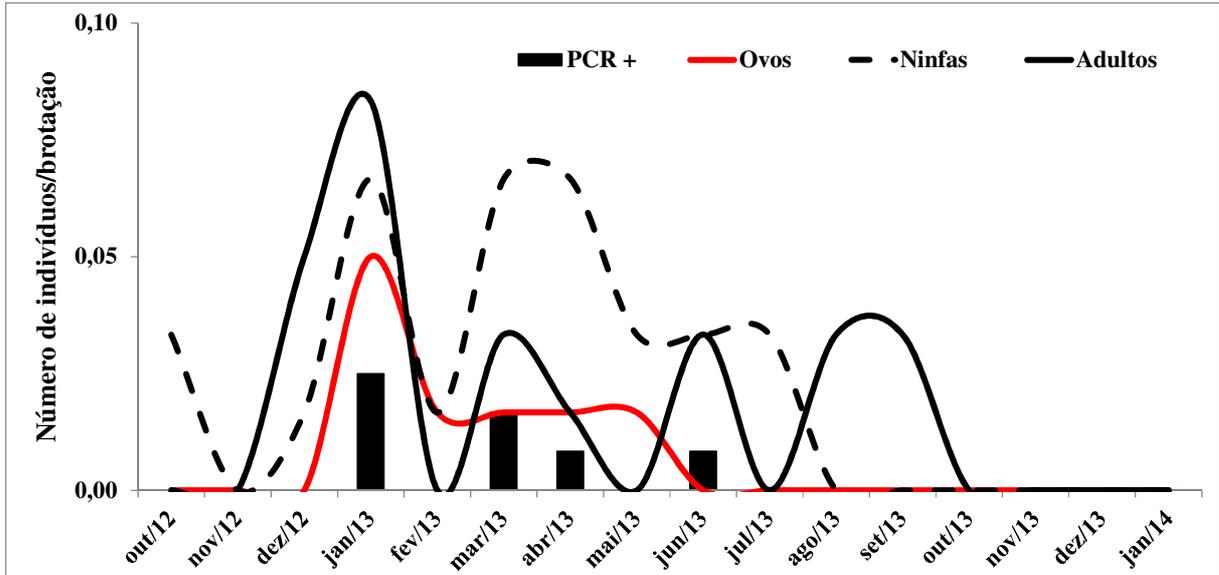


Figura 9. Flutuação populacional de ovos, ninfas, adultos e indivíduos PCR+ de *Diaphorina citri* em brotações avaliadas em plantas cítricas nas Propriedades Referência, P1, P2, P3 e Quintal.

Tabela 6. Porcentagem de ovos, ninfas, adultos e indivíduos PCR+ de *Diaphorina citri*, por propriedade, detectados em brotações avaliadas em plantas cítricas nas Propriedades Referência, P1, P2, P3 e Quintal.

Propriedades	Ovos	Ninfas	Adultos	PCR+
Propriedade Referência (PR)	0,0	0,0	0,0	0,0
Propriedade 1 (P1)	0,0	0,0	0,0	0,0
Propriedade 2 (P2)	28,6	38,1	20,0	28,6
Propriedade 3 (3)	0,0	0,0	0,0	0,0
Quintal	71,4	61,9	80,0	71,4

Não foram detectados adultos PCR+ na P3, no entanto as proporções de adultos PCR+ foram de 25%, 23%, 21% e 29% nas PR, P1, P2 e Quintal, respectivamente. Portanto, mais adultos foram capturados nas armadilhas dispostas em P2 e no Quintal, áreas sem controle químico do vetor, e menos em PR e P3, com valores intermediários para P1. Porém, as proporções de adultos PCR+ foram relativamente próximas entre as propriedades, tendo variado de 21% a 29%. As armadilhas adesivas utilizadas no presente estudo foram dispostas nas divisas das propriedades comerciais e a pequena variação de adultos PCR+ indica a movimentação desses insetos entre as propriedades. Em razão das maiores populações de insetos nas propriedades P2 e Quintal, nas quais há plantas sintomáticas e não foram realizadas pulverizações com inseticidas, pode-se dizer que nessas áreas há intensa multiplicação do inseto vetor e suas populações migram para plantas e talhões presentes em

outras propriedades da região. Esse comportamento explica a pequena variação na proporção de adultos PCR+ entre as propriedades estudadas.

As propriedades comerciais com e sem manejo do HLB (PR, P1, P2 e P3) apresentaram mais capturas de adultos em armadilhas nos meses de primavera e verão, principalmente de novembro de 2012 a março de 2013 (Figura 10). Por outro lado, no Quintal, as capturas continuaram a ocorrer em grandes proporções mesmo após esse período. No segundo semestre de 2013 as capturas de adultos foram menos frequentes na PR e também na P1. Essa última propriedade intensificou suas ações de manejo do HLB, realizando mais pulverizações com inseticidas em 2013 do que em 2012. Por outro lado, a menor captura de adultos na PR muito provavelmente ocorreu em razão da eliminação das plantas cítricas presentes na P2, em agosto de 2013, motivada pelos resultados obtidos no presente estudo.

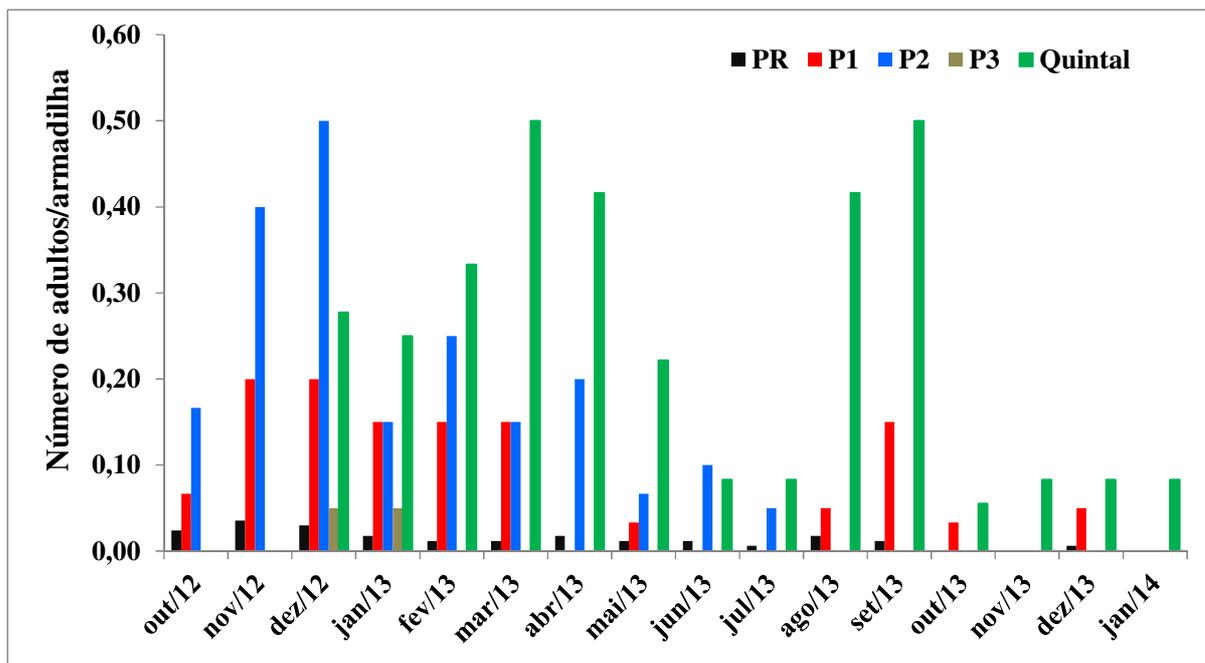


Figura 10. Número médio de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas nas propriedades avaliadas na região.

Do total de adultos capturados em armadilhas adesivas amarelas, 29,5% deles foram detectados em armadilhas presentes na P2, 26,7% no Quintal e 16,4% em P1 (Figura 11). As armadilhas colocadas na PR ficaram dispostas em nove talhões dessa propriedade, os quais apresentaram capturas diferentes no período. Os três talhões no lado leste da PR (talhões 25, 31 e 32), próximos de P2 e Quintal, capturaram entre 4,1% e 6,2% dos insetos. Os talhões 4, 5, 31 e 32, localizados no lado oeste, nas divisas de PR com P1 e P3 capturaram entre zero e 3,4% dos adultos. Por último, os talhões 23 e 24, localizados no norte da PR, mais próximos da propriedade PE na qual as plantas cítricas foram eliminadas em 2010, apresentaram apenas

zero e 0,7% do total de adultos capturados. Na Figura 11 também estão apresentados os pontos com armadilhas adesivas nos quais foram capturados adultos do inseto vetor. Observa-se que essas capturas foram mais frequentes nas armadilhas da PR localizadas mais próximas da divisa com as propriedades vizinhas.

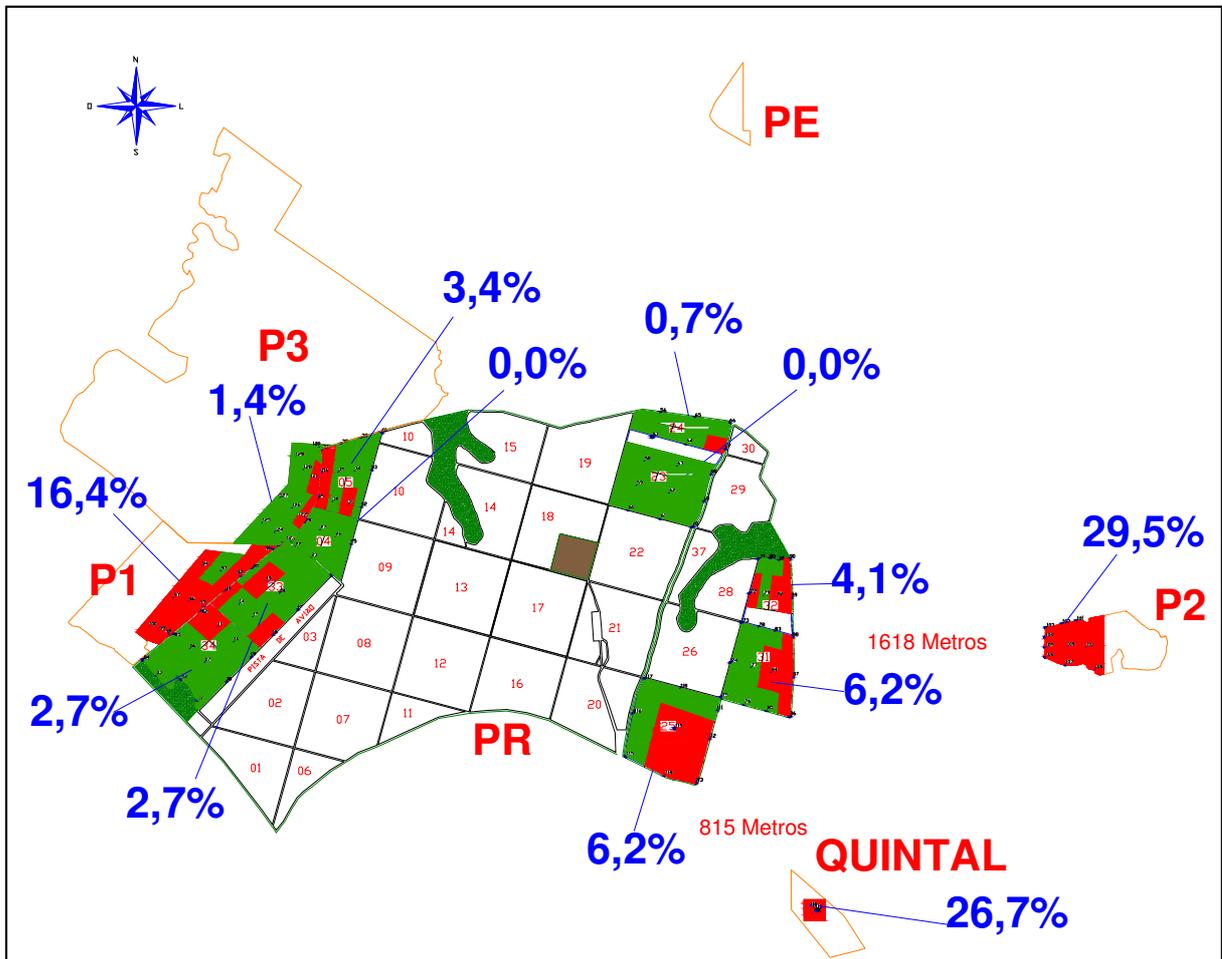


Figura 11. Porcentagem de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas dispostas na região em estudo. As áreas em verde ou vermelho indicam pontos com armadilhas amarelas e as áreas em vermelho indicam pontos com armadilhas nas quais foram capturados adultos entre outubro de 2012 e janeiro de 2014.

Na Figura 12 estão apresentados os totais de adultos capturados nos talhões 25, 31 e 32 da PR e também nas propriedades P2 e Quintal. Essas capturas ocorreram entre outubro de 2012 e janeiro de 2014. Foram capturados 9, 9 e 6 adultos nos talhões 25, 31 e 32, respectivamente, na PR e 43 e 39 adultos nas propriedades P2 e Quintal, respectivamente. De modo semelhante, na Figura 13 estão apresentados os totais de adultos capturados nos talhões 4, 5, 33 e 34 da PR e nas propriedades P1 e P3. Apenas 13 adultos foram capturados nesse lado oeste da PR, quatro adultos em cada um dos talhões 33 e 34 e cinco adultos no talhão 5. Em P1 foram capturados 24 adultos e na P3 apenas dois.

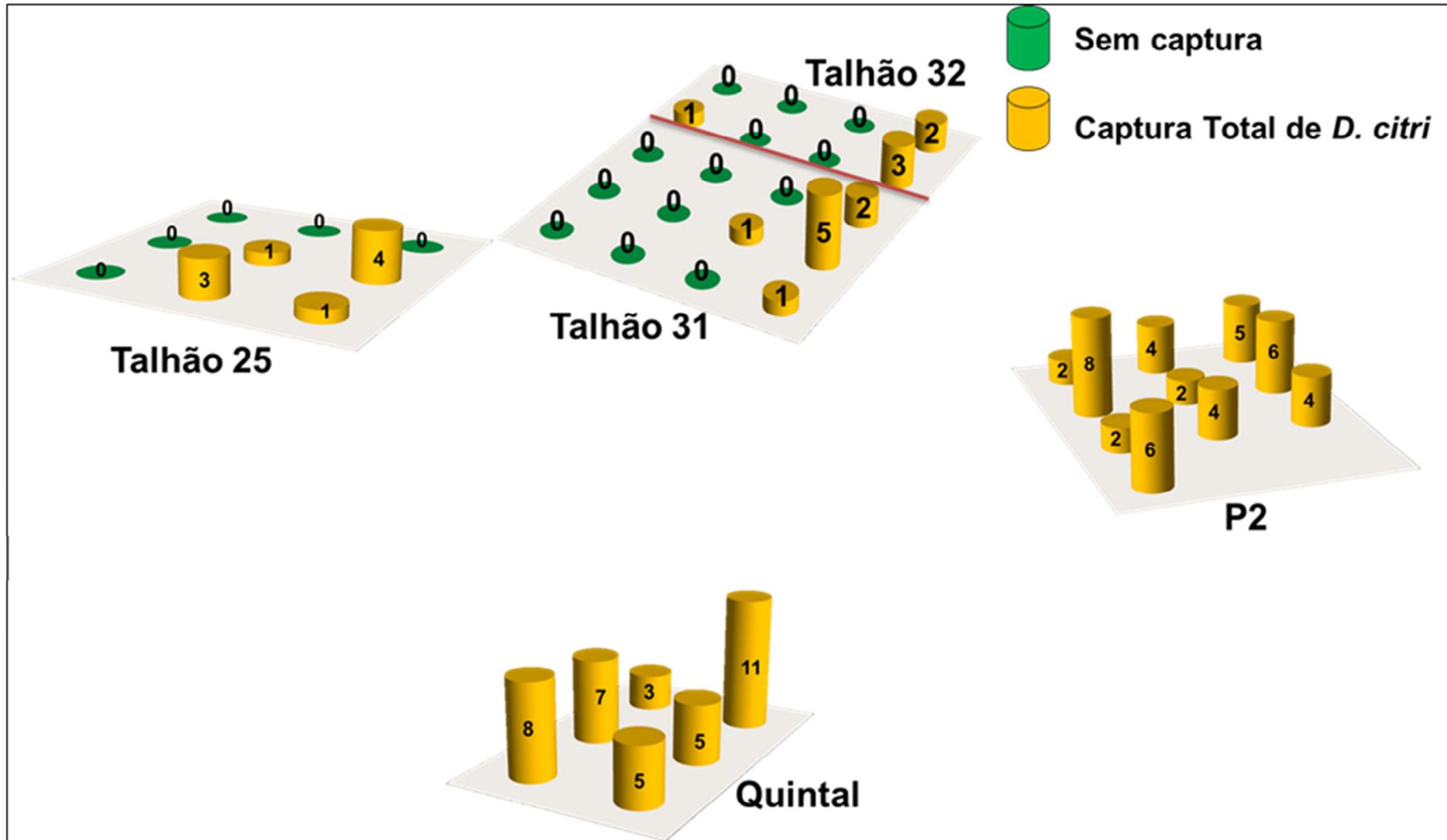


Figura 12. Totais de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 25, 31 e 32 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P2 e Quintal.

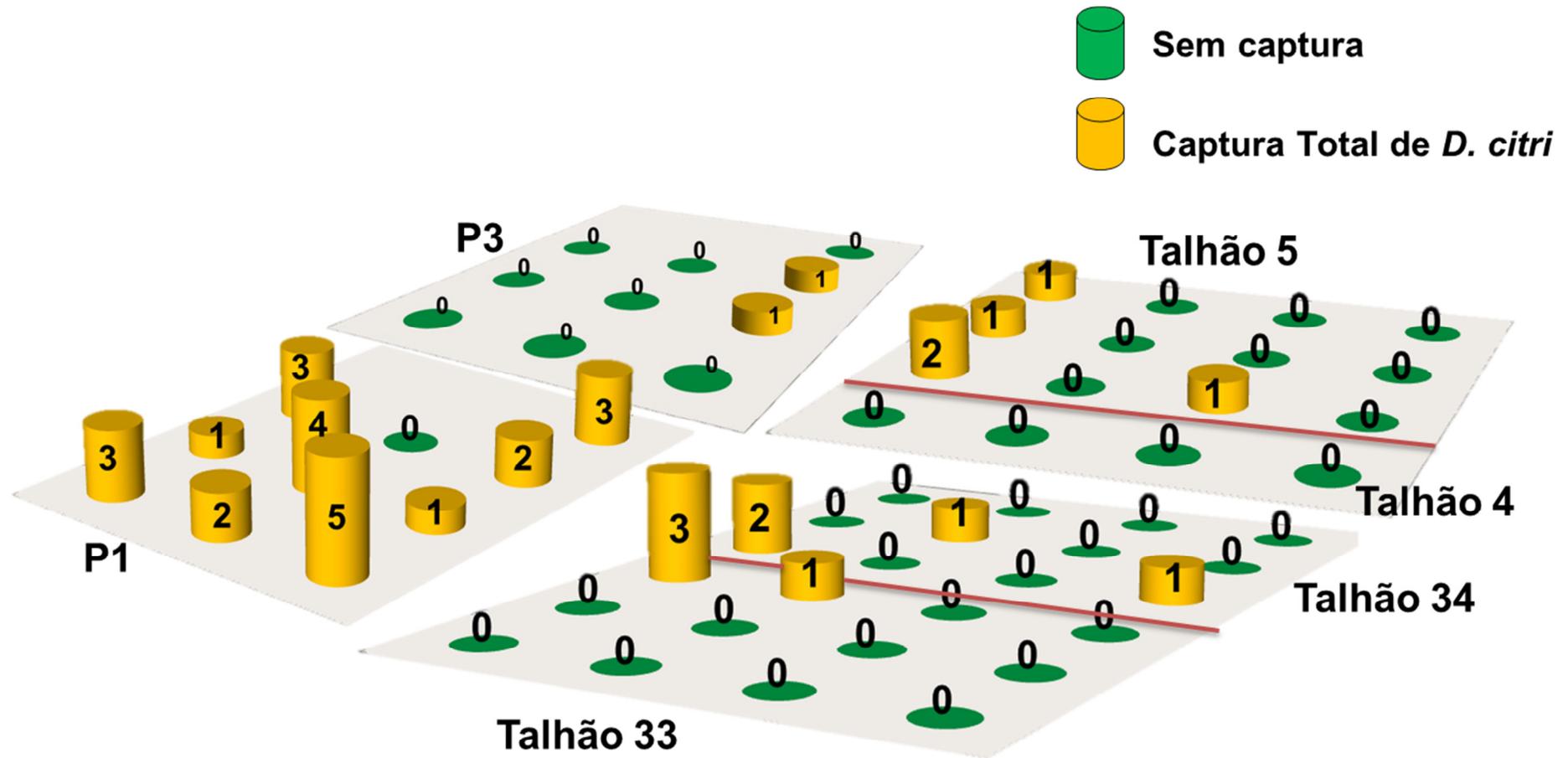


Figura 13. Totais de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 4, 5, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P3.

Nas Figuras 14 e 15 estão apresentados os totais de adultos de *D. citri* capturados em armadilhas e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp. nos talhões da PR e nas propriedades P1, P2, P3 e Quintal. Não foram detectados adultos PCR+ no talhão 25, enquanto 4, 2, 8 e 4 adultos PCR+ foram detectados nos talhões 31 e 32 da PR e nas propriedades P2 e Quintal, respectivamente (Figura 14). Esses números resultam em 44,4%, 33,3%, 10,3% e 18,6% as proporções de adultos PCR+ nos talhões 31, 32 da PR e nas propriedades P2 e Quintal. No entanto, apenas um adulto foi detectado como PCR+ no talhão 34 (25%) e quatro adultos como PCR+ em P1 (16,7%) (Figura 15). Não foram detectados adultos PCR+ nos talhões 4, 5, 33 na PR e também na propriedade P3. Embora as armadilhas amarelas presentes nos talhões da PR tenham capturado menos insetos que as armadilhas presentes nas propriedades P1, P2 e Quintal, as proporções de adultos PCR+ foram maiores nas capturas dentro da PR. Em razão do maior rigor no manejo do HLB adotado na PR, as fontes de inóculo, representadas por plantas com HLB e insetos com *Ca. Liberibacter* spp., supõe-se menos frequentes dentro da PR do que nas áreas circunvizinhas P1, P2 e Quintal. No entanto, as populações de *D. citri* dessas propriedades podem ter migrado para plantas e propriedades da região. Quando a comparação das capturas de adultos PCR+ da PR com as áreas vizinhas é feita em relação ao total de insetos PCR+, verifica-se mais insetos PCR+ nessas áreas mantidas com inóculo da doença. Nesse sentido, enquanto apenas seis adultos foram detectados como PCR+ nos talhões 25, 31 e 32 da PR, doze adultos PCR+ foram detectados em P2 e Quintal. No lado Oeste da PR, enquanto apenas um adulto foi detectado como PCR+ nos talhões 4, 5, 33 e 34, quatro o foram dentre os adultos detectados em P1. Ainda em relação aos resultados apresentados nas Figuras 13 a 16, ressalta-se a maior captura dos adultos nas armadilhas dispostas mais próximas das divisas da PR.

Não foram capturados adultos em armadilhas adesivas da P3 detectados como PCR+ e essas capturas foram mais frequentes, e as proporções de adultos PCR+ maiores, para P2 e Quintal (Figura 16). A média de adultos PCR+/armadilha foi seis vezes maior em P1 que na PR. A presença bastante frequente de plantas sintomáticas, pela não erradicação das mesmas, na P1 e o menor rigor no controle do vetor nessa propriedade, explicam a maior proporção de adultos PCR+ em P1 em comparação com PR, apesar da proximidade de talhões da PR com áreas com fontes de inóculo como P2 e Quintal. Como mencionado anteriormente, 27% do total de adultos capturados em armadilhas adesivas foram detectados como PCR+. Dos nove talhões da PR com armadilhas adesivas, em apenas três deles foram capturados adultos PCR+, com proporções de 4,3%, 8,7% e 17,4% de insetos PCR+ (Figura 17). Esses talhões fazem divisa com P1 e P2 e os talhões mais próximos dessa última propriedade foram os com as

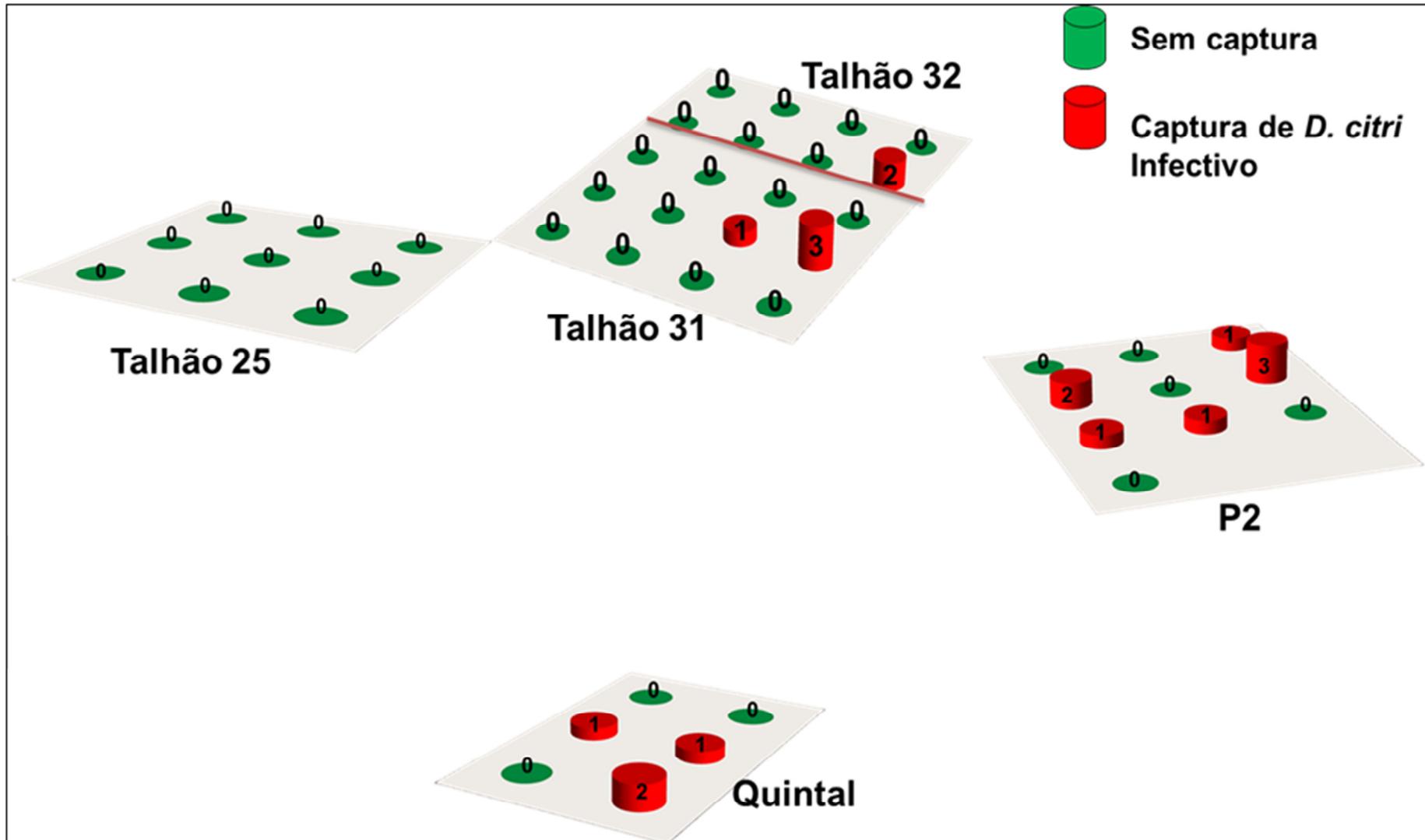


Figura 14. Totais de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 25, 31 e 32 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P2 e Quintal e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp.

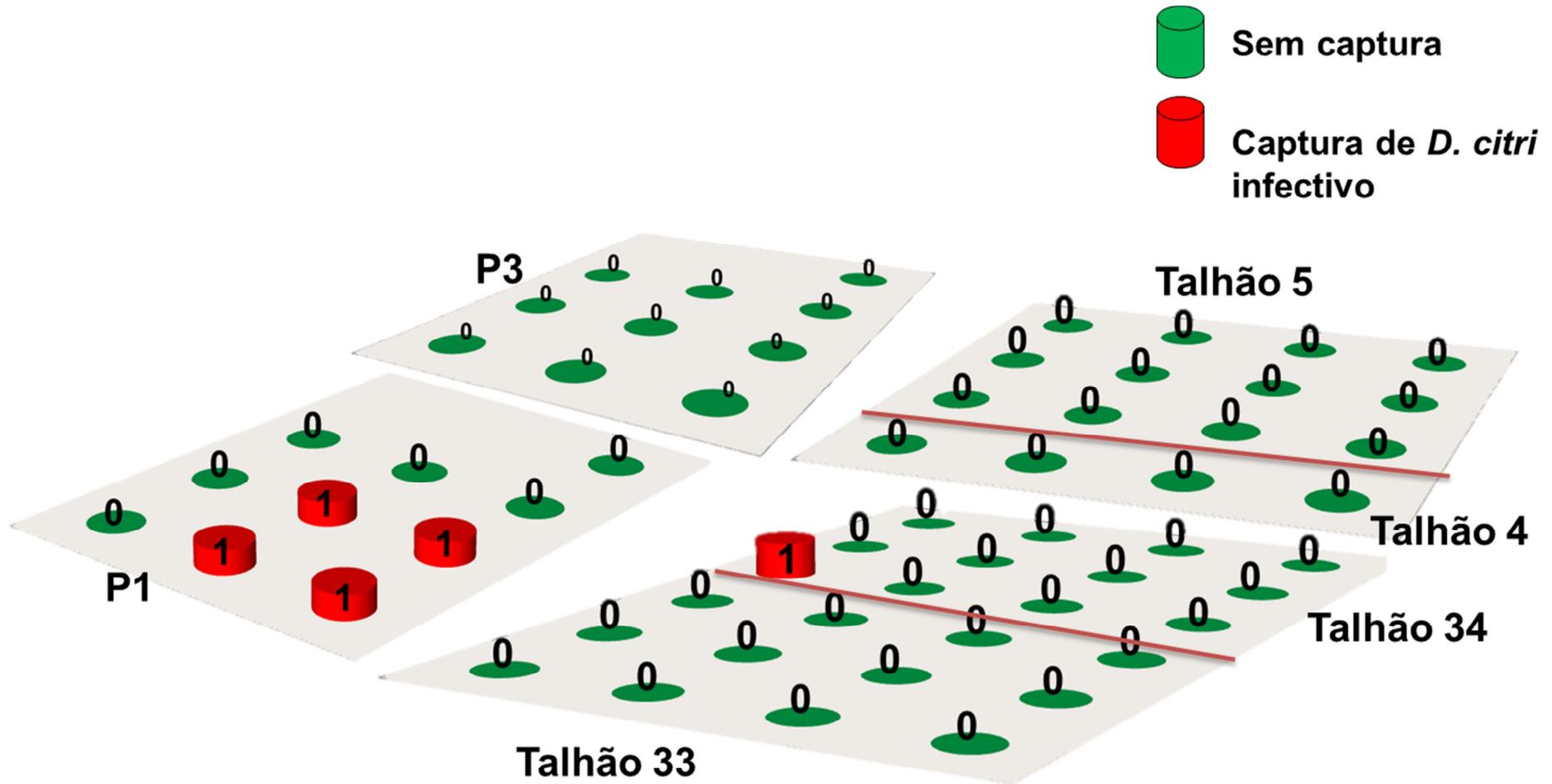


Figura 15. Totais de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas distribuídas nos talhões 4, 5, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P3 e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp.

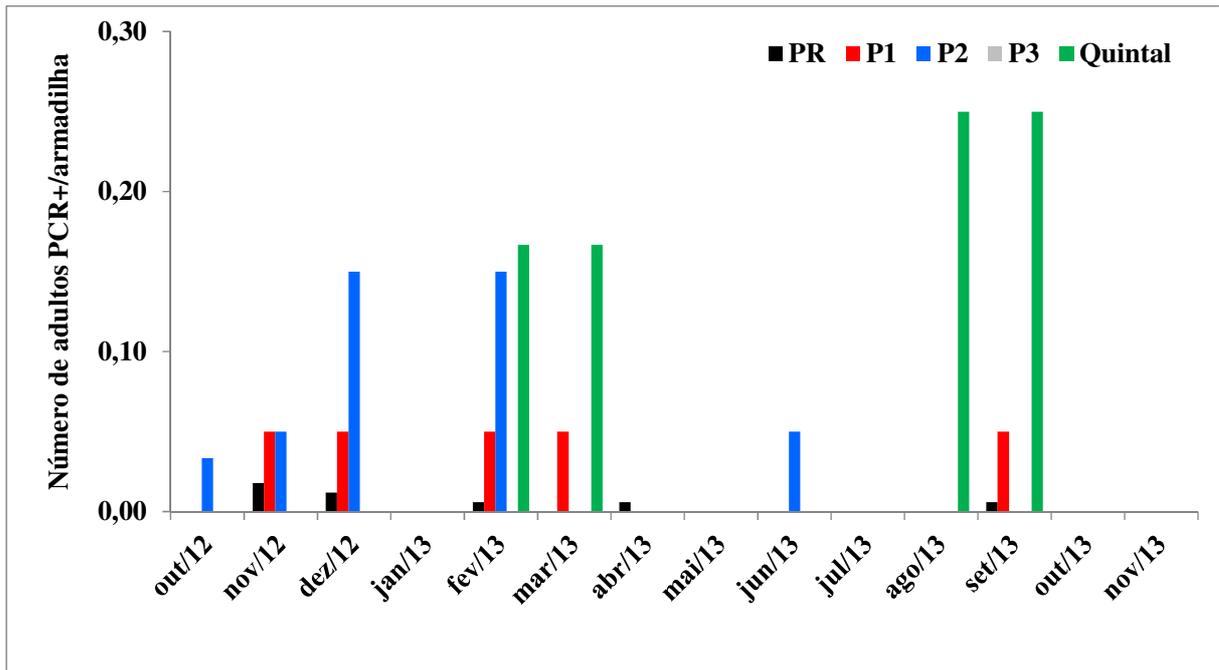


Figura 16. Número médio de adultos de *Diaphorina citri* PCR+ capturados em armadilhas adesivas amarelas nas propriedades avaliadas na região.

maiores proporções de adultos PCR+ (8,7% e 17,4%). As propriedades P1, P2 e Quintal apresentaram 17,4%, 34,8% e 17,4% de adultos PCR+ em relação ao total de adultos capturados na região. Observa-se também na Figura 13 que esses adultos PCR+ foram capturados em armadilhas adesivas dispostas nas divisas entre talhões e propriedades. Esses resultados demonstram que as propriedades P1, P2 e Quintal possuem plantas e populações de insetos vetores que atuam como fonte de inóculo de HLB. A presença dessas fontes de inóculo externamente à PR resultou na captura de insetos, população total e PCR+, em maiores proporções nos talhões da PR mais próximos a essas fontes de inóculo. As menores proporções do total de indivíduos e também de adultos PCR+ na PR, em comparação com seus vizinhos P1 e P2, e a ocorrência de adultos PCR+ em apenas três talhões, demonstram que as práticas de manejo do HLB resultam em menores populações do vetor, mas não impedem a migração de *D. citri* entre áreas numa mesma região.

As capturas de adultos de *D. citri* em armadilhas adesivas distribuídas em talhões da PR também estão apresentadas na Figura 18. Não foram capturados insetos nos talhões 4 e 24 e no talhão 23 ocorreu apenas uma captura. Adultos de *D. citri* foram capturados em maiores quantidades nos talhões 25, 31 e 32, coincidindo com as fontes de inóculo presentes nas P2 e Quintal. No entanto, adultos PCR+ foram detectados mais frequentemente e em maiores proporções nos talhões 31 e 32, demonstrando que P2 foi mais efetiva como fonte inóculo para a infecção de plantas na região que as demais áreas avaliadas.

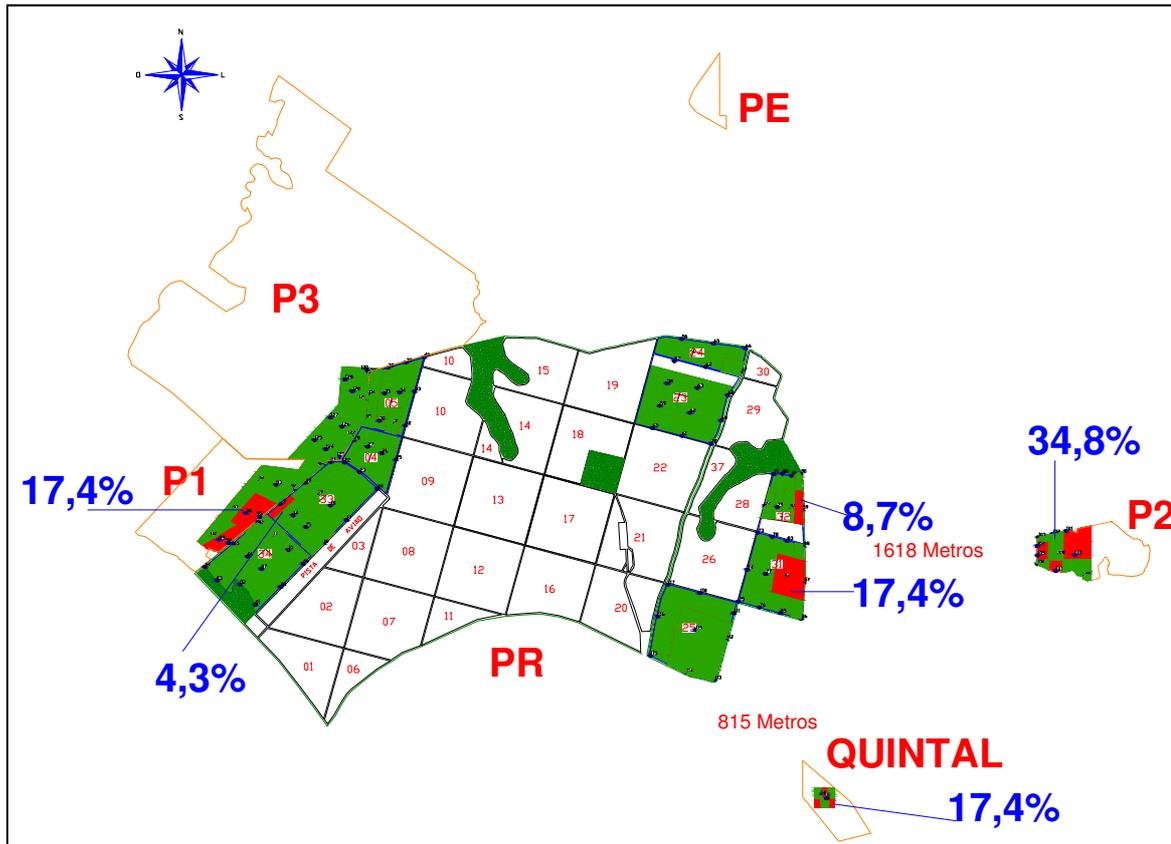


Figura 17. Porcentagem de adultos de *Diaphorina citri* capturados em armadilhas adesivas amarelas e detectados como PCR+ para *Ca. Liberibacter* spp. na região em estudo. As áreas em verde ou vermelho indicam pontos com armadilhas amarelas e as áreas em vermelho indicam pontos com armadilhas nas quais foram capturados adultos PCR+ entre outubro de 2012 e novembro de 2013.

Como todos os pontos com armadilhas adesivas amarelas foram georeferenciados, foi possível determinar as distâncias em que ocorreram as maiores capturas de adultos e também as distâncias máximas em que essas capturas ocorreram dentro da PR, no período de outubro de 2012 a janeiro de 2014 (Figuras 19 a 21). As propriedades P2 e Quintal apresentaram as maiores médias de adultos/armadilha dentre todas as propriedades e talhões avaliados. Nos talhões avaliados dentro da PR, maiores médias de adultos/armadilha ocorreram nas armadilhas mais próximas das divisas dessa propriedade, principalmente nos talhões 31 a 34 (Figura 19). Nas propriedades vizinhas da PR, em plantas não pulverizadas com inseticidas (P2 e Quintal) e não frequentemente pulverizadas (P1), a captura de adultos apresentou-se mais uniforme dentre as armadilhas distribuídas nessas propriedades. Por outro lado, dentre as armadilhas distribuídas na PR, a captura de adultos foi verificada no máximo a 414 metros da divisa da PR e médias maiores e capturas mais frequentes nos primeiros 300 metros a partir da divisa da PR com as propriedades vizinhas.

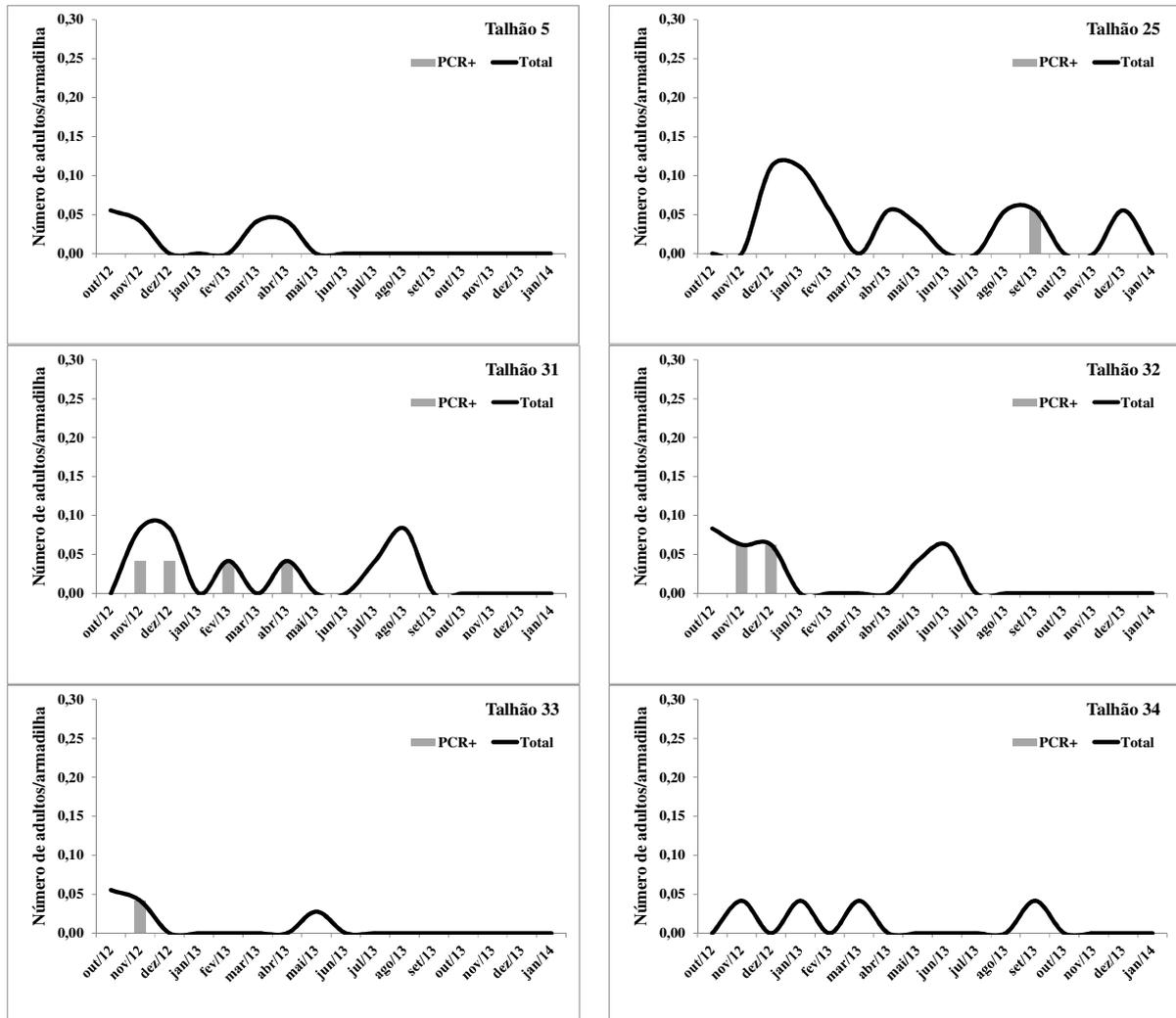


Figura 18. Número médio de adultos de *Diaphorina citri* (total e PCR+) capturados em armadilhas adesivas amarelas nos talhões 5, 25, 31, 32, 33 e 34 na Propriedade Referência (PR).

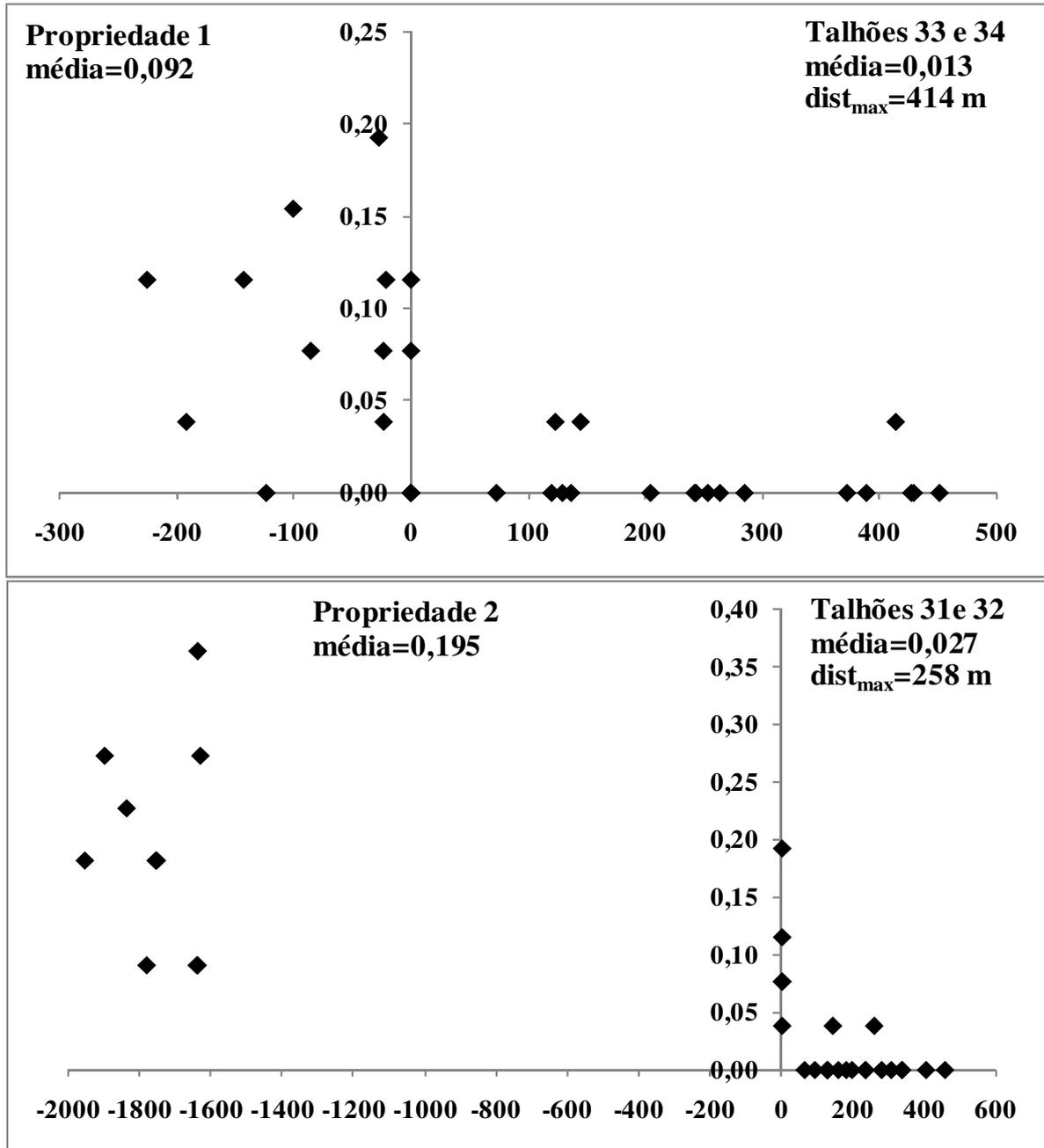


Figura 19. Captura de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas amarelas adesivas distribuídas em talhões 31, 32, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P2. O eixo x representa as distâncias (metros) da divisa entre as propriedades ($x=0$) para dentro da Propriedade Referência (valor positivos) e para dentro da propriedade vizinha (valores negativos). O eixo y representa a média de adultos/armadilha. Também são indicadas as médias, considerando todas as armadilhas, de insetos capturados em cada propriedade e, para a Propriedade Referência, a distância máxima a partir da divisa na qual foram capturados insetos.

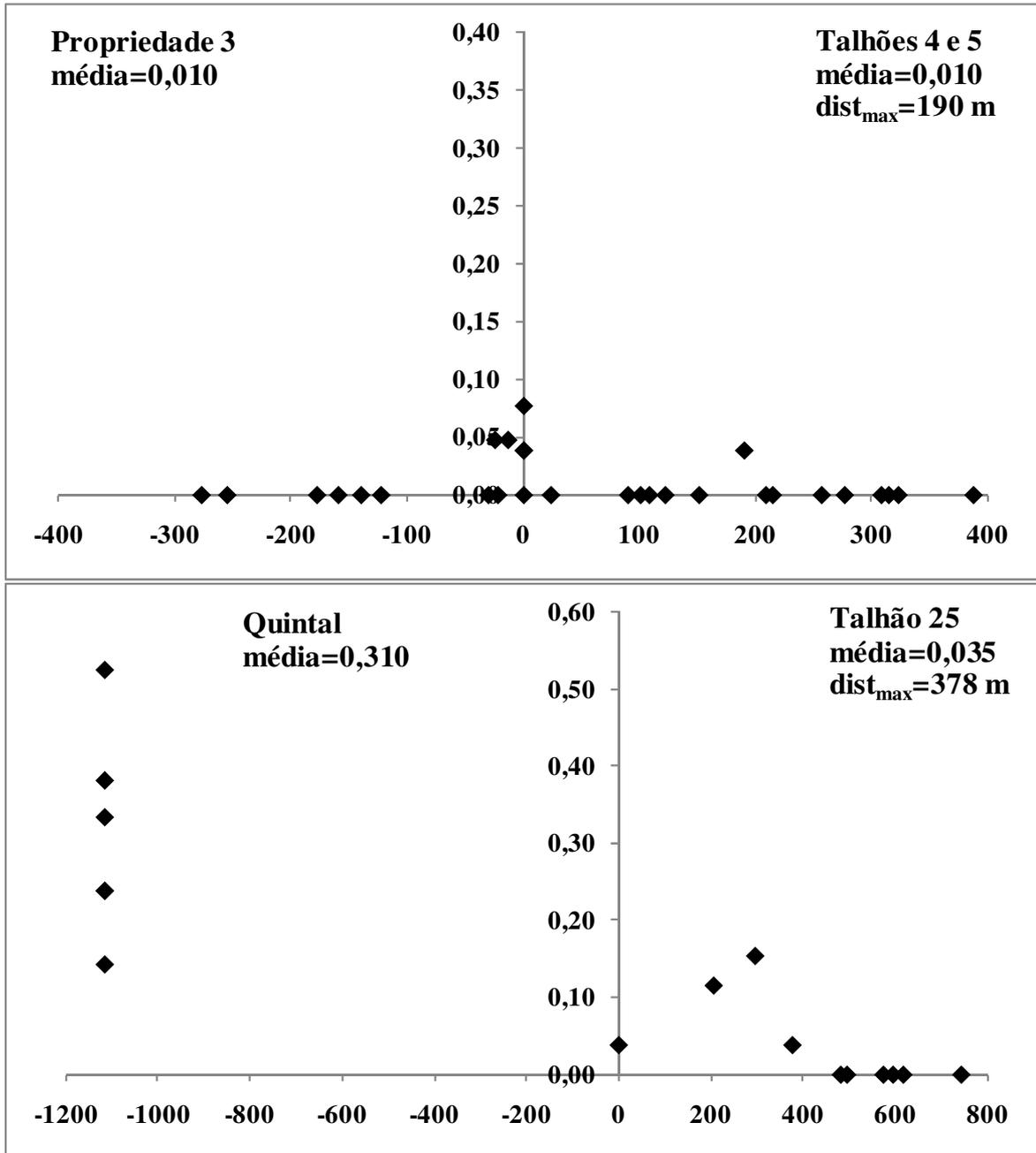


Figura 20. Captura de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas amarelas adesivas distribuídas em talhões 4, 5 e 25 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P3 e Quintal. O eixo x representa as distâncias (metros) da divisa entre as propriedades ($x=0$) para dentro da Propriedade Referência (valor positivos) e para dentro da propriedade vizinha (valores negativos). O eixo y representa a média de adultos/armadilha. Também são indicadas as médias, considerando todas as armadilhas, de insetos capturados em cada propriedade e, para a Propriedade Referência, a distância máxima a partir da divisa na qual foram capturados insetos.

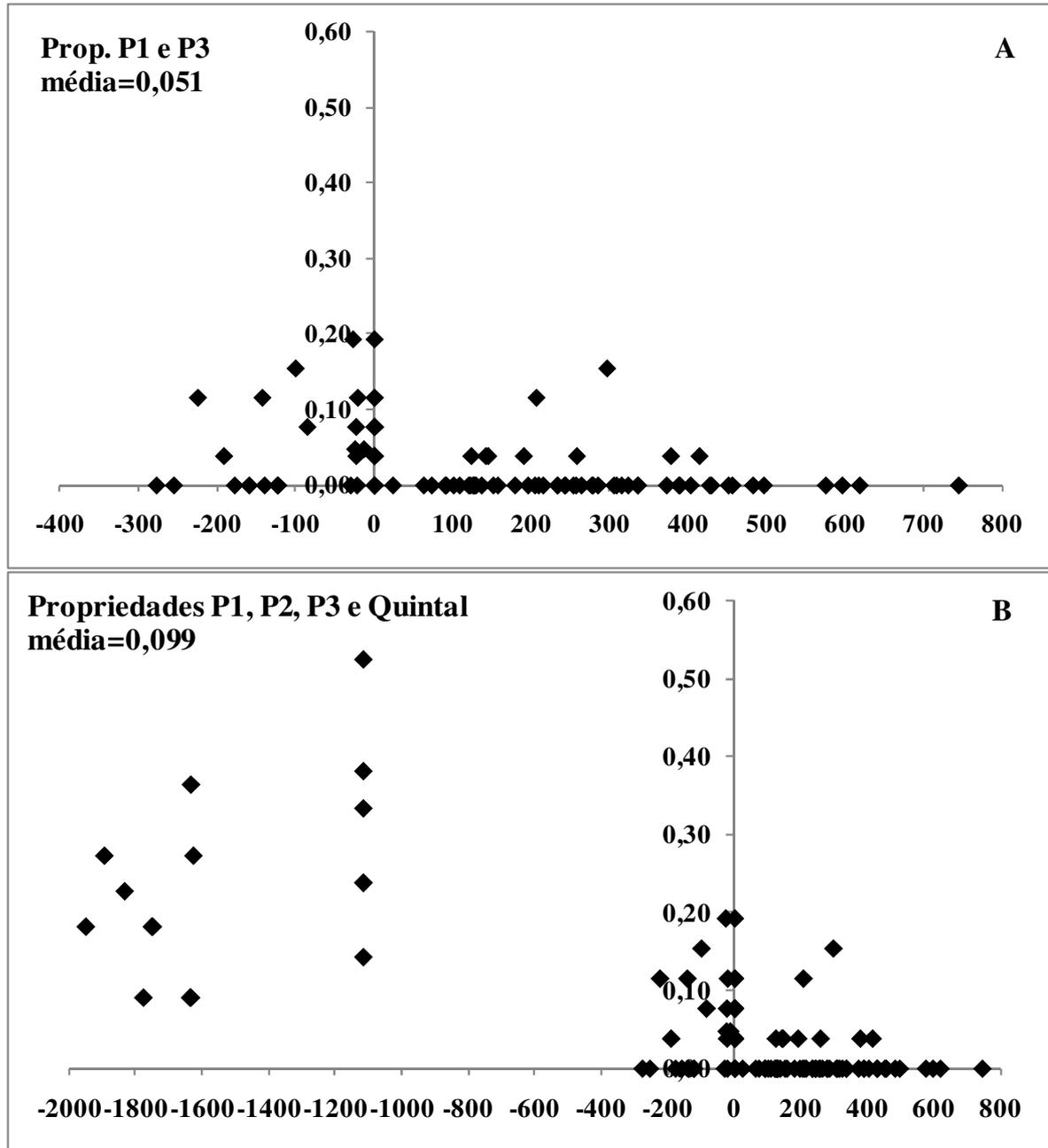


Figura 21. Captura de adultos de *Diaphorina citri* em armadilhas amarelas adesivas distribuídas nos talhões 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34 da Propriedade Referência (PR) e nas propriedades vizinhas P1 e P3 (A) e considerando todas áreas vizinhas (propriedades P1, P2, P3 e Quintal) (B). O eixo x representa as distâncias (metros) da divisa entre as propriedades ($x=0$) para dentro da Propriedade Referência (valor positivos) e para dentro da propriedade vizinha (valores negativos). O eixo y representa a média de adultos/armadilha. Também são indicadas as médias, considerando todas as armadilhas, de insetos capturados nas propriedades vizinhas. A média de adultos capturados na Propriedade Referência foi 0,013, considerando os talhões 4, 5, 25, 31, 32, 33 e 34, e a distância máxima foi de 414 m.

4.3. Dinâmicas temporal e espacial do HLB na Propriedade Referência

As plantas cítricas da PR foram plantadas em 2007, com exceção das plantas dos talhões 33 e 34 plantadas em 2010. A proporção anual de plantas detectadas e eliminadas com HLB de 2007 a outubro de 2013 foi utilizada para o ajuste dos modelos logístico, monomolecular e de Gompertz para cada talhão (exceção dos talhões 33 e 34) e também considerando toda a propriedade. Para a maior parte dos talhões o modelo que melhor se ajustou aos dados foi o de Gompertz (Tabela 7). Dos 32 talhões analisados quanto ao progresso de plantas com HLB na PR, em 21 deles a primeira detecção de plantas com sintomas da doença foi em 2007 e para os demais talhões em 2008 (Tabela 8). A incidência acumulada de plantas com HLB de 2007 ou 2008 até outubro de 2013 variou de 4,19% (talhão 9) a 21,38% (talhão 32).

As taxas médias de progresso de plantas com HLB, determinadas pelo ajuste do modelo de Gompertz, variou de 0,15 (talhão 1) a 0,28 (talhão 32). Os valores para a AUDPC* variaram de 1,12 (talhão 8) a 6,51 (talhão 32) e as perdas máximas de plantas com HLB ocorridas em apenas um ano variaram de 1,52% (talhão 12) a 7,86% (talhão 30). Dentre os 32 talhões avaliados, 21 deles apresentaram as maiores perdas de plantas em 2013, demonstrando que apesar dos esforços adotados no manejo do HLB, na maior parte dos talhões a perda de plantas foi maior em 2013 do que nos anos anteriores. Considerando a propriedade como um todo, a incidência acumulada de plantas com HLB atingiu 7,86%, a taxa média r_G foi de 0,19, a AUDPC* de 2,08 e apenas em 2013 foram perdidas 3,21% das plantas da propriedade (41% do total de plantas de todo o período). O progresso de plantas com HLB nos talhões da PR nos quais foram distribuídas armadilhas amarelas e a população de *D. citri* foi avaliada está apresentado nas Figuras 22 e 23. Os talhões 4, 5 e 23, menos influenciados por fontes de inóculo externas à PR, apresentaram incidências de plantas com HLB inferiores a 9% e taxas de progresso r_G entre 0,16 e 0,20, enquanto os talhões 24, 25, 31 e 32, mais próximos de fontes de inóculo externas, perderam mais de 11% de suas plantas e apresentaram taxas r_G entre 0,22 e 0,28. Neves (2013) utilizou uma taxa média de progresso de plantas com HLB de 0,25 para nove propriedades de tamanhos variando de 193 a 1.951 ha e idades de 0 a 20 anos com intenso controle do vetor, valor esse superior à taxa média observada para a PR no presente estudo (0,19). Nesse mesmo trabalho, Neves (2013) utilizou taxas de progresso variando com a idade para pomares sem controle do vetor, indo de 1,30 para pomares mais novos a 0,45 para árvores mais velhas. Considerando a idade de oito anos das plantas da PR, essa mesma autora considerou uma taxa de 0,45 para pomares sem controle do vetor, valor

esse muito superior aos observados para PR e indicando o efeito positivo do manejo rigoroso de HLB na redução do progresso de plantas doentes.

Tabela 7. Parâmetros utilizados na escolha dos modelos logístico, monomolecular e de Gompertz como o mais adequado quanto ao ajuste à proporção de plantas com HLB nos talhões 1 a 32 e de toda a Propriedade Referência (PR).

Talhão	Logístico		Monomolecular		Gompertz	
	R ² *	Resíduos	R ² *	resíduos	R ² *	Resíduos
1	0,999	+ ^a	0,738	-	0,980	+/-
2	0,981	+	0,738	-	0,996	+/-
3	0,993	+/-	0,764	-	0,988	+
4	0,952	+/-	0,912	-	0,994	+
5	0,967	+/-	0,891	-	0,996	+
6	0,980	+/-	0,778	-	0,988	+/-
7	0,969	+	0,848	-	0,987	+
8	0,947	+/-	0,862	-	0,991	+
9	0,915	+/-	0,829	-	0,981	+
10	0,978	+	0,782	-	0,991	+
11	0,948	+/-	0,835	-	0,997	+
12	0,933	+/-	0,864	-	0,988	+
13	0,908	+/-	0,819	-	0,986	+
14	0,947	+/-	0,766	-	0,967	+/-
15	0,985	+/-	0,849	-	0,999	+
16	0,992	+/-	0,855	-	0,996	+
17	0,970	+/-	0,819	-	0,989	+
18	0,990	+/-	0,799	-	0,996	+
19	0,889	+/-	0,857	-	0,977	+
20	0,991	+/-	0,754	-	0,984	+
21	0,988	+	0,800	-	0,986	+/-
22	0,972	+/-	0,795	-	0,998	+
23	0,973	+/-	0,780	-	0,999	+
24	0,943	+/-	0,844	-	0,986	+
25	0,959	+/-	0,812	-	0,977	+
26	0,989	+	0,759	-	0,958	+/-
27	0,981	+	0,755	-	0,951	+/-
28	0,959	+/-	0,756	-	0,991	+
29	0,984	+	0,796	-	0,955	+/-
30	0,954	+/-	0,848	-	0,979	+
31	0,930	+/-	0,890	-	0,994	+
32	0,918	+/-	0,854	-	0,993	+
PR	0,971	+/-	0,811	-	0,999	+

^a a distribuição dos resíduos entre a proporção real de plantas com HLB e a proporção estimada por cada modelo foi comparada para cada talhão, e também para a Propriedade Referência (PR), entre os modelos tendo-se considerado a distribuição mais adequada como “+” e a distribuição menos adequada como “-”.

Tabela 8. Ano da primeira detecção de plantas com HLB, incidência acumulada de plantas, taxa média de progresso (modelo de Gompertz, r_G), área abaixo da curva da incidência acumulada de plantas com HLB padronizada pelo tempo (AUDPC*) e incidência máxima anual (e ano de ocorrência) referentes aos talhões e toda a Propriedade Referência (PR).

Talhão	1 ^a detecção HLB	Incidência acumulada plantas (%)	Taxa de progresso (r_G)	AUDPC*	Incidência máxima de HLB e ano de ocorrência	
					y_{max} (%)	Ano
1	2007	5,75	0,15	1,32	2,97	2013
2	2007	6,73	0,19	1,48	3,24	2013
3	2007	8,24	0,19	1,96	4,33	2013
4	2008	8,24	0,20	2,87	2,93	2013
5	2008	4,46	0,16	1,50	1,57	2013
6	2007	13,92	0,20	3,66	5,15	2013
7	2008	6,72	0,18	2,15	2,77	2012
8	2007	3,83	0,16	1,12	1,56	2013
9	2007	4,19	0,18	1,19	1,79	2012
10	2007	7,33	0,18	1,87	2,82	2012
11	2007	13,58	0,23	3,85	4,60	2013
12	2007	4,47	0,16	1,34	1,52	2013
13	2007	6,97	0,21	1,90	2,78	2012
14	2007	7,35	0,17	1,96	3,84	2012
15	2008	9,65	0,21	2,91	4,14	2013
16	2008	7,89	0,18	2,45	3,64	2013
17	2008	5,53	0,18	1,59	2,29	2012
18	2007	6,37	0,16	1,67	2,67	2013
19	2007	5,57	0,19	1,69	2,21	2012
20	2007	10,97	0,20	2,53	5,96	2013
21	2008	8,97	0,19	2,53	3,93	2013
22	2007	4,82	0,18	1,21	2,26	2013
23	2007	6,43	0,19	1,58	2,93	2013
24	2008	15,52	0,26	4,86	6,78	2012
25	2007	11,29	0,22	3,04	5,97	2013
26	2007	6,79	0,15	1,72	3,87	2013
27	2008	10,01	0,18	2,76	6,00	2013
28	2007	11,32	0,23	2,71	4,66	2012
29	2008	9,22	0,17	2,70	5,35	2013
30	2008	16,87	0,24	5,66	7,86	2012
31	2007	13,82	0,22	4,48	4,59	2013
32	2007	21,38	0,28	6,51	7,45	2012
PR	2007	7,86	0,19	2,08	3,21	2013

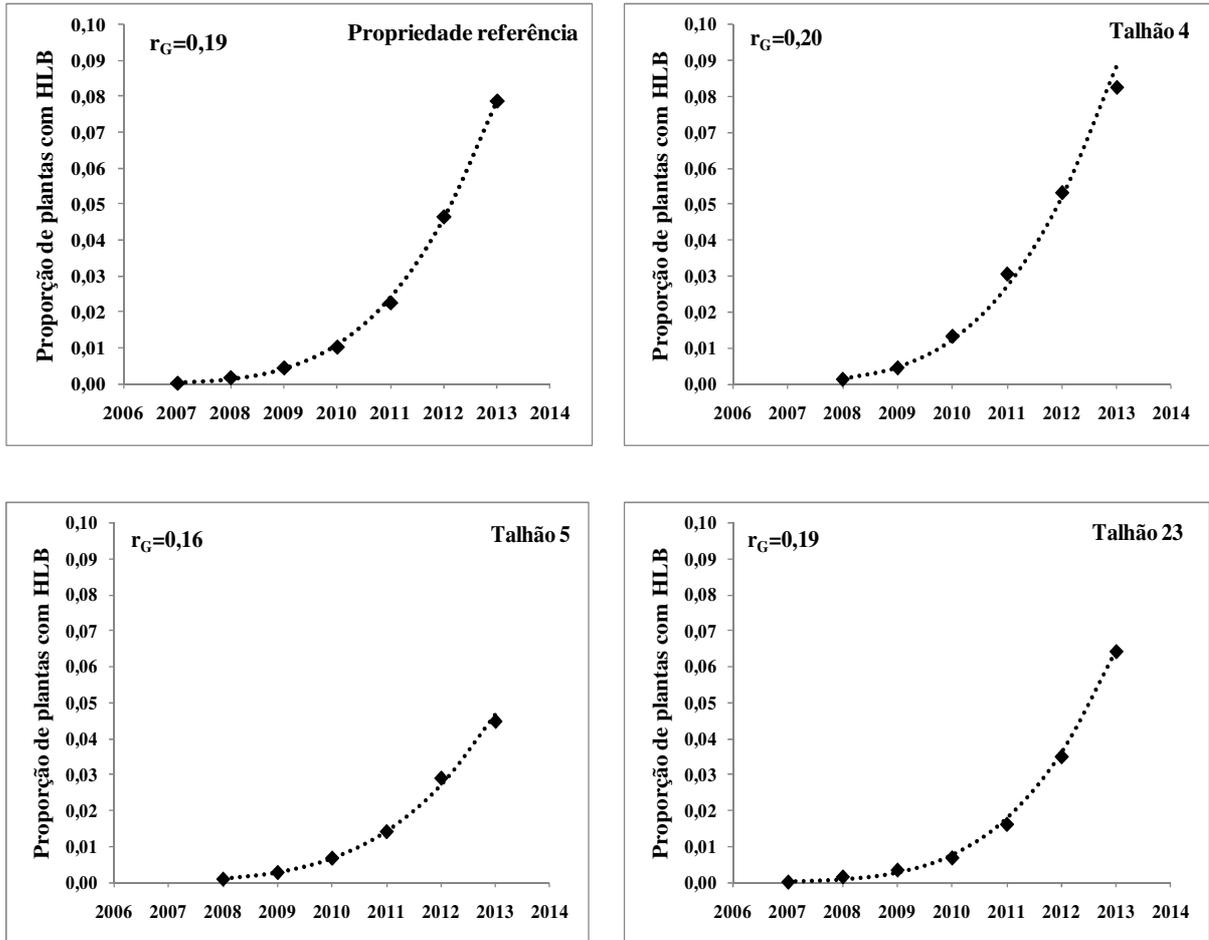


Figura 22. Progresso temporal de plantas com HLB detectadas na Propriedade Referência (PR) e nos talhões 4, 5 e 23. Os pontos indicam os dados reais e as linhas pontilhadas os dados estimados pelo modelo de Gompertz (r_G indica a taxa de progresso).

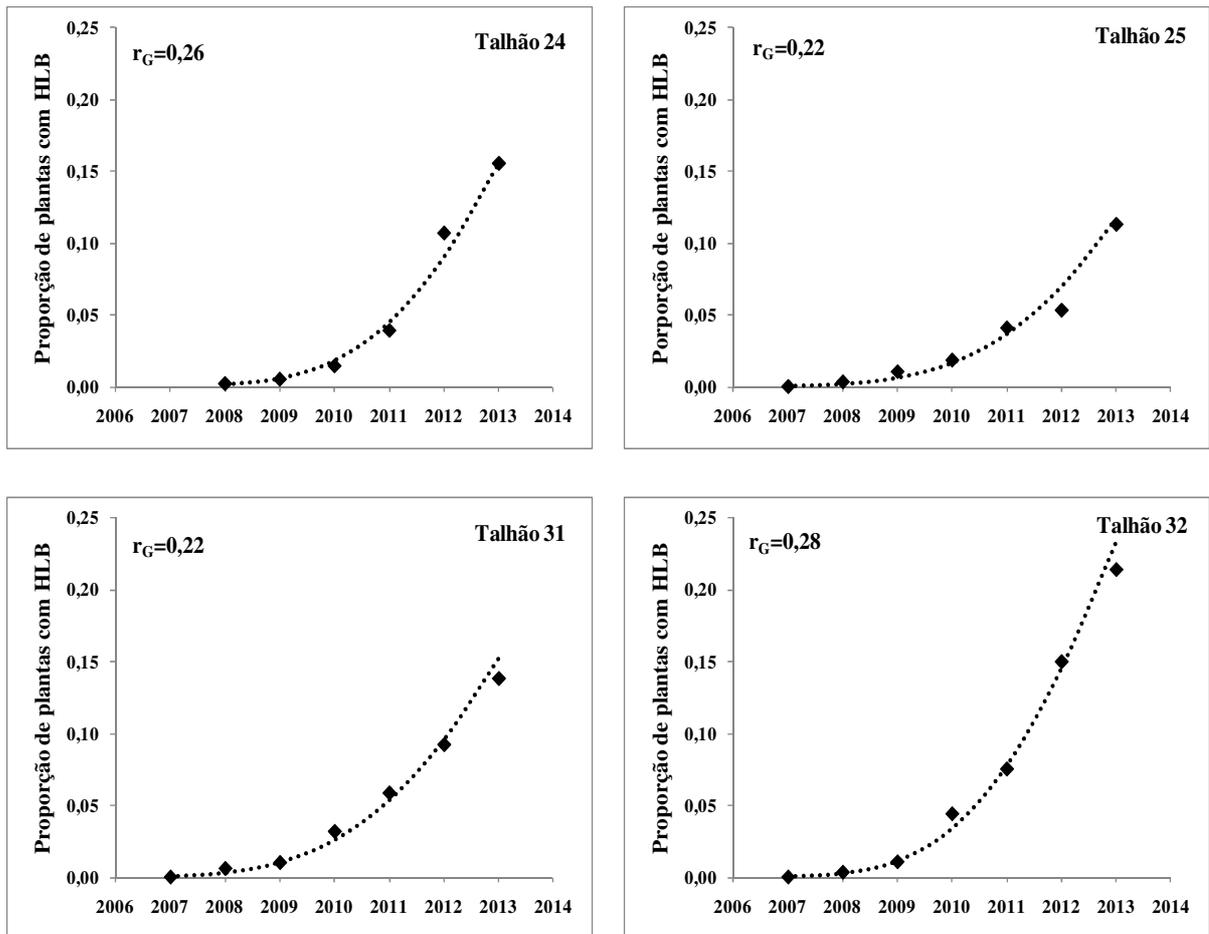


Figura 23. Progresso temporal de plantas com HLB detectadas nos talhões 24, 25, 31 e 32. Os pontos indicam os dados reais e as linhas pontilhadas os dados estimados pelo modelo de Gompertz (r_G indica a taxa de progresso).

O talhão 24 da PR esteve sobre a influência da PE até o ano de 2010 (Figura 6), tendo apresentado incidência acumulada de 15,5%, $r_G=0,26$ e $AUDPC^*=4,86$. No entanto, sua máxima perda anual de plantas ocorreu em 2012 e não em 2013 como na maioria dos talhões, (Tabela 8). Isso sugere que em 2010, quando as plantas da PE foram eliminadas, a fonte de inóculo externa foi reduzida, passando a influenciar a PR em menor magnitude, principalmente o talhão 24. Durante os dois anos subsequentes à eliminação das plantas da PE, o talhão 24 continuou a apresentar elevado número de plantas sintomáticas, com máximo em 2012. Entre outubro de 2012 e janeiro de 2014 não foram detectados adultos de *D. citri* nas armadilhas amarelas distribuídas nesse talhão. Provavelmente, logo após a eliminação das plantas cítricas da PE, em 2010, a presença do inseto vetor tenha se reduzido no talhão 24, mas não ainda o aparecimento de plantas com sintomas, isso decorrente do período de incubação e mais o período de tempo para detecção das plantas pelos inspetores. Essa situação

ilustra a importância de fontes externas de inóculo para áreas que adotam o manejo do HLB e a necessidade de eliminá-las.

Os talhões da PR apresentaram valores diferentes quanto às incidências acumuladas de plantas com HLB, taxa de progresso, AUDPC* e perda máxima anual de plantas, tendo isso ocorrido principalmente em função da posição geográfica do talhão (na divisa ou no centro da fazenda) e a influência externa de fontes de inóculo. Os dados apresentados na Tabela 8 foram utilizados para confecção de gráficos em superfície, os quais permitem relacionar as maiores incidências de HLB com as fontes de inóculo externas à PR (Figuras 24 a 27). Alguns dos talhões localizados nas bordas da PR apresentaram maiores perdas de plantas, taxa de progresso e AUDPC* que os demais talhões da propriedade. As áreas localizadas nas divisas da PR perderam mais plantas, principalmente as localizadas mais próximas de fontes externas de inóculo, como a propriedade P2 e o Quintal.

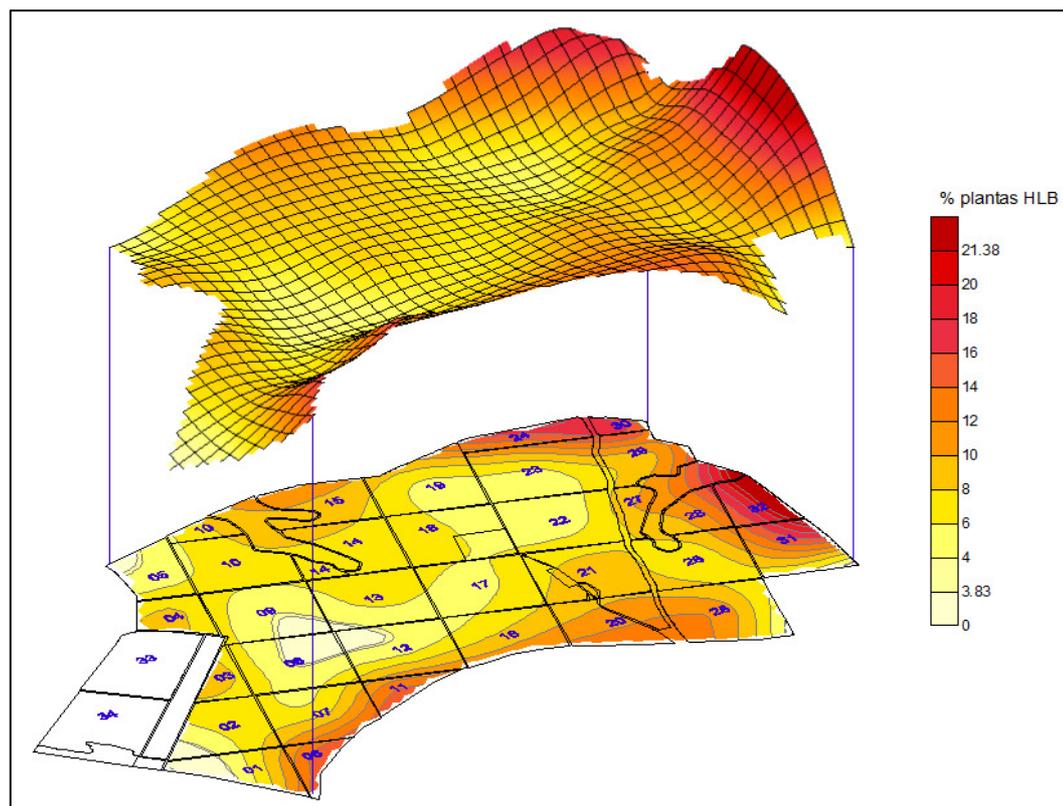


Figura 24. Porcentagem acumulada de plantas com HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34).

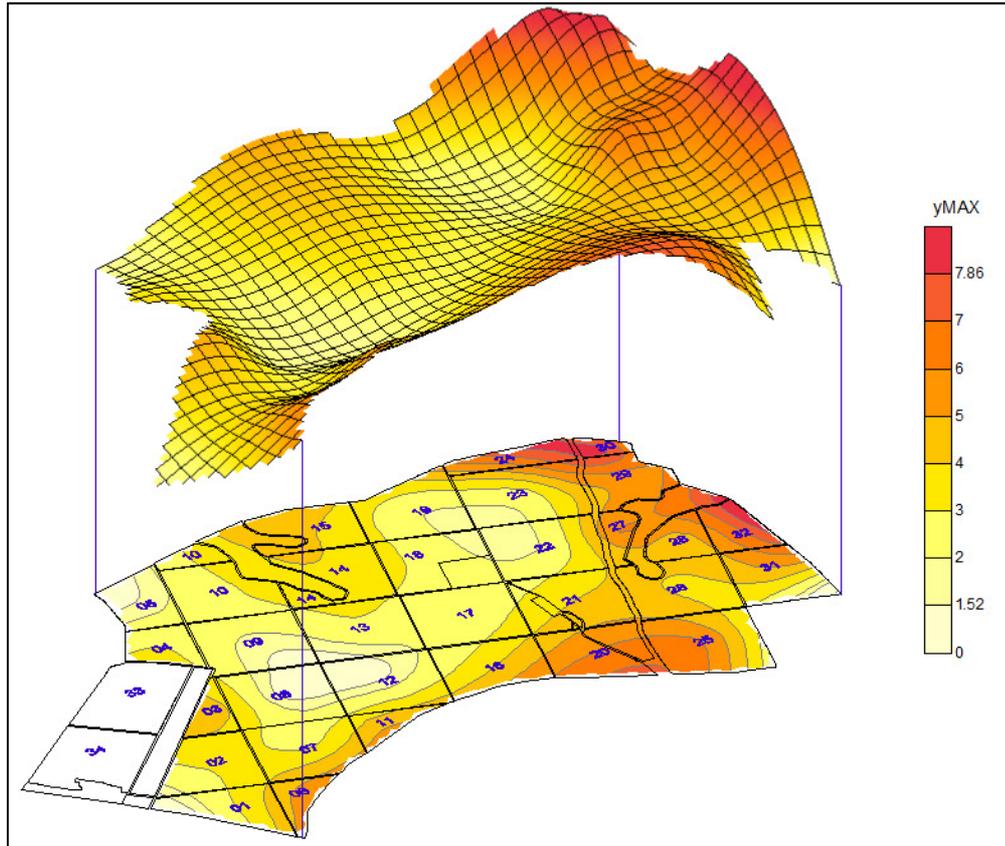


Figura 25. Incidência máxima anual de HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34).

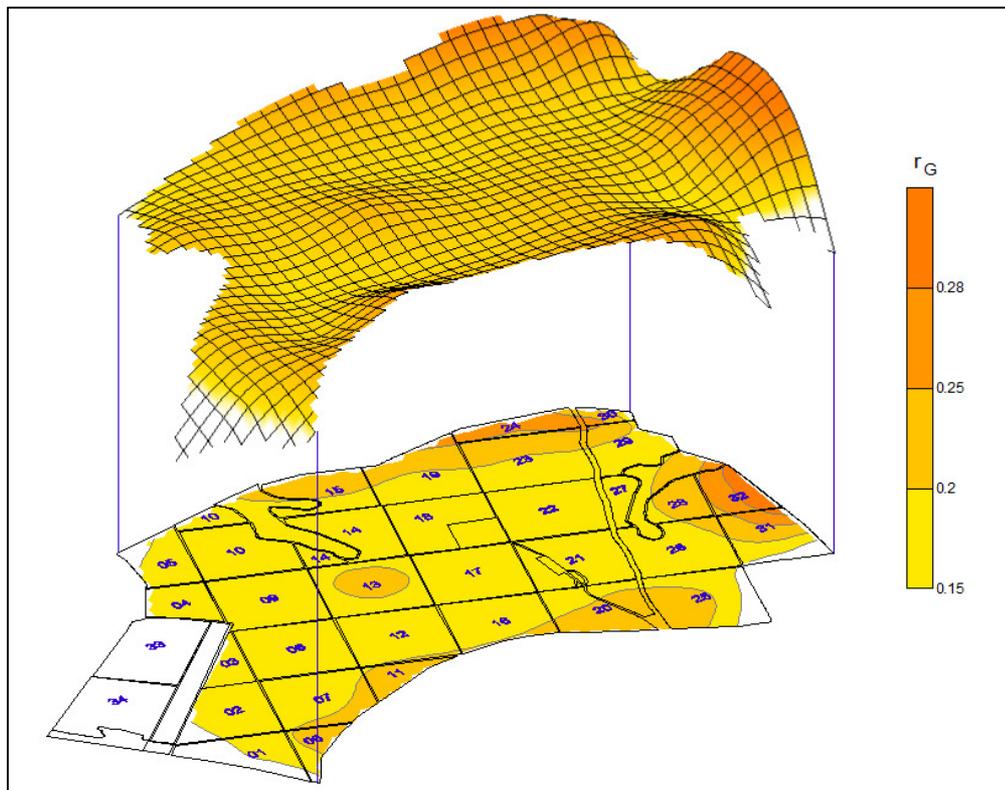


Figura 26. Taxa de progresso (r_G , Gompertz) da proporção de plantas com HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34).

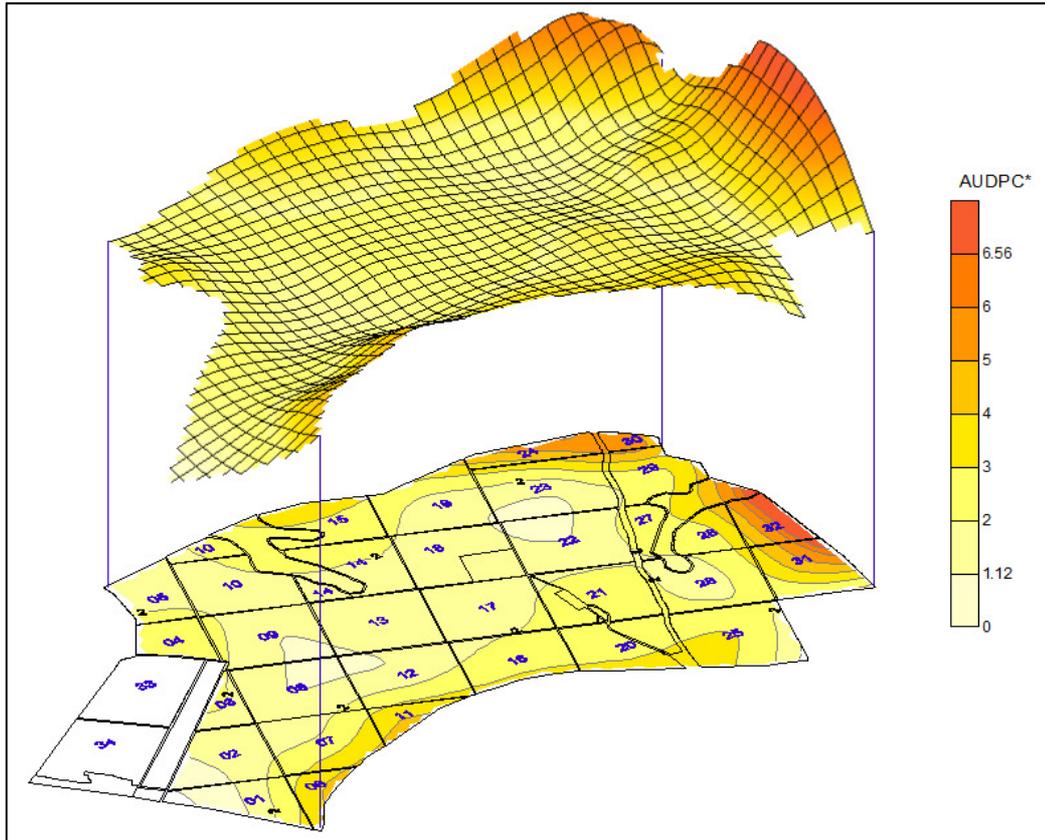


Figura 27. Área abaixo da curva de progresso do HLB para os talhões da PR (exceto 33 e 34).

Talhões localizados na borda e relativamente pequenos também apresentaram mais perdas de plantas, como os de número 6, 11 e 30. Isso ocorreu em razão de suas pequenas dimensões, as quais refletem em maiores perdas de plantas, comparativamente a talhões de maiores dimensões e com plantas localizadas mais internamente na PR. Os talhões mais próximos das áreas vizinhas, demonstradas no presente estudo como detentoras de importantes fontes de inóculo (P2 e Quintal), foram os talhões com mais perdas de plantas. Diferentemente, talhões de borda, mas adjacentes de áreas com citros com relativo manejo do HLB, como os de números 1, 2, 3, 4 e 5, apresentaram perdas de plantas, taxas de progresso e AUDPC* semelhantes aos observados para os talhões internos da PR.

Os talhões da PR foram agrupados objetivando comparar as % acumuladas de plantas com HLB, r_G , AUDPC* e perda anual máxima de plantas, considerando a posição relativa dos talhões dentro da propriedade. Essas variáveis utilizadas na comparação dos talhões da PR correlacionaram-se positivamente entre si com altos valores de coeficiente r (Tabela 9). Na comparação de grupos de talhões por ANOVA não foram incluídos os talhões 33 e 34, como já citado, e também os talhões 2 e 3, pois esses talhões foram de borda antes do plantio dos talhões 33 e 34 em 2010, e passaram, a partir dessa data, a serem talhões internos.

Assim, foram formamos os seguintes grupos de talhões: a) seis talhões de borda sob influência direta de fontes externas de inóculo conhecidas; b) seis talhões de borda sem a influência direta de fontes externas de inóculo; c) três talhões de borda, vizinhos à áreas com citros sob manejo do HLB nas propriedades vizinhas; e d) quinze talhões internos (Figura 28).

Tabela 9. Correlação (valores r de Spearman) entre incidência acumulada de plantas com HLB, taxa de progresso (r_G), área abaixo da curva de progresso da doença (AUDPC*) e perda anual máxima de plantas (y_{max}).

Variáveis	% plantas com HLB	r_G	AUDPC*
r_G	0,7567 ¹	-	-
AUDPC*	0,9596	0,7386	-
Y_{max}	0,9342	0,6130	0,8479

¹ todos valores de r (Spearman) foram significativos a $p < 0,05$ indicando correlação positiva e significativa entre as variáveis.

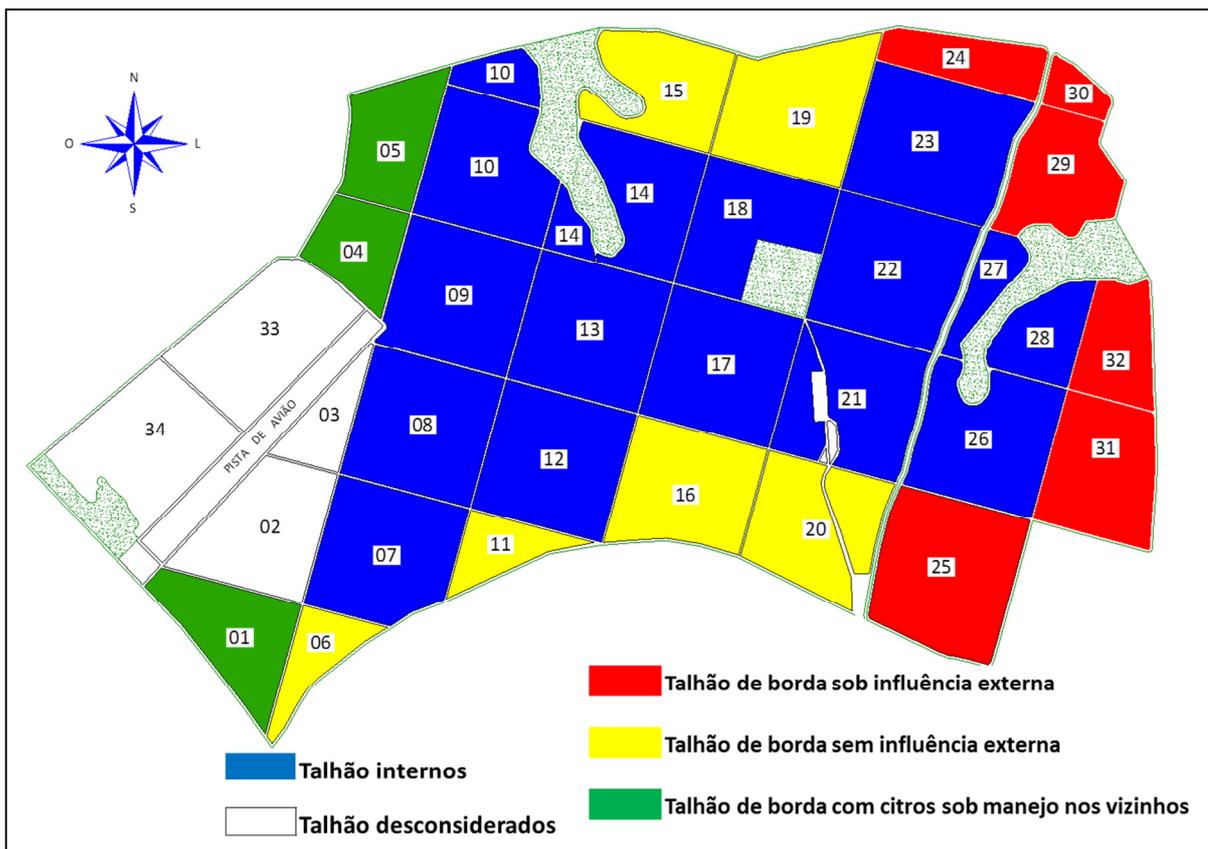


Figura 28. Grupos de talhões comparados por ANOVA, considerando a posição geográfica dos mesmos dentro da PR e a influência de fontes de inóculo externas à fazenda.

Para todos os parâmetros analisados (% acumulada de plantas com HLB, r_G , AUDPC* e perda máxima anual de plantas) houve diferenças estatísticas entre os grupos de talhões (Tabela 10). O grupo de talhões de borda com influência externa direta de fontes de

inóculo apresentou os maiores valores médios para % acumulada e perda anual de plantas, taxa de progresso e AUDPC*, diferindo estatisticamente dos grupos formados por talhões internos e por talhões de borda vizinhos de áreas com manejo do HLB. O grupo de talhões de borda, mas sem a influência direta de fontes externas de inóculo, apresentou valores médios para as variáveis analisadas, não tendo diferido estatisticamente do grupo sob influência externa direta quanto à % acumulada de plantas com HLB e a taxa de progresso da doença. Nesses talhões de borda sem a influência direta de fontes de inóculo externas à PR, principalmente os de número 6 e 11, apresentaram perdas de plantas e crescimento da doença similares aos observados para alguns dos talhões de borda mas muito próximos de fontes de inóculo externas. Além disso, esses talhões 6 e 11 apresentam menos da metade do tamanho dos talhões padrões da fazenda que são de 25 ha, e todas suas plantas estiveram sob a ação de adultos migrantes de áreas vizinhas, diferentemente de talhões com maiores dimensões.

Os resultados aqui apresentados revelam a importância que fontes externas de *D. citri* e de *Ca. Liberibacter* spp. podem exercer sobre área mantidas com manejo do HLB. Mesmo pequenas áreas, com relativamente poucas plantas cítricas, como é o caso do Quintal no presente estudo, podem influenciar talhões e propriedades próximos. A PR, durante o período aqui analisado, aumentou significativamente o número de inspeções e principalmente de pulverizações para o controle do vetor. Mas essas ações foram adotadas exclusivamente dentro da PR, não externamente, mostrando-se insuficiente para impedir que alguns de seus talhões tenham perdido mais de 15% de suas plantas, enquanto 22 de seus 32 talhões perderam menos que 10% de suas plantas em seis anos. Dessa forma, identificando fontes externas de inóculo da doença e atuando sobre as mesmas através de erradicação das plantas doentes e/ou controle químico ou biológico do vetor, o manejo do HLB pode ser mais efetivo na manutenção de baixas perdas anuais de plantas, resultando em maiores retornos econômicos. Pode-se inferir também que a PR, apresentando talhões com comportamentos tão distintos em relação à doença, pode empregar esforços diferenciados para o manejo do HLB, passando a empregar esses esforços não internamente, mas externamente nas fontes de inóculo externas presentes na região.

Tabela 10. Comparação (ANOVA) de grupos de talhões da propriedade referência formados com base na distribuição dos talhões em relação às bordas da propriedade, fontes de inóculo externas e áreas de citros vizinhas com manejo de HLB.

Grupos de talhões	Talhões	Incidência acumulada plantas (%)	Taxa progresso (r_G)	AUDPC*	y _{max}
Talhões de borda sob influência direta de fontes de inóculo externas	24, 25, 29, 30, 31 e 32 (n=6)	14,68 a ¹ (9,22 – 21,38)	0,23 a (0,17 – 0,28)	4,54 a (2,70 – 6,15)	6,33 a (4,59 – 7,86)
Talhões de borda sem influência direta de fontes de inóculo externas	6, 11, 15, 16, 19 e 20 (n=6)	10,26 ab (5,57 – 13,92)	0,20 ab (0,18 – 0,23)	2,85 b (1,69 – 3,85)	4,28 b (2,21 – 5,96)
Talhões internos à propriedade	7, 8, 9, 10, 12, 13, 14, 17, 18, 21, 22, 23, 26, 27 e 28 (n=15)	6,74 b (3,83 – 11,32)	0,18 b (0,15 – 0,23)	1,82 b (1,12 – 2,76)	3,04 b (1,52 – 6,00)
Talhões vizinhos de áreas externas com manejo HLB	1, 4 e 5 (n=3)	6,15 b (4,46 – 8,24)	0,17 b (0,15 – 0,20)	1,90 b (1,32 – 2,87)	2,49 b (1,57 – 2,97)

¹ médias seguidas da mesma letra, nas colunas, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Entre parênteses estão indicados os valores mínimo e máximo para cada grupo de talhões.

5. CONCLUSÕES

Os resultados aqui apresentados permitem as seguintes conclusões:

- Áreas não comerciais, sem manejo do HLB, foram importantes fontes de inóculo e influenciaram a população de *Diaphorina citri* e o progresso do HLB na propriedade referência mantida com rigoroso manejo da doença;
- Os progressos da doença e de *Diaphorina citri* foram espacialmente heterogêneos na propriedade referência com manejo do HLB em razão das fontes externas de inóculo mantidas em áreas com diferentes manejos do HLB e de *Diaphorina citri*;
- Para a propriedade referência, o manejo do HLB será mais efetivo se ações de controle forem adotadas sobre as fontes de inóculo externas à propriedade, presentes nas áreas não comerciais distantes menos de dois quilômetros da mesma.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arakawa, K., Mivamoto, 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.

Associação Nacional dos Exportadores de Suco Cítrico - CITRUS BR (São Paulo): **Informações institucionais, notícias, publicações e serviços**. Disponível em: <<http://www.citrusbr.com/citrusbr/assuntos/estimativas-de-safra.asp>> Acesso em: 08 set. 2013.

Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Stuchi, E.S. 2009. Effects of huanglongbing on fruit quality of sweet orange cultivars in Brazil. **European Journal Plant Pathology** 125:565–572.

Bassanezi, R.B., Lopes, S.A., Belasque Jr, J., Spósito, M.B., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Teixeira, D.C., Wulff, N.A. 2010. Epidemiologia do *huanglongbing* e suas implicações para o manejo da doença. **Citrus Research & Technology** 1:11-23.

Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gasparoto, M.C.G., Bergamin Filho, A., Amorim, L. 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal Plant Pathology** 130:577–586.

Bassanezi, R.B., Montesino, L.H., Gimenes-Fernandes, N., Yamamoto, P.T., Gottwald, T.R., Amorim, L., Bergamin Filho, A. 2013a. Efficacy of area-wide inoculum reduction and vector control on temporal progress of huanglongbing in young sweet orange plantings. **Plant Disease** 97:789-796.

Bassanezi, R.B., Belasque Jr, J., Montesino, L.H. 2013b. Frequency of symptomatic trees removal in small citrus blocks on citrus huanglongbing epidemics. **Crop Protection** 52:72-77.

Belasque Jr, J., Bassanezi, R.B., Yamamoto, P.T., Ayres, A.J., Tachibana, A., Violante, A.R., Tank Jr, A., Di Giorgi, F., Tersi, F.E.A., Menezes, G.M., Dragone, J., Jank Jr, R.H., Bové, J.M. 2010a. Lessons From Huanglongbing Management In São Paulo State, Brazil. **Journal of Plant Pathology** 92:285-302.

Belasque Jr, J., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Bové, J.M. 2010b. Controle do *huanglongbing* no estado de São Paulo, Brazil. **Citrus Research & Technology** 1:53-64.

Beloti, V.H., Felipe, M.R., Rugno G.R., Yamamoto P.T. 2010. Distribuição de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomar cítrico em formação. Anais. **Anais XXIII Congresso Brasileiro de Entomologia**. Natal, Sociedade Entomológica do Brasil. Disponível em:

[http://www.seb.org.br/eventos/cbe/xxiiiicbe/verartigo.asp?cod=P1032&titulo=DISTRIBUI%C7%CAO%20DE%20%3CI%3EDIAPHORINA%20CITRI%3C/I%3E%20KUWAYAMA%20\(HEMIPTERA:%20PSYLLIDAE\)%20EM%20POMAR%20C%C3%ADTRICO%20EM%20FORMA%C7%CAO](http://www.seb.org.br/eventos/cbe/xxiiiicbe/verartigo.asp?cod=P1032&titulo=DISTRIBUI%C7%CAO%20DE%20%3CI%3EDIAPHORINA%20CITRI%3C/I%3E%20KUWAYAMA%20(HEMIPTERA:%20PSYLLIDAE)%20EM%20POMAR%20C%C3%ADTRICO%20EM%20FORMA%C7%CAO). Acesso em: 08 set. 2013..

- Bergamin Filho, A. 2011. Curvas de progresso da doença. In: Amorim, L.; Rezende, J.A.M.; Bergamin Filho, A. **Manual de Fitopatologia: Princípios e Conceitos**. 4. ed. Piracicaba, SP: Ceres. 647-666p. v.1.
- Boina, D.R., Meyer, W.L., Onagbola, E.O., Stelinski, L.L. 2009. Quantifying Dispersal of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae) by Immunomarking and Potential Impact of Unmanaged Groves on Commercial Citrus Management. **Environmental Entomology, College Park** 4:1250-1258.
- Bonani J.P. 2009. Caracterização do aparelho bucal e comportamento alimentar de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em *Citrus sinensis* (L.) Osbeckposta. 82 f. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.
- Boscariol-Camargo, R.L., Cristofani-Yaly, M., Malosso, A., Colleta-Filho, H.D., Machado, M.A. 2010. Avaliação de diferentes genótipos de citros à infecção por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Citrus Research & Technology** 1:85-90.
- Bové, J.M. 2006. Huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology** 88:7-37.
- Bové, J.M., Teixeira, D.C., Wulff, N.A., Eveillard, S., Saillard, C., Bassanezi, R.B., Lopes, S.A., Yamamoto, P.T., Ayres, A.J. 2008. Several *Liberibacter* and *Phytoplasma* species are individually associated with HLB. **Proceedings of the International Research Conference on Huanglongbing**. Orlando. p.152-155.
- Capoor, S.P., Rao, D.G., Viswanath, S.M. 1967. *Diaphorina citri*: a vector of the greening disease of citrus in India. **Indian Journal of Agricultural Science** 37:572-576.
- Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo. **Informações institucionais, técnicas, publicações e serviços**. Disponível em: <<http://www.defesaagropecuaria.sp.gov.br>>. Acesso em: 08 set. 2013.
- Coletta-Filho, H.D., Targon, M.L.P.N., Takita, M.A., De Negri, J.D., Pompeu Jr., J, Amaral, A.M., Muller, G.W., Machado, M.A. 2004. First report of the causal agent of huanglongbing (“*Candidatus Liberibacter asiaticus*”) in Brazil. **Plant Disease** 88:1382.
- Costa Lima, A.M. 1942. Insetos do Brasil: homópteros. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia. p.101. v. 3.
- Da Graça, J. 1991. Citrus greening disease. **Annual Review Phytopathology** 29:109-136.
- Diniz, A.J.F. 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. 128 f. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

- Fernández, M., Miranda, I. 2005. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte I: Características morfológicas, incidencia y enemigos naturales asociados. **Revista de Protección Vegetal** 1:21-315.
- Fundo de Defesa da Citricultura. **Informações institucionais, técnicas, notícias, projetos, publicações e serviços**. Disponível em: <<http://www.fundecitrus.com.br>>. Acesso em: 08 set. 2013.
- Fung, Y.C., Chen, C.N. 2006. Effects of temperature and host plant on population parameters of the citrus psyllid (*Diaphorina citri* Kuwayama). **Formosan Entomol** 26:109–23.
- Fukuda, L.A., Franco, D., Facio, S. L., Lima Neto, R.S. 2010. Sustentabilidade econômica da citricultura perante o *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology** 2:107-114.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Baptista, G.C., Berti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramim, J.D., Marchini, L.C., Lopes, J.R.S., Omoto, C. 2002. **Entomologia Agrícola**. Piracicaba: FEALQ. 920 p.
- Gottwald, T.R., Da Graça, J.V., Bassanezi, R.B. 2007. Citrus huanglongbing: the pathogen and its impact. **Plant Health Progress**. doi:10.1094/PHP-2007-0906-01-RV
- Gottwald, T.R. 2010. Current epidemiological understanding of citrus Huanglongbing. **Annual Review Phytopathology** 48:6.1–6.21.
- Grafton-Cardwell, E.E., Stelinski, L.L., Stansly, P.A. 2013. Biology and Management of Asian Citrus Psyllid, Vector of the Huanglongbing Pathogens. **Annual Review Entomology** 58:413–432.
- Graham, J.H., Gottwald, T.R., Ireby, M. 2012. Balancing resources for management of root health in HLB-affected groves. **Citrus Industry** 23:6-11.
- Graham, J.H., Johnson, E.G., Gottwald, T.R., Ireby, M.S. 2013. Presymptomatic Fibrous Root Decline in Citrus Trees Caused by Huanglongbing and Potential Interaction with *Phytophthora* spp. **Plant Disease** 9:1195-1199.
- Gravena, S., Gravena, R., Silva, J.L., Silva, M.T.F., Benvenega, S.R., Amorim, L.C.S., Horto, L.R.G. 2010. Efeito fisiológico do inseticida pyriproxyfen no controle do psilídeo dos citros em laranja doce. **Citrus Research & Technology** 2:145-154.
- Halbert, S.E. 2005. The discovery of huanglongbing in Florida. **2nd International Citrus Canker and huanglongbing Research Workshop**. Orlando FL. p.50. H-3.
- Hall, D.G., Hentz, M.G. 2010. Sticky trap and stem–tap sampling protocols for the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Psyllidae). **Journal Economic Entomology** 103:41-49.
- Hall, D.G., Hentz, M.G. 2011a. Seasonal flight activity by the Asian citrus psyllid in east central Florida. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 139:75–85.

- Hall, D.G., Wenninger, E.J., Hentz, M.G. 2011b. Temperature studies with the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*: cold hardiness and temperature thresholds for oviposition. **Journal of Insect Science** 11:1–15
- Hall, D.G., Richardson, M.L., Ammar, E., Halbert, S.E. 2012. Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri*, vector of citrus huanglongbing disease. **Entomologia Experimentalis et Applicata** 146:207–223.
- Inoue, H., Ohnishi, J., Ito, T., Tomimura, K., Miyara, S. 2009. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology** 155:29–36.
- Iwanami, T., Tuan, D.H., Ichinose, K. 2013. Asian Citrus Greening and Assessment of Current Techniques for Reducing Disease Occurrences. **Journal of Agricultural Science and Application** 2:13-21.
- Johnson, E.G., Wu, J., Bright, D.B., Graham, J.H. 2013. Association of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ root infection, but not phloem plugging with root loss on huanglongbing-affected trees prior to appearance of foliar symptoms. **Plant Pathology** 123:1-9.
- 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.
- Laranjeira, F.F., Amorim, L., Bergamin Filho, A., Aguilar-Vildoso, C.I., Coletta Filho, H. D. 2005. Fungos, procariontos e doenças abióticas. In: Mattos Junior, D., Negri, J.D., Pio, R.M., Pompeu Jr, J. (Ed.). **Citros**. Campinas: Instituto Agronômico e Fundag. cap. 18, p. 509-566.
- Leal, R.M. 2009. Distribuição espacial de *diaphorina citri* kuwayama (hemiptera: psyllidae) e sua relação com a expansão do greening em laranjeira valência, utilizando geoestatística. 97 f. **Tese de Doutorado**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista.
- Leal, R.M., Barbosa, J.C., Costa, M.G., Belasque Jr, J., Yamamoto, P.T., Dragone, J. 2010. Distribuição espacial de huanglongbing (Greening) em citros utilizando a geoestatística. **Revista Brasileira de Fruticultura** 3:808-818.
- Li, W., Hartung, J. S., Levy, L. 2006. Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associated with citrus huanglongbing. **Journal of Microbiol** 66:104-115.
- Li, W., Levy, L., Hartung, J.S. 2009. Quantitative distribution of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ in citrus plants with citrus huanglongbing. **Phytopathology** 2:139-144.
- Liu, Y.H., Tsai, J.H. 2000. Effects of temperature on biology and life table parameters of the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psyllidae). **Annals of applied Biology** 3:201-216.
- Lopes, S.A., Frare, G.F. 2008. Graft transmission and cultivar reaction of citrus to ‘*Candidatus Liberibacter americanus*’. **Plant Disease** 92:21-24.

- Lopes, S.A., Frare, G.F., Bertoline, E., Cambra, M., Fernandes, N.G., Marin, D.R., Bové, J.M. 2009. Liberibacters Associated with Citrus Huanglongbing in Brazil: ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’ Is Heat Tolerant, ‘*Ca. L. mericanus*’ Is Heat Sensitive. **Plant Disease** 3:257-262.
- Machado, M.A., Locali-Fabris, E.C., Colleta-Filho, H.D. 2010 *Candidatus Liberibacter* spp., agentes do *huanglongbing* dos citros **Citrus Research & Technology** 1:25-35.
- Maschio F. 2011. Ações adotadas pelo citricultor para o manejo do huanglongbing (HLB. Greening) no parque citrícola paulista. 22 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara, SP: Fundo de defesa da citricultura.
- Mcfarland, C.D., Hoy, M.A. 2001. Survival of *Diaphorina citri* (Homoptera: Psyllidae), and its two parasitoids, *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae) and *Diaphorencyrtus aligarhensis* (Hymenoptera: Encyrtidae), under different relative humidities and temperature regimes. **Florida Entomologist** 2:227-233.
- Mann, R.S., Ali, J.G., Hermann, S.L., Tiwari, S., Pelz-Stelinski, K.S. 2012. Induced release of a plant-defense volatile ‘deceptively’ Asian citrus psyllid, vector of huanglongbing 221attracts insect vectors to plants infected with a bacterial pathogen. **PLOS Pathogens** 8:10-26.
- Mead, F.W., Fasulo, T.R. 2011. Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Insecta: Hemiptera: Psyllidae). **IFAS Extension** 33:8.
- Menezes G.M. 2011. Avaliação de métodos de monitoramento de *Diaphorina citri* na periferia e interior de pomares cítricos com manejo de HLB. 28 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara SP: Fundo de defesa da citricultura.
- Monteiro A.B. 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. 46 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara SP: Fundo de defesa da citricultura.
- Murray, M.G., Thompson, W.F. 1980. Rapid isolation of high molecular weight plant DNA. **Nucleic Acids Res** 239:487-91.
- Nava, D.E., Torres, M.L. G., Rodrigues, M.D.L., Bento, J.M.S., Parra, J.R.P. 2007. Biology of *Diaphorina citri* (Hem., Psyllidae) on different hosts and at different temperatures. **Journal of Applied Entomology** 9:709-715.
- Neves M.B. 2013. Simulação do impacto do Huanglongbing na produção de pomares cítricos sob diferentes cenários de manejo, incidências da doença e idades dos pomares no início da epidemia. 71 f. **Dissertação de Mestrado**. Araraquara SP: Fundo de defesa da citricultura.
- Neves, M.F., Trombin, V.G., Milan, P., Lopes, F.F., Cressoni, F., Kalaki, R. 2010. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat. 137 p.
- Noronha Jr, N.C. 2010. Efeito dos coespecíficos e voláteis das plantas *Murraya paniculata* (L.) Jack, *Psidium guajava* L. e *Citrus sinensis* (L.) Osbeck sobre o comportamento de

Diaphorina citri Kuawayama (Hemiptera: Psyllidae). 67 f. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Paiva, P.E.B. 2009. Distribuição espacial e temporal, inimigos naturais e tabela de vida ecológica de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em citros em São Paulo. 65 f. **Tese de Doutorado**. Piracicaba, SP: Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

Parra, J.R.P., Lopes, J.R.S., Torres, M.L.G., Nava, D.E., Paiva, P.E.B. 2010. Bioecologia do vetor *Diaphorina citri* e transmissão de bactérias associadas ao *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology** 1:37-51.

Roger, M.E., Stansly, P.A., Stelinski, L.L. 2012. Florida Citrus Pest Management Guide: Asian Citrus Psyllid and Citrus Leafminer. **IFAS Extension Publication ENY-734**. University of Florida, Gainesville, FL, USA.

Santos, F.L., Miranda, M.P., Marques, R.N. 2012. Eficiência de métodos de monitoramento de *Diaphorina citri* (Hemiptera:Psyllidae) em pomares no estado de São Paulo. Resumos. **Congresso Brasileiro de Entomologia**, Curitiba.

Sétamou, M., Sanchez, A., Patt, J.M., Nelson. S.D., Jifon J., Louzada E. F. 2011 Diurnal patterns of flight activity and effects of light on host finding behavior on the Asian citrus psyllid. **Journal of Insect Behavior** 25:264–276.

Sousa M.C. 2009. Distribuição de *Candidatus Liberibacter americanus* e *Candidatus Liberibacter asiaticus* em plantas cítricas. 53 f. **Dissertação de Mestrado**. Jaboticabal, SP: Universidade Estadual Paulista.

Teixeira, D.C., Danet, J.L., Eveillard, S., Martins, E.C., Jesus Junior. W.C., Yamamoto, P.T., Lopes, S.A., Bassanezi, R.B., Ayres, A.J., Saillard, C., Bové, J.M. 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 D.C., Saillard C., Couture C., Martins E.C., Wulff N.A., Eveillard-Jagoueix S., Yamamoto P.T., Ayres A.J., Bové J.M. 2008. Distribution and quantification of *Candidatus Liberibacter americanus*, agent of *huanglongbing* disease of citrus in São Paulo State, Brasil, in leaves of an affected sweet orange tree as determined by PCR. **Molecular and Cellular Probes** 22:139-150.

Teixeira, D.C., Wulff, N.A., Lopes, S.A., Yamamoto, P.T., Miranda, M.P., Spósito, M.B., Belasque Jr, J., Bassanezi, R.B. 2010. Caracterização e etiologia das bactérias associadas ao *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology** 2:115-128.

Tersi, F.E.A. 2010 Convivendo com o huanglongbing: visão do setor produtivo. **Citrus Research & Technology** 1:25-35.

Tiwari, S., Lewis-Rosenblum, H., Pelz-Stelinski, K., Stelinski, L.L. 2010. Incidence of *Candidatus Liberibacter asiaticus* infection in abandoned citrus occurring in proximity to commercially managed groves. **Journal of Economic Entomology** 103:1973-1978.

Uechi, N., Iwanami, T. 2012. Comparison of the ovarian development in *Diaphorina citri* Kuawayama (Hemiptera: Psyllidae) in relation to the age of orange jasmine, *Murraya paniculata* (L.) Jack. **Bulletin of the National Institute of Fruit Tree Science** 39:39-42.

Yamamoto, P.T., Paiva, P.E.B., Gravena, S. 2001. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região norte do estado de São Paulo. **Neotropical Entomology** 30:165-170.

Yamamoto, P.T., Felipe, M.R., Garbim, L.F., Coelho, J.H.C., Ximenes, N.L., Martins, E.C., Leite, A.P.R., Sousa, M.C., Abrahão, D.P., Braz, J.D. 2006. *Diaphorina citri* (Hemiptera: Psyllidae): vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter americanus*. **Proceedings of Huanglongbing Greening International Workshop**. Ribeirão Preto. p.96.

Yamamoto, P.T. 2008. **Manejo Integrado de Pragas**. Piracicaba: CP 2. 336p.