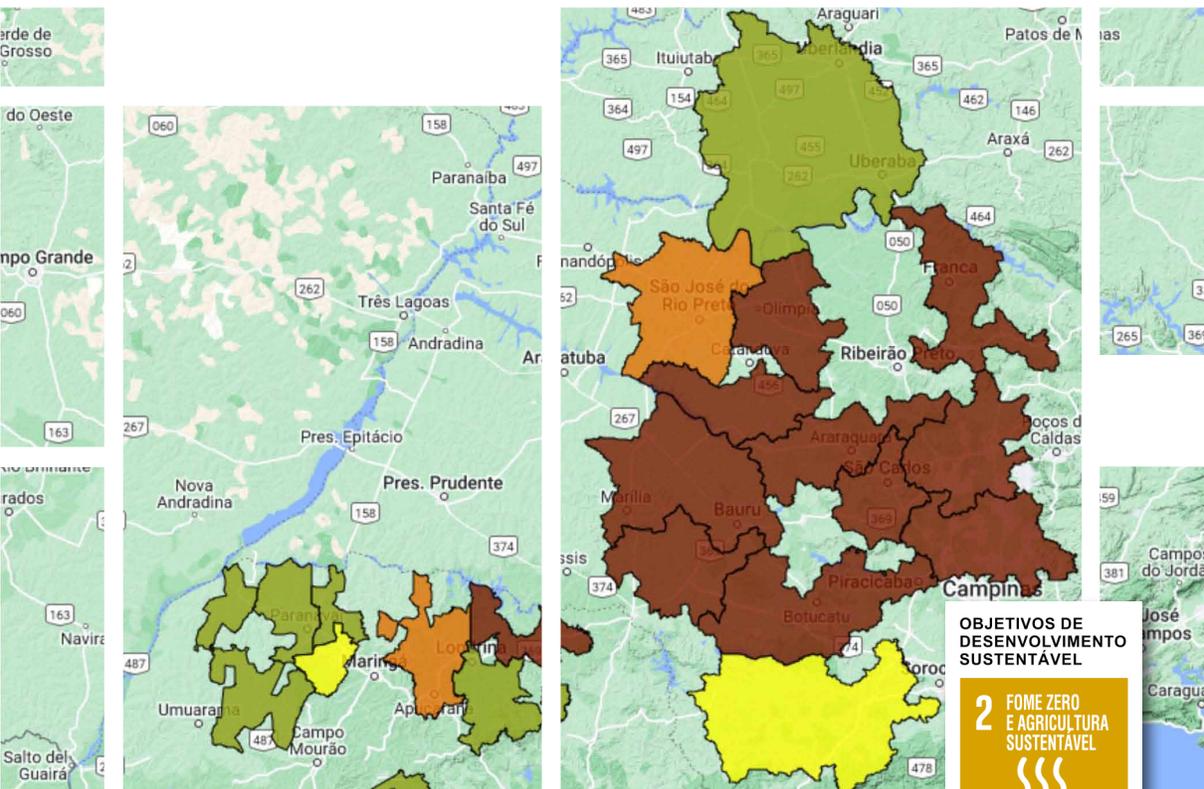


Crítério para classificação de risco de regiões do Alerta Fitossanitário do psilídeo-dos-citros no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro



**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Mandioca e Fruticultura
Ministério da Agricultura e Pecuária**

**BOLETIM DE PESQUISA
E DESENVOLVIMENTO
144**

**Critério para classificação de risco
de regiões do Alerta Fitossanitário do
psilídeo-dos-citros no cinturão citrícola de
São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**

*Alécio Souza Moreira
Francisco Ferraz Laranjeira Barbosa
Renato Beozzo Bassanezi
Júlio Cesar Rodrigues
Eduardo Augusto Girardi
Ivaldo Sala*

**Embrapa Mandioca e Fruticultura
Cruz das Almas, BA
2023**

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Rua Embrapa, s/nº, Caixa Postal 07
44380-000, Cruz das Almas, Bahia
Fone: 75 3312-8048
www.embrapa.br
www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê Local de Publicações
da Embrapa Mandioca e Fruticultura

Presidente
Eduardo Chumbinho de Andrade

Secretário-Executivo
Maria da Conceição Pereira da Silva

Membros
*Ana Lúcia Borges, Áurea Apolinário de
Albuquerque Gerum, Cinara Fernanda
Garcia Morales, Harllen Sandro Alves Silva,
Herminio Souza Rocha, Jailson Lopes Cruz,
Paulo Ernesto Meissner Filho, Tatiana Góes
Junghans*

Supervisão editorial
Eduardo Chumbinho de Andrade

Revisão de texto
Alessandra Angelo

Normalização bibliográfica
Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro Perrone

Projeto gráfico da coleção
Carlos Eduardo Felice Barbeiro

Editoração eletrônica
*Andreza dos Santos Lima
Anapaula Rosário Lopes*

Ilustração da capa
Fonte: Fundecitrus, 2022.

1ª edição
Publicação digital (2023): PDF

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte,
constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Mandioca e Fruticultura

Critério para classificação de risco de regiões do alerta fitossanitário do psíleido dos citros no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste mineiro / Alécio Souza Moreira ... [et. al.]. – Cruz das Almas, BA : Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023.

PDF (16 p.) : il. (Boletim de pesquisa e desenvolvimento/ Embrapa Mandioca e Fruticultura, ISSN 1809-5003; 144).

1. Praga de planta. 2. Fruta cítrica. 3. *Diaphorina citri*. I. Moreira, Alécio Souza. II. Laranjeira, Francisco Ferraz. III. Bassanezi, Renato Beozzo. IV. Rodrigues, Júlio Cesar. V. Girardi, Eduardo Augusto. VI. Sala, Ivaldo. VII. Série.

CDD 634.772

Lucidalva Ribeiro Gonçalves Pinheiro (CRB5 – 11/61)

© Embrapa, 2023

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução.....	8
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	11
Conclusões.....	15
Referências	16

Critério para classificação de risco de regiões do Alerta Fitossanitário do psilídeo-dos-citros no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro

Alécio Souza Moreira¹

Francisco Ferraz Laranjeira²

Renato Beozzo Bassanezi³

Júlio Cesar Rodrigues³

Eduardo Augusto Girardi⁴

Ivaldo Sala³

Resumo – O monitoramento populacional de *Diaphorina citri*, o psilídeo-dos-citros, é essencial para o manejo regional deste inseto vetor da bactéria *Candidatus Liberibacter asiaticus* associada ao Huanglongbing (HLB), especialmente no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro, onde há a maior concentração populacional de *D. citri* e de plantas com sintomas da doença. Nesse sentido, o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) estabeleceu em 2013 o Alerta Fitossanitário para monitorar, por meio de armadilhas adesivas amarelas, a população do psilídeo em diferentes regiões do Estado de São Paulo e do Triângulo/Sudoeste Mineiro. Atualmente, o Alerta monitora 15 regiões e, a cada quinzena, gera dados de abundância (psilídeos/armadilha), ocupação (% de armadilhas com captura de psilídeos) e estágio de brotação predominante (V1 a V7) das plantas de citros. O presente trabalho avaliou séries temporais de abundância, de ocupação de psilídeos e de brotação dos citros para estabelecer critérios matemáticos para classificar as regiões quanto ao risco de ocorrência de psilídeos. Análises de correlação de séries de 2014 a 2016 indicaram que abundância e ocupação de psilídeos são variáveis altamente correlacionadas

¹ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências (Fitopatologia), analista da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Campinas, SP.

² Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Fitopatologia), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas, BA.

³ Fundecitrus, Araraquara, São Paulo.

⁴ Engenheiro-agrônomo, doutor em Ciências (Fitotecnia), pesquisador da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Araraquara, SP

($R^2 = 0,88$), permitindo o uso de dados da ocupação de psilídeos na otimização do sistema, por representar menor chance de erro, uma vez que se baseiam apenas em presença e ausência de *D. citri* nas armadilhas. Com os dados de ocupação, foram geradas medianas (M) e seus desvios absolutos médios para obtenção de limiares inferiores (LIM) e superiores (LSM) da mediana e definir o risco de cada região em relação ao próprio histórico de ocupação e em relação ao histórico de todas as regiões. Estabelecidos os critérios, quatro riscos foram definidos: baixo (verde) para as regiões que apresentam ocupação atual abaixo do LIM, médio (amarelo) para as regiões que apresentam ocupação atual entre o LIM e a M, alto (alaranjado) para as regiões que apresentam ocupação atual entre a M e o LSM e extremo (vermelho) para as regiões que apresentam ocupação atual acima do LSM. Os mapas têm facilitado o monitoramento da população de psilídeo em cada região do cinturão citrícola e os riscos calculados servirão para a definição de critérios de emissão dos alertas de pulverização regional.

Termos para indexação: *Diaphorina citri*, HLB, armadilhas adesivas, monitoramento populacional, mapas de risco.

Criteria for citrus psyllid risk classification of regions from the Phytosanitary Alert in the citrus belt of Sao Paulo and Southwest of Minas Gerais states

Abstract – Monitoring the population of *Diaphorina citri*, the Asian citrus psyllid (ACP), vector of the bacterium *Candidatus Liberibacter asiaticus* associated with Huanglongbing (HLB), is an essential measure for the ACP area-wide management, especially in the citrus belt of Sao Paulo and Southwest of Minas Gerais states, where there is the highest *D. citri* population density and incidence of HLB-symptomatic plants. In that regard, the Fund for Citrus Defense (Fundecitrus) established the Phytosanitary Alert in 2013 to monitor the ACP population in different regions of the citrus belt using yellow sticky traps. Currently, the Phytosanitary Alert monitors 15 regions and generates data on abundance (ACP/trap), occupation (% of traps with captured ACP), and predominant citrus flushing stages (V1 to V7). The present study assessed the obtained data to establish mathematical criteria to classify the risk of ACP occurrence in different areas from the Phytosanitary Alert. Correlation analyses of ACP temporal series from 2014-2016 indicated that abundance and occupancy are highly associated ($R^2 = 0.88$), allowing the use of occupancy data to optimize the System Alert, as it represents less chance of error, since it is based only on presence or absence of ACP in the traps. Using the occupation data, median (M) and its mean absolute deviations were generated to obtain lower (LMT) and upper (SMT) median thresholds for defining the risk of each region in relation to the occupation history itself and in relation to the history of all regions. Once the criteria were established, four risks were defined: low (green) for regions with current ACP occupation below the LMT, medium (yellow) for regions with current ACP occupation between the LMT and M, high (orange) for regions that present ACP occupation between M and SMT, and extreme (red) for regions that present current ACP occupation above SMT. The maps (<http://alerta.fundecitrus.com.br/>) facilitate the monitoring of the psyllid population in each region of the citrus belt and the estimated risks will serve to define criteria for issuing regional spraying alerts.

Index terms: *Diaphorina citri*, HLB, sticky traps, population monitoring, risk maps.

Introdução

O psilídeo-dos-citros (*Diaphorina citri* Kuwayama) foi relatado no Brasil em 1942, mas apenas causou preocupação à citricultura brasileira em 2004, quando a bactéria *Candidatus Liberibacter asiaticus* (Las), associada ao Huanglongbing (HLB), foi relatada no Brasil (Costa Lima, 1942; Coletta-Filho et al., 2004). A preocupação se deu porque o psilídeo é vetor de Las e, portanto, o principal agente disseminador da bactéria entre plantas de citros. Desde então, *D. citri* tem sido alvo de inúmeras pesquisas voltadas principalmente para o seu controle, com foco no manejo e redução dos danos provocados pelo HLB na citricultura brasileira, especialmente a do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste mineiro, onde há maior ocorrência da doença.

Para um manejo mais eficiente da doença e do vetor associado, é importante que se monitore a população do psilídeo-dos-citros nos locais onde ele ocorre, especialmente naqueles em que a doença também está presente, como nos estados de São Paulo, Minas Gerais, Paraná e Mato Grosso do Sul (Bassanezi et al., 2020). Com este objetivo, o Fundo de Defesa da Citricultura (Fundecitrus) criou o Alerta Fitossanitário do psilídeo para monitorar a dinâmica populacional de *D. citri* nos pomares do Estado de São Paulo e do Triângulo/Sudoeste Mineiro, que compõem o principal cinturão citrícola (CC) do país⁵.

O Alerta Fitossanitário teve seu início em 2013, com o monitoramento do psilídeo em cinco regiões no Estado de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro e em 2022 já monitora a população do vetor em 13 regiões nos dois estados (Araraquara, Avaré, Bebedouro, Brotas, Casa Branca, Franca, Frutal, Itapetininga, Limeira, Lins, Novo Horizonte, Santa Cruz do Rio Pardo e São José do Rio Preto), além de duas regiões no Estado do Paraná (Figura 1). O sistema monitora quinzenalmente a flutuação populacional de psilídeo utilizando mais de 30 mil armadilhas adesivas amarelas (AAAs) espalhadas pelo cinturão citrícola. Com os dados obtidos, são geradas variáveis capazes de mensurar os níveis populacionais do inseto vetor em cada uma das regiões, tais como o número médio de psilídeos capturados por armadilha avaliada (abundância) e a porcentagem média de armadilhas avaliadas, em que pelo

⁵ Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/alerta-fitossanitario>.

menos um adulto de *D. citri* tenha sido capturado (ocupação). As AAAs são posicionadas e georreferenciadas no terço superior de plantas de citros, localizadas nas bordas de talhões preferencialmente localizados na divisa de propriedades citrícolas com diferentes rigores no controle do inseto, e em alguns casos em pomares mal manejados ou mesmo abandonados (sem nenhum tipo de controle do psilídeo). Adicionalmente, as plantas em que as AAAs são posicionadas recebem, quinzenalmente, uma nota de estágio de brotação predominante com base na escala adotada pelo Fundecitrus (Fundo de Defesa da Citricultura, 2015). Uma vez coletados, esses dados abastecem o sistema hospedado no site do Fundecitrus⁶, disponível para acesso pelos citricultores. Adicionalmente, o Fundecitrus recomenda alertas de pulverizações de inseticidas coordenadas e conjuntas para as regiões onde o sistema indica elevados níveis populacionais de *D. citri*.

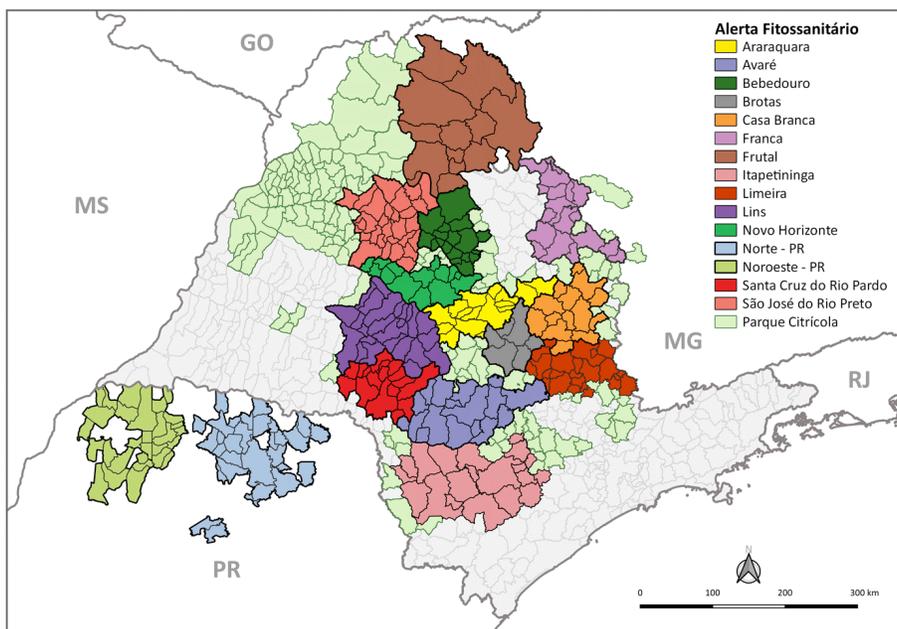


Figura 1. Regiões monitoradas pelo Alerta Fitossanitário do psilídeo coordenado pelo Fundecitrus em 2023.

Fonte: Fundo de Defesa da Citricultura (2023).

⁶ Disponível em: <https://alerta.fundecitrus.com.br/>.

Entre 2013, ano de sua criação, e 2019, o Alerta Fitossanitário gerou, a cada quinzena, mapas quadriculados (1 km²) que indicavam, em cada região, a abundância média absoluta do psilídeo sem parametrização dessas informações com o histórico das séries temporais de abundância ou ocupação do inseto, não sendo suficiente, por exemplo, para classificar e indicar a situação atual de cada região monitorada. A partir de 2017, em decorrência de uma parceria entre o Fundecitrus e a Embrapa Mandioca e Fruticultura, os dados do Alerta começaram a ser analisados com vistas a otimizar o sistema e disponibilizar mapas atualizados a cada quinzena, que permitissem estabelecer critérios de classificação de risco de cada região em relação à ocorrência de *D. citri*. Assim, neste presente Boletim, serão apresentados os critérios que foram utilizados para classificar o risco de ocorrência em cada região, bem como os mapas que foram gerados para indicar tais riscos nas regiões que compõem o Alerta Fitossanitário.

Material e métodos

Definição dos critérios de classificação do risco

Para a definição dos critérios de classificação de risco de cada região do Alerta Fitossanitário do psilídeo, foram utilizados dados médios de captura de psilídeos por armadilha, porcentagem de ocupação de armadilhas avaliadas e frequência de ocorrência dos estádios de brotações favoráveis V1 a V4 (os mais atrativos e importantes na biologia de *D. citri*), em cada quinzena de uma série histórica de 2014 a 2016 de cinco regiões abrangidas pelo Alerta: Araraquara, Avaré, Bebedouro, Casa Branca e Santa Cruz do Rio Pardo. As três séries temporais foram inicialmente analisadas por meio de correlações para averiguar a associação entre elas. A ideia por trás dessa análise foi realizar a otimização inicial do sistema, adotando-se séries mais precisas (ocupação) ou que antecipassem a situação de risco de região (brotação favorável).

Uma vez determinada a variável e sua respectiva série temporal de mais fácil aplicação, sem perder a precisão, os critérios de classificação foram determinados utilizando como parâmetro a medida de posição mediana e o desvio absoluto da mediana (DAM) (equação 1), considerando para o cálculo a série temporal de cada região desde a primeira quinzena de monitoramento

até a última quinzena do ano anterior (2ª quinzena do mês de dezembro) ao ano corrente.

$$DAM = \frac{(\sum |X_i - X_m|)}{n} \quad (1)$$

Em que X_i é o valor observado da série temporal a cada quinzena, X_m o valor da mediana da série temporal considerada e n o total de observações da série temporal.

Classificação dos riscos e disponibilização dos mapas

Para a classificação dos riscos de ocorrência de psilídeos a cada quinzena e em cada região, foram utilizados os três limiares de definição dos riscos, calculados com base na série histórica considerada entre a primeira quinzena com dado coletado e a última quinzena de dezembro do ano anterior ao ano corrente:

- 1) o limite inferior da mediana (LIM), obtido pela subtração da mediana pelo desvio absoluto da mediana.
- 2) a mediana da série histórica considerada (M).
- 3) o limite superior da mediana (LSM), obtido pela adição do desvio absoluto da mediana com a mediana.

Em seguida, foram definidos os níveis de classificação do risco de ocorrência de psilídeos com base nos três critérios de classificação do risco. Os riscos estabelecidos foram dispostos e apresentados em mapas para melhor visualização da situação atual de cada região do Alerta Fitossanitário.

Resultados e discussão

A correlação entre as séries temporais de ocupação, abundância e brotação (V1 a V4) foi analisada com os dados na mesma data de avaliação e com defasagens de 15 dias entre a avaliação de brotação e as avaliações de psilídeos. As correlações entre as séries temporais de ocupação e de abundância foram sempre elevadas ($R^2 = 0,88$), independentemente da defasagem entre as avaliações. Por outro lado, as correlações entre a

frequência de brotação V1 a V4 e os índices do inseto (ocupação e abundância) foram sempre baixas, sendo o maior coeficiente de correlação ($R^2 = 0,24$) encontrado na defasagem de 30 dias entre a avaliação de brotação e a avaliação de *D. citri* (Tabela 1). Esses resultados mostraram que, em geral, as correlações entre os principais picos de brotação e de psíldeos (ocupação ou abundância) não são elevadas, diferentemente da associação entre abundância e ocupação, que é bastante sincrônica nas regiões avaliadas como exemplificado na Figura 2, para a região de Araraquara.

Tabela 1. Coeficiente de correlação de Pearson entre brotação V1 a V4, ocupação e abundância de psíldeos de séries temporais coletadas entre 2014 e 2016, com defasagem entre as avaliações de brotação e de psíldeos defasadas de zero a 45 dias.

Séries temporais associadas	V1 a V4	Ocupação	Abundância
Brotação: tempo 0; <i>D. citri</i>: tempo 0	Coeficiente de correlação		
V1 a V4	–	–	–
Ocupação	0,11	–	–
Abundância	0,06	0,88*	–
Brotação: tempo 0; <i>D. citri</i>: tempo +15 dias			
V1 a V4	–	–	–
Ocupação	0,16	–	–
Abundância	0,11	0,88*	–
Brotação: tempo 0; <i>D. citri</i>: tempo +30 dias			
V1 a V4	–	–	–
Ocupação	0,24	–	–
Abundância	0,20	0,88*	–
Brotação: tempo 0; <i>D. citri</i>: tempo +45 dias			
V1 a V4			
Ocupação	0,23		
Abundância	0,21	0,88*	

* $P < 0,05$.

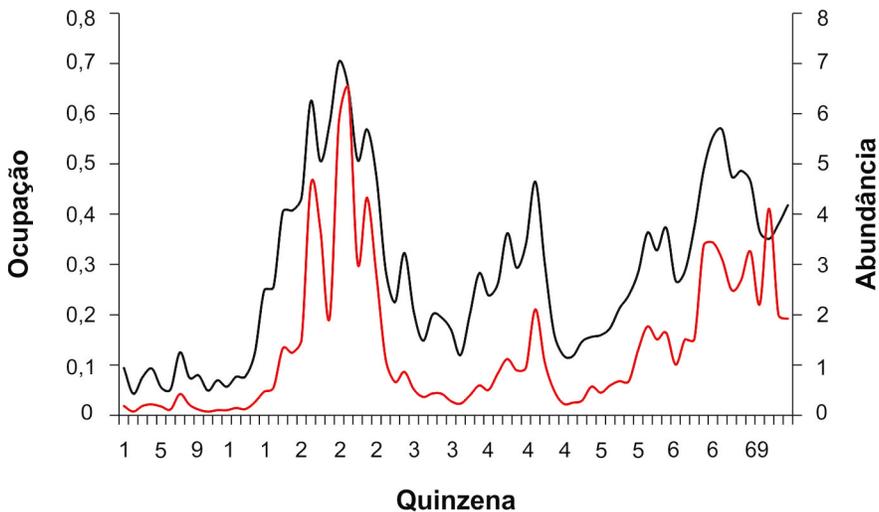


Figura 2. Séries temporais de ocupação (linha vermelha) e abundância (linha preta) na região de Araraquara – SP no período de 2014 a 2016.

A baixa correlação com os dados de brotação se deve provavelmente à metodologia de avaliação, em que cada planta é avaliada quanto ao seu estágio vegetativo predominante, de modo que cada estágio, que apresenta diferenças preferenciais pelo psilídeo, não é quantificado. Por outro lado, a associação entre as variáveis ocupação e abundância foi na maioria das vezes elevada, o que permite uma otimização do alerta no sentido de ser necessária apenas a avaliação de presença/ausência de psilídeos, uma vez que a frequência de ocorrência de psilídeos nas armadilhas está intimamente relacionada à quantidade de psilídeos capturados. Com isso, as séries de ocupação foram escolhidas para a definição dos critérios de classificação de riscos de ocorrência de psilídeos. Quatro riscos foram definidos para classificar as regiões (Tabela 2). Dois mapas de risco foram propostos: o primeiro indica o risco atual de uma determinada região com base no histórico de ocupação da própria região e o segundo indica o risco atual de uma determinada região com base no histórico de ocupação de todas as regiões do Alerta (Figura 3). Os dois mapas foram testados e validados pela equipe do Fundecitrus e da Embrapa Mandioca e Fruticultura envolvida neste trabalho entre o segundo

semestre de 2018 e o primeiro semestre de 2019 e disponibilizados para acesso dos citricultores e demais interessados em novembro de 2019 no site do sistema, substituindo a versão anterior usada desde 2013, na qual era indicada apenas a quantidade de psilídeos em cada quadrante de 1 km².

Os riscos classificados e atualizados de cada região a cada quinzena são úteis para o monitoramento de ocorrência e da flutuação populacional dos psilídeos no cinturão citrícola, permitindo acompanhar a evolução do risco ao longo do tempo, bem como identificar as regiões em que há maior e menor ocorrência do inseto. Essa otimização poderá ser útil em próximas etapas de otimização do sistema, como, por exemplo, a tomada de decisão de emissão dos alertas que poderão ser baseados nesta classificação de risco de ocorrência de psilídeos.

Tabela 2. Classificação do risco de ocorrência de ocupação de psilídeos utilizados na construção dos mapas de risco de ocorrência obtidos com os dados históricos.

Classificação do risco	Cor no mapa	Nível de ocupação
Baixo	Verde	Ocupação atual abaixo do <i>limite inferior da mediana</i> obtido com o histórico de ocupação da própria região e de todas as regiões do Alerta.
Médio	Amarelo	Ocupação atual entre o <i>limite inferior da mediana</i> e a <i>mediana</i> obtidos com o histórico de ocupação da própria região e de todas as regiões do Alerta.
Alto	Alaranjado	Ocupação atual entre a <i>mediana</i> e o <i>limite superior da mediana</i> obtidos com o histórico de ocupação da própria região e de todas as regiões do Alerta.
Extremo	Vermelho	Ocupação atual acima do <i>limite superior da mediana</i> obtido com o histórico de ocupação da própria região e de todas as regiões do Alerta.

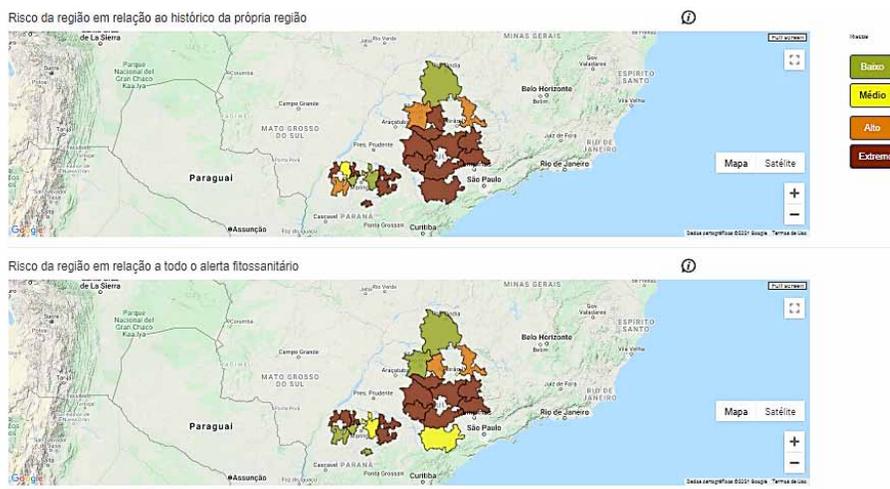


Figura 3. Mapas de classificação do risco atual de ocorrência de psilídeos. O mapa superior indica o risco da região em relação ao histórico da própria região, de acordo com a divisão do Alerta Fitossanitário (Figura 1). O mapa inferior indica o risco da região em relação a todo o Alerta Fitossanitário.

Fonte: Fundo de Defesa da Citricultura (2022).

Conclusão

O Alerta Fitossanitário do psilídeo foi otimizado na sua forma de apresentação aos usuários e principalmente no monitoramento do risco de ocorrência de psilídeo no cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro.

Com essa otimização, o sistema disponibiliza quinzenalmente aos citricultores do cinturão citrícola a situação atual de risco de ocorrência de *D. citri* de cada região que integra o sistema. Isso tem facilitado o acompanhamento populacional do inseto, bem como o seu uso como ferramenta na tomada de decisão de medidas de controle do inseto vetor em escala regional, como os alertas de pulverizações conjuntas.

Referências

BASSANEZI, R. B.; LOPES, S. A.; MIRANDA, M. P.; WULFF, N. A.; VOLPE, H. X. L.; AYRES, J. A. Overview of citrus huanglongbing spread and management strategies in Brazil. **Tropical Plant Pathology**, v. 45, p. 251-264, 2020.

COLETTA-FILHO, H. D.; TARGON, M. L. P. N. ; TAKITA, M. A.; DE NEGRI, J. D.; POMPEU JR, J.; MACHADO, M. A.; AMARAL, A. M. do; MULLER, G. W. First report of the causal agent of Huanglongbing ("Candidatus Liberibacter asiaticus") in Brazil. **Plant Disease**, v. 88, n.1382, 2004.

COSTA LIMA, A. M. Insetos do Brasil. **Homoptera**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, v. 3, n. 101, 1942.

Fundo de Defesa da Citricultura. **Guia de fases de desenvolvimento vegetativo da planta de citros**. 2015. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/guia-de-fases-de-desenvolvimento-vegetativo-da-planta-de-citros/69. Acesso em: 23 jun. 2022.

Fundo de Defesa da Citricultura. **Mapas de indicação de risco de ocorrência de psilídeos**. dez. 2022. Disponível em: <http://alerta.fundecitrus.com.br/fundecitrus/wphome.aspx> . Acesso em: 5 jun. 2022.



Mandioca e Fruticultura

Parceria



MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA E
PECUÁRIA



CGPE 018250