



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS**

**DINÂMICA POPULACIONAL DO PSILÍDEO E INCIDÊNCIA DE HLB EM
LARANJA VALÊNCIA CONDUZIDA EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS,
ESPAÇAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO VETOR**

JOSÉ FÁBIO CAVALCANTI MACÊDO

**Araras
2026**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
PRODUÇÃO VEGETAL E BIOPROCESSOS ASSOCIADOS

DINÂMICA POPULACIONAL DO PSILÍDEO E INCIDÊNCIA DE HLB EM
LARANJA VALÊNCIA CONDUZIDA EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS,
ESPAÇAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO VETOR

JOSÉ FÁBIO CAVALCANTI MACÊDO

ORIENTADORA: PROFA. DRA. MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY

Dissertação apresentada ao Programa
de Pós-Graduação em Produção
Vegetal e Bioprocessos Associados
como requisito parcial à obtenção do
título de MESTRE EM PRODUÇÃO
VEGETAL E BIOPROCESSOS
ASSOCIADOS

Macêdo, José Fábio Cavalcanti

Dinâmica populacional do psílídeo e incidência de hlb em laranja valência conduzida em diferentes porta-enxertos, espaçamentos e estratégias de controle do vetor / José Fábio Cavalcanti Macêdo -- 2026.
76f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras
Orientador (a): Mariângela Cristofani-Yaly
Banca Examinadora: Evandro Henrique Schinor,
Fernando Alves de Azevedo
Bibliografia

1. Huanglongbing. 2. Protetor solar . 3. Dinâmica de brotação . I. Macêdo, José Fábio Cavalcanti. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática
(SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

Bibliotecário responsável: Maria Helena Sachi do Amaral - CRB/8
7083



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de ciências agrárias

Programa de pós-graduação em produção vegetal e bioprocessos associados

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado do candidato José Fabio Cavalcanti Macêdo, realizada em 23/04/2026.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Mariângela Cristofani-Yaly (IAC)

Prof. Dr Evandro Henrique Schinor (UFSCar)

Prof. Dr Fernando Alves de Azevedo (IAC)

O Relatório de Defesa assinado pelos membros da Comissão Julgadora encontra-se arquivado junto ao Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente, agradeço a Deus pelo dom da vida, pela força nas horas de cansaço e por iluminar cada passo do meu caminho. Sem a sua presença e amparo, nada disso seria possível.

À minha família, meu porto seguro. Em especial à minha esposa, Keliny, pelo apoio incondicional e paciência; à minha mãe (Maria José) e aos meus irmãos (Fabiano, Flavia e Franciely), aos meus sobrinhos (João Bento e Ana Catharina), pelo amor que me sustenta. Um agradecimento profundamente especial à memória do meu pai; embora não esteja presente fisicamente, sinto que seu esforço e tudo o que fez por mim em vida continuam sendo a base de quem eu sou.

À minha orientadora, Prof.^a Dr.^a Mariângela Cristofani-Yaly, expressei minha mais sincera gratidão. Obrigado por acreditar em mim, pela paciência generosa e por caminhar ao meu lado. Seus ensinamentos e incentivo foram fundamentais não apenas para esta pesquisa, mas para o meu crescimento pessoal e acadêmico.

Aos técnicos e amigos do Centro de Citricultura Sylvio Moreira/IAC, em especial ao Gustavo Henrique Colombo, Thiago Peiti Monteiro e Vanderlei Rodrigues, e ao estagiário Rycardo Nery Malmegrim. A ajuda técnica e o companheirismo de vocês no dia a dia foram essenciais para que este trabalho ganhasse vida. Estendo esse agradecimento a todos os colegas e técnicos do Laboratório de Biotecnologia.

Aos meus colegas de jornada, pelas trocas de conhecimento e pelos momentos de descontração que tornaram a caminhada mais leve.

À Diretoria do Centro de Ciências Agrárias (CCA-UFSCar), pela concessão da bolsa de extensão da Fundação de Apoio Institucional ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico (FAI), suporte que foi decisivo para a minha permanência e dedicação ao curso e também agradeço ao apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) que viabilizou a execução deste estudo.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados, pelo carinho e por compartilharem tanta experiência conosco.

Por fim, agradeço a coordenação do (PPVBA) pela oportunidade e pelo apoio institucional, que permitiram a conclusão desta etapa tão importante da minha vida.

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS	i
ÍNDICE DE FIGURAS	ii
RESUMO	v
ABSTRACT	vi
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	5
2.1. Objetivo geral	5
2.2. Objetivos específicos.....	5
3. REVISÃO DA LITERATURA	6
3.1. Importância socioeconômica da citricultura no Brasil.....	6
3.2. Principais Variedades Copa na Produção de Laranjas Doces	6
3.3. Porta-enxertos na citricultura	7
3.4. Complexo huanglongbing - Psilídeo: O principal desafio da citricultura moderna	9
3.4.1. Vetor: Bioecologia de <i>Diaphorina citri</i> Kuwayama	10
3.4.2. População do vetor e o fluxo de novas brotações	12
3.4.3. Controle Físico: Eficácia e Limitações do Caulim - (Surround WP)	13
3.5. Controle químico: Inseticida sistêmico tiametoxam - (Actara 250 WG)	14
4. MATERIAIS E MÉTODOS	16
4.1. Caracterização da área experimental	16
4.2. Desenvolvimento vegetativo e o psilídeo	17
4.2.1. Avaliação da dinâmica de brotação.....	18
4.2.2. Monitoramento do Psilídeo adulto	20
4.3. Caulim como barreira física contra a <i>Diaphorina citri</i>	20
4.4. Avaliação da mortalidade do psilídeo por controle via produto Actara®.....	23
4.5. Forma de análise dos resultados	26
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
5.1. Desenvolvimento vegetativo	27
5.1.1 Influência das diferentes combinações (porta-enxerto x espaçamento) sobre a variedade copa laranja Valência	30
5.1.2. Dinâmica de Brotação	30
5.1.3. Área abaixo da curva de brotação total (AACB-total)	31
5.1.4. Frequência de brotação para período de avaliação.....	33
5.1.5. Matriz de correlação de Pearson (Brotações x Variáveis climáticas).....	35
5.1.6. Influência da dinâmica de brotação na flutuação populacional de <i>Diaphorina citri</i>	37
5.1.7. Correlação entre psilídeos x brotação (AABC)	38
5.2. Caulim como barreira física contra a <i>Diaphorina citri</i> : Avaliação da repelência	40
5.2.1. Monitoramento do Psilídeo.....	40
5.2.2. Incidência e a Severidade do HLB.	43
5.2.2.1 Progresso da Severidade do HLB e Efeito do Manejo com Caulim	43

5.2.2.2. Severidade do HLB com Tratamento (caulim) x Testemunha (sem aplicação do caulim) nos Porta-enxertos IAC Itajobi, IAC Santamélia e IAC Barretos	46
5.2.2.3. Incidência do HLB para todos os porta-enxertos (Barretos, Swingle, IAC 3155, Itajobi e o Santamelia) com tratamento x testemunha	47
5.3. Avaliação da mortalidade do psilídeo por controle via produto Actara®.....	48
6. CONCLUSÕES.....	52
7. LITERATURA CITADA.....	53
APÊNDICE	62

ÍNDICE DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Nomes comercial parentais, porte e acrônimos dos porta-enxertos da laranjeira Valência avaliados em Cordeirópolis, SP.....	17
Tabela 2. Diâmetro de copa (m), volume da copa (m ³) e taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL) em laranja Valência, com 3 anos de plantio, enxertada em quatro porta-enxertos em quatro espaçamentos conduzida em sequeiro. Cordeirópolis, SP, 2025.....	27
Tabela 3. Altura de copa (m) de laranjeiras Valência em diferentes porta-enxertos e espaçamentos de plantio.....	29
Tabela 4. Matriz de correlação de Person da análise de brotação e psílideo em copa de laranja Valência enxertada em cinco porta-enxertos de plantio aos 3 anos de idade. Referente ao período Jul/2024 a abril/ 2025.....	40
Tabela 5. Eficácia média de controle (%) ¹ do inseticida Actara em diferentes citrandarins enxertados em copa de laranjeira e em ciclos de reinfestação do <i>Diaphorina citri</i>	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Médias mensais de temperatura (máxima, mínima e média) e precipitação acumulada na área experimental entre julho de 2024 e julho de 2025. Cordeirópolis, SP.....	16
Figura 2. Marcação com fita cor vermelha dos ramos com tamanhos semelhantes e equidistantes para a contagem dos novos brotos (A). Guia de fases Fundecitrus para a classificação de desenvolvimento de brotações vegetativas para citros (B).....	19
Figura 3. Representação esquemática do delineamento experimental.....	21
Figura 4. Copa dividida em estratos superior e inferior, para atribuição de notas conforme sintoma de severidade demonstrado pelo HLB. Imagem a esquerda representa planta com nota 0. já a direita com nota 1, adaptada de Gottwald et al. (1989).....	22
Figura 5. Representação esquemática do delineamento experimental.....	22
Figura 6. Pulverização via trator do caulim (Surround WP), direcionada para toda a planta em pomar jovem de Valencia.....	23
Figura 7. Detalhe do confinamento de adultos de <i>Diaphorina citri</i> em gaiolas de tecido tipo voil instaladas em plantas de Valencia no campo.....	24
Figura 8. Diagrama da unidade experimental. Vista superior das duas plantas em lados opostos.....	25
Figura 9. Cobertura da Copa na Linha de plantio em variedade copa Valência no porta-enxerto Santamélia nos espaçamentos de plantio 1,5 metros (A); 2,0 metros (B); 2,5 metros (C) e 3,0 metros (D).....	28
Figura 10. Dinâmica de brotação através da área abaixo da curva (AACB) em (broto dia ⁻¹) no dossel de laranja doce Valência enxertada nos porta-enxertos, IAC Barretos (A), IAC 155 (B), IAC Itajobi (C), IAC Santamelia (D), Swingle (E). Precipitação pluvial acumulada (mm) no para o período de avaliação (F).....	31
Figura 11. Intensidade de brotação Área Abaixo da Curva de Brotação (AACB-total) (broto dia ⁻¹) em pomar de 3 anos de laranja doce Valência, conduzida em sequeiro sobre diferentes porta-enxertos nos anos de 2024 a 2025, Cordeirópolis, SP. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).....	32
Figura 12. Intensidade de brotação Área Abaixo da Curva de Brotação (AACB) (broto dia ⁻¹) em pomar de 3 anos de laranja doce Valência, conduzida em sequeiro em diferentes adensamentos de plantio nos anos de 2024 a 2025, Cordeirópolis, SP. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott (P<0,05).....	33
Figura 13. Frequência média de brotação para o período de avaliação, em copa de laranja doce Valencia enxertada em cinco diferentes porta-enxertos em quatro diferentes densidades de plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula para o porta-enxerto não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott	

a 5% de probabilidade.....	34
Figura 14. Frequência média de brotação para o período de avaliação, em copa de laranja doce Valência enxertada em cinco diferentes porta-enxertos em quatro diferentes densidades de plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula para o espaçamento não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.....	35
Figura 15. Mapa de calor valores de R ($p < 0,05$) da análise de correlação brotações e variáveis climáticas. Comparação por porta-enxerto e espaçamento referentes ao período (jul/2024 a abr/2025) em Cordeirópolis, SP. Precipitação acumulada (mm), temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) (T. Máxima), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) (T. Média) e mínima ($^{\circ}\text{C}$) (T. Mínima).....	36
Figura 16. Flutuação populacional de <i>Diaphorina citri</i> no período de janeiro/2024 a setembro/2025 em um pomar copa de laranja doce Valencia, na cidade de Cordeirópolis SP. As Barras do eixo esquerdo (azuis) representam o índice de psilídeos por armadilha (IPA), já as barras cinzas representam o índice de psilídeos por armadilha com captura (IPAC). Já a linha representa a porcentagem de armadilhas com captura de psilídeos.	38
Figura 17. Flutuação populacional de <i>Diaphorina citri</i> e sua relação com a intensidade média de fluxos vegetativos medida através da área abaixo da curva (AAC brotos dia^{-1}). Em um pomar de laranja doce Valência, enxertada nos citrandarins (Itajobi Barretos, IAC 3155 Santamélia) e Swingle no período de julho de 2024 a abril de 2025.....	39
Figura 18. Flutuação populacional de <i>Diaphorina citri</i> em pomar de laranjeira Valência submetido à aplicação de caulim processado e tratamento testemunha. Dados referentes à porcentagem de armadilhas com captura (eixo esquerdo) e índice de psilídeos por armadilha com captura -IPAC (eixo direito), no período de janeiro de 2024 a setembro de 2025. Cordeirópolis-SP.....	41
Figura 19. Progresso temporal acumulado da captura de adultos de <i>Diaphorina citri</i> em pomar de laranjeira Valência submetido a tratamentos com e sem aplicação de caulim processado. Período de avaliação de janeiro de 2024 a setembro de 2025, Cordeirópolis-SP.....	42
Figura 20. Efeito da aplicação de Caulim na redução da população acumulada de psilídeo através da Área abaixo da curva (AAC) em função dos tratamentos em pomar de laranja doce Valência em Cordeirópolis-SP. Avaliação de janeiro de 2024 a setembro de 2025. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).....	43
Figura 21. Curva de progresso da severidade média do <i>huanglongbing</i> (HLB) em cinco porta-enxertos num pomar de laranjeira Valência com três anos de idade, submetidos ao manejo com filme de partículas de caulim. Os gráficos ilustram o progresso da doença nos espaçamentos de (A) 1,5 m, (B) 2,0 m, (C) 2,5 m e (D) 3,0 m entre plantas e (E) Curva geral de progresso da severidade do <i>huanglongbing</i> (HLB). As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025).....	44
Figura 22 Análise de variância e médias da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para severidade de HLB em pomar de laranjeira Valência com três anos de idade, tratado com filme de partículas de caulim, em Cordeirópolis-SP. As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025). Os valores da	

AACPD foram normalizados pelo período de avaliação (270 dias) para apresentação em severidade média (%). Médias seguidas de letras minúsculas e maiúsculas diferentes, respectivamente entre porta-enxertos dentro de cada espaçamento e entre espaçamentos dentro de cada porta-enxerto, diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$)..... 45

Figura 23. Análise Interação Tratamentos (caulim e testemunha) x Espaçamento para os valores médios da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para severidade de HLB em pomar de laranjeira Valência com três anos de idade, em Cordeirópolis-SP. As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025). Os valores da AACPD foram normalizados pelo período de avaliação (270 dias) para apresentação em severidade média (%). Médias seguidas de letras minúsculas e maiúsculas diferentes, respectivamente entre tratamento dentro de cada espaçamento e entre espaçamentos dentro de cada tratamento diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$)..... 46

Figura 24. Distribuição da incidência do HLB em plantas de laranja Valencia em diferentes classes de severidade da escala CRDF/Gottwald, em função do tratamento com filme de partículas de (Caulim) (A) e testemunha (sem aplicação) (B). As notas correspondem a: 0 = 0% (Assintomática); 1 = < 20% (Sintomas leves); 2 = 20-40% (Sintomas moderados); 3 = 40-60%; 4 = 60-80%; 5 = > 80%. Dados acumulados ao longo de 270 dias de avaliação.)..... 48

Figura 25. Incidência média de *huanglongbing* (HLB) em diferentes tratamentos (Caulim x Testemunha), ao longo do período experimental. Em pomar de laranjeira Valência com três anos de idade, em Cordeirópolis-SP. As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025)...... 48

Figura 26. Eficácia de Abbott por Porta-Enxerto corrigida em porcentagem (%) ao longo do tempo..... 49

DINÂMICA POPULACIONAL DO PSILÍDEO E INCIDÊNCIA DE HLB EM LARANJA VALÊNCIA CONDUZIDA EM DIFERENTES PORTA-ENXERTOS, ESPAÇAMENTOS E ESTRATÉGIAS DE CONTROLE DO VETOR

Autor: JOSÉ FÁBIO CAVALCANTI MACÊDO

Orientador: Profa. Dra. MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY

RESUMO

O huanglongbing (HLB) é a doença mais restritiva da citricultura mundial, exigindo o manejo rigoroso de seu inseto vetor, o psilídeo *Diaphorina citri*. Este trabalho teve como objetivo avaliar estratégias integradas de manejo para o vetor e o HLB em um pomar jovem de laranjeira Valência sob a influência de diferentes porta-enxertos (citrandarins IAC 3155, IAC 3073 Barretos, IAC 3152 Itajobi, IAC 3026 Santamélia e o citrumelo Swingle), espaçamentos de plantio (1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 m) e estratégias de controle (barreira física com caulim processado e químico com tiametoxam via drench). O experimento foi conduzido no Centro de Citricultura Sylvio Moreira em Cordeirópolis, SP, avaliando-se o desenvolvimento vegetativo, a dinâmica de brotação, a flutuação populacional do psilídeo, a incidência e severidade do HLB, além do efeito residual do inseticida. Os resultados demonstraram que porta-enxertos vigorosos (IAC 3155 e IAC 3073 Barretos) induziram maior crescimento da copa, enquanto o IAC 3026 Santamélia confirmou sua característica ananicante. O adensamento (1,5 m entre plantas na linha) acelerou a cobertura na linha de plantio e reduziu a intensidade total de brotação. Constatou-se forte correlação positiva entre os picos de brotação e os surtos populacionais de *D. citri*, com os porta-enxertos Swingle e IAC 3073 Barretos favorecendo uma maior atração do vetor. A pulverização quinzenal de caulim atuou como barreira física e visual eficaz, reduzindo a densidade populacional do inseto em até 72% durante os picos. Embora a incidência do HLB tenha permanecido elevada (>90%) em toda a área, o caulim diminuiu significativamente a severidade da doença e a progressão dos sintomas, com proteção otimizada nos plantios mais adensados. No controle químico a variedade do porta-enxerto não influenciou a eficiência do inseticida, que apresentou excelente controle e efeito residual por 56 dias, cobrindo dois ciclos de reinfestação. A partir do 57º dia, o esgotamento da proteção sistêmica da molécula na planta reduziu a eficácia do produto. Conclui-se que a adoção de porta-enxertos de menor vigor, aliada ao adensamento de plantio e à combinação de caulim com inseticidas sistêmicos, constitui uma estratégia para a mitigação do complexo HLB-psilídeo.

Palavras-chave: *Citrus sinensis*, huanglongbing; protetor solar; brotação;

Diaphorina citri; tiametoxam; adensamento de plantio; caulim; controle sistêmico

POPULATION DYNAMICS OF THE PSYLLID AND INCIDENCE OF HLB IN VALENCIA ORANGE GROWN ON DIFFERENT ROOTSTOCKS, SPACINGS, AND VECTOR CONTROL STRATEGIES.

Author: JOSÉ FÁBIO CAVALCANTI MACÊDO

Adviser: Prof. Dr. MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY

ABSTRACT

Huanglongbing (HLB) is the most restrictive disease in citrus farming worldwide, requiring rigorous management of its insect vector, the psyllid *Diaphorina citri*. This study aimed to evaluate integrated management strategies for the vector and HLB in a young Valencia orange orchard under the influence of different rootstocks (citrandarins IAC 3155, Barretos, Itajobi, Santamélia and the citrumelo Swingle), planting spacings (1.5, 2.0, 2.5 and 3.0 m) and control strategies (physical barrier with processed kaolin and chemical control with thiamethoxam via drench). The experiment was conducted at the Sylvio Moreira Citrus Center in Cordeirópolis, SP, evaluating vegetative development, sprouting dynamics, psyllid population fluctuation, HLB incidence and severity, as well as the residual effect of the insecticide. The results demonstrated that vigorous rootstocks (IAC 3155 and IAC 3073 Barretos) induced greater canopy growth, while IAC 3026 Santamélia confirmed its dwarfing characteristic. Higher planting density (1.5 m between plants in the row) accelerated coverage in the planting row and reduced the total intensity of sprouting. A strong positive correlation was found between sprouting peaks and population outbreaks of *D. citri*, with the Swingle and IAC 3073 Barretos rootstocks favoring greater attraction of the vector. Fortnightly spraying with kaolin acted as an effective physical and visual barrier, reducing the insect population density by up to 72% during peaks. Although the incidence of HLB remained high (>90%) throughout the area, kaolin significantly reduced disease severity and symptom progression, with optimized protection in denser plantings. In chemical control, the rootstock variety did not influence the insecticide's efficiency, which showed excellent control and residual effect for 56 days, covering two reinfestation cycles. From the 57th day onwards, the depletion of the molecule's systemic protection in the plant reduced the product's effectiveness. It is concluded that the adoption of less vigorous rootstocks, combined with denser planting and the combination of kaolin with systemic insecticides, constitutes a strategy for mitigating the HLB-psyllid complex.

Key-words: *Citrus sinensis*; huanglongbing; sunscreen; flushing; *Diaphorina citri*; thiamethoxam; high-density planting; kaolin; systemic control

1. INTRODUÇÃO

O Brasil consolida sua posição de liderança, destacando-se como o maior produtor de laranjas doces [*Citrus × sinensis* (L.) Osbeck], com uma produção média de aproximadamente 16,86 milhões de toneladas ano, sendo seguido pela China, com uma média de 7,81 milhões de toneladas, pelo México, com cerca de 4,69 milhões de toneladas, e pelos Estados Unidos, em quarto lugar, com uma produção de 4,28 milhões de toneladas (FAO, 2024). Segundo o Departamento Americano de Agricultura (USDA 2026), estima-se que a produção mundial de laranja na safra de 2025/2026 será de aproximadamente 45,9 milhões de toneladas, impulsionado por colheitas maiores no Brasil e Egito.

Estimativas prevêem que a produção brasileira será de 13,5 milhões de toneladas um total de 330,9 milhões de caixas de 40,8 kg (USDA 2026), já para o cinturão citrícola de São Paulo e triângulo / sudoeste mineiro a reestimativa da safra 2025/2026 para laranja foi aproximadamente de 292,60 milhões de caixas de 40,8 kg, segundo levantamentos realizados pelo Fundecitrus (2026).

Para além do cinturão citrícola de SP e MG, outras regiões destacam-se na citricultura, atendendo desde agricultura familiar até grandes exportadoras. Na produção de laranjas doces, temos os tabuleiros costeiros nos estados da Bahia e Sergipe, a cidade de Capitão Poço (PA) e Santana do Mundaú (AL). No estado do Rio de Janeiro (Região dos Lagos) e novas fronteiras como Rio Preto da Eva (AM), Itaberaí (GO) e Liberato Salzano (RS) também apresentam crescimento (GIRARDI et al., 2021).

Mas não apenas na produção da laranja *in natura*, o país é considerado um dos principais exportadores se não o principal exportador mundial de suco de laranja, concentrado e congelado o chamado Frozen Concentrated Orange Juice (FCOJ). Na safra 2024/2025, foram produzidas 745,593 mil toneladas de suco de laranja em equivalente FCOJ a 66° Brix, resultando em receitas totais de US\$ 3,31 bilhões. Desse volume, 438,106 mil toneladas corresponderam às exportações de FCOJ, enquanto 307,487 mil toneladas referiram-se ao suco de laranja do tipo Not From Concentrate (NFC). Os principais mercados consumidores do suco de laranja brasileiro são, a União Europeia, que recebe cerca de 52,8% do total, seguida pelos Estados Unidos, com 32%, China com 8,8%, Japão com 3% e outros países com 3,4% (CITRUSBR, 2026).

A produção de laranja no Brasil é basicamente concentrada nas regiões Sul e Sudeste apesar das ocorrências de alguns outros polos. Mas no cenário atual, o estado de São Paulo é principal produtor de laranjas no país responsável por 76,5% da produção nacional seguido por Minas Gerais com 5,37% e Paraná com 4,5% (ABRAFRUTAS, 2026). Estes estados juntos formam o cinturão citrícola, que se estende pelo planalto paulista, pelo Triângulo Mineiro, pelo sudoeste de Minas Gerais e pelo noroeste do Paraná (FUNDECITRUS, 2021). Abrangendo cerca de 350 municípios de São Paulo e Triângulo e Sudoeste de Minas Gerais que tem sua economia impulsionada por esta commodity (GIRARDI et al., 2021).

Mais recentemente os estados do Paraná, Mato Grosso do Sul, Goiás e o Distrito Federal vêm ganhando destaque como novos polos citrícolas sendo assim considerados como parte do Cinturão Citrícola Expandido - CCE (MOREIRA et al., 2023).

Estas mudanças vêm ocorrendo devido ao elevado impacto causado por pragas e doenças presentes nas atuais áreas produtoras. Com destaque para a principal doença dos citros o huanglongbing (HLB), também conhecido como *Greening* causada pela bactéria *Candidatus Liberibacter* sendo a do gênero *asiaticus* (CLas) a de maior ocorrência. Tendo como seu vetor o psíldeo asiático dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) presente no plantio o ano todo, mas com picos populacionais em épocas de maior crescimento vegetativo (YAMAMOTO et al., 2001). O psíldeo adquire a bactéria quando se alimenta do floema de plantas infectadas e a transmite ao se alimentar do floema de plantas cítricas não infectadas (HALBERT e MANJUNATH, 2004, MILENA et al., 2022)., o que vem a causar perdas na produtividade e na qualidade dos frutos (BOVÉ, 2006). Até o momento todas as plantas cítricas são suscetíveis a esta doença, por isso é extremamente importante o manejo do *D. citri* para a produção (SANTIAGO-ROSÁRIO et al., 2023; SILVA et al., 2025).

Levantamento realizado pelo Fundecitrus para a incidência de plantas com a presença do greening na safra 2025/2026 revelaram que 47,63% das plantas do parque citrícola atual estão infectadas pela bactéria. Um aumento de 7,40% em relação à safra 2024/2025, que registrou 44,35% de incidência média (FUNDECITRUS, 2026b).

Algumas das estratégias adotadas para atenuação dos danos causados à produção por esta doença, é a utilização de porta-enxertos ananizantes ou semi-

ananicantes, que conferem um menor porte e possibilitam o adensamento do plantio, aumento do número de plantas por área, compensando as perdas causadas com a remoção de plantas infectadas (STUCHI; GIRARDI, 2010; SULZBACH et al., 2017; DORTA; MACHADO; FREITAS-ASTÚA, 2019). Como avaliado por Vitória, et al. (2024), a escolha do porta-enxerto pode afetar a resistência da planta a doenças como o huanglongbing (HLB). Garieri, 2016, ao avaliar diferentes combinações de copa e porta-enxerto na presença do HLB, observaram-se variações na dinâmica de brotação e na sobrevivência das plantas, sugerindo que o porta-enxerto pode influenciar a expressão da doença na cultivar copa e aumentar a atratividade das plantas aos insetos vetores devido à maior incidência de brotações novas

O uso de caulim é uma estratégia empregada em pulverizações, um mineral aluminossilicatado branco, de granulação fina, não poroso e quimicamente inerte (GLENN et al., 1999). Em estudos conduzidos por Miranda et al. (2018) e Pierre (2021), a aplicação de caulim em suspensão aquosa foi utilizada para formar uma película de partículas sobre as folhas. Esse filme atua como uma barreira física que dificulta a alimentação do psíldeo e suprime infestações, tornando a planta visual e taticamente irreconhecível para o inseto (GLENN et al., 1999). A formação dessa barreira de caulim em árvores cítricas foi demonstrada por McKenzie et al. (2002), que observaram a redução das densidades de ninfas e adultos de *Diaphorina citri* em plantas já adultas.

Embora eficaz na proteção de novos pomares, o uso de caulim possui limitações em períodos de alta pluviosidade, ficando as novas brotações expostas e suscetíveis. O que vem a deixar as plantas mais atrativas para oviposição e desenvolvimento de ninfas e alimentação (SÉTAMOU et al., 2016; CIFUENTES-ARENAS et al., 2018; VITORIA, 2024). Por este motivo deve ser combinada com outros métodos de controle populacional, já que picos de infestação ocorrem em períodos de intenso crescimento vegetativo, ou seja, os períodos de maior pluviosidade.

Por isso, a utilização de produtos sistêmicos, como o tiametoxam um neonicotinoide cujo mecanismo de ação atua nos moduladores competitivos do receptor nicotínico de acetilcolina (nAChR), pode ser uma ferramenta de grande importância no controle do psíldeo. Esse uso apresenta vantagens como a seletividade aos inimigos naturais, maior efeito residual e melhor controle da disseminação da praga. Além disso, a ação sistêmica do tiametoxam é uma

vantagem operacional relevante, pois o ingrediente ativo é translocado para novas brotações não cobertas por barreiras físicas, como o caulim. Isso o torna ideal para proteger tecidos jovens, especialmente após as chuvas (MIRANDA et al., 2018b; OZSIRVAN et al., 2024).

Aplicações sistêmicas via solo oferecem controle mais duradouro (OZSIRVAN et al., 2024), contudo, um desafio crescente é o desenvolvimento de resistência. Segundo Liu et al. (2025), a rápida evolução de resistência a neonicotinoides em populações de *Diaphorina citri*, por meio de mecanismos como mutações no receptor ou aumento do metabolismo do inseticida, reforça a necessidade de implementar estratégias de manejo integrado de resistência, incluindo a rotação de produtos com diferentes modos de ação.

Frente ao exposto, justifica-se a implementação dessas estratégias mencionadas como uma forma de viabilizar a citricultura ante aos desafios causados pelo Huanglongbing. Essas abordagens podem vir a resultar em ferramentas para um sistema de produção mais resiliente contra o HLB, mas também promover uma citricultura mais sustentável e economicamente viável.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar as estratégias de manejo para o *Diaphorina citri* e para o huanglongbing (HLB) em um pomar jovem de laranjeira Valência, determinando a influência de diferentes porta-enxertos, espaçamentos e métodos de controle com uso do caulim (Surround WP) e o Tiametoxam (Actara 250 WG).

2.2. Objetivos específicos

- Caracterizar o crescimento vegetativo e o ciclo fenológico das plantas de laranjeira Valência sob a influência de diferentes porta-enxertos (citrandarins IAC 3152 Itajobi, IAC 3155, IAC 3073 Barretos, IAC 3026 Santamélia) e Citrumelo Swingle e os espaçamentos de plantio (3,0 metros, 2,5 metros, 2,0 metros e 1,5 metros);
- Investigar como diferentes combinações de porta-enxerto em copa de laranjeira Valência afetam a dinâmica de brotação em diferentes espaçamentos;
- Avaliar a eficácia do caulim como barreira física na redução da infestação do psilídeo;
- Determinar a eficiência do inseticida sistêmico Actara na mortalidade de *Diaphorina citri*;

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Importância socioeconômica da citricultura no Brasil

O gênero *Citrus*, originário do sudeste asiático, pertence à família Rutaceae, sendo *Poncirus*, *Citrus* e *Fortunella* os gêneros de maior relevância comercial (SWINGLE e REECE, 1967; VITORIA, 2024). As primeiras plantas cítricas foram introduzidas no Brasil pelos colonizadores portugueses no século XVI, com registros datando de 1530 em Cananeia (SP), expandindo-se rapidamente pelo litoral paulista (MACHADO et al., 2005).

A cultura adaptou-se tão bem ao território brasileiro que chegou a ser confundida com uma planta nativa (Machado et al., 2005). A partir da década de 1960, o país iniciou as exportações de suco de laranja e, em 1980, tornou-se o maior produtor mundial de laranja doce *C. × sinensis* (L.) Osbeck (FAO, 2023), superando os Estados Unidos em produção e tecnologia (NEVES et al., 2010; VITORIA, 2024), passando a ser um dos principais geradores de empregos no país. Segundo a CitrusBR (2023), foram criados 54.232 novos postos de trabalho, um crescimento de 8% em relação a 2022, com São Paulo, Minas Gerais e Paraná liderando as contratações. No total, o setor emprega cerca de 200 mil pessoas direta e indiretamente, gerando um retorno de US\$ 189 milhões em impostos (SAA, 2024).

O principal parque citrícola brasileiro concentra-se nas regiões Sul e Sudeste, com destaque para o estado de São Paulo (FUNDECITRUS, 2021). Nos últimos anos, esse cinturão tem se expandido para estados vizinhos, em parte devido ao impacto de doenças nas áreas tradicionais, especialmente o huanglongbing (HLB), também conhecido como Greening (BOVÉ, 2006; MOREIRA et al., 2023).

3.2. Principais Variedades Copa na Produção de Laranjas Doces

A citricultura paulista baseia-se em seis principais variedades de laranja-doce, agrupadas conforme seus ciclos de maturação.

As principais variedades precoces Hamlin, Westin e Rubi representam aproximadamente 18,3% do volume de caixas. Somadas às demais cultivares desse grupo, como Valência Americana, Seleta, Pineapple e Alvorada, que contribuem com 6,03%, as variedades precoces totalizam cerca de 21,81% da produção (FUNDECITRUS, 2026).

Entre as variedades de meia-estação, destaca-se a laranja Pera, responsável por 29,9% do total de caixas colhidas. Entretanto, o grupo predominante é o das variedades tardias, composto principalmente por Valência e Valência Folha Murcha, que juntas representam 34,4% de caixas, além da variedade Natal, responsável por 11,8% (FUNDECITRUS, 2026).

3.3. Porta-enxertos na citricultura

O porta-enxerto é um pilar da citricultura moderna, exercendo influência decisiva na tolerância a doenças e estresses, além de modular as características agronômicas da copa (BOWMAN et al., 2021; TARDIVO et al., 2023). Um de seus papéis críticos é conferir resistência a problemas fitossanitários. No contexto do Huanglongbing (HLB), embora as cultivares comerciais de copa sejam suscetíveis, porta-enxertos como o US-942 e o IAC 3222 demonstraram notável tolerância (BOWMAN et al., 2021; TARDIVO et al., 2023; CAVICHIOLI et al., 2024). Pesquisas indicam que genótipos tolerantes podem inclusive reduzir a concentração da bactéria CLas nas raízes (TARDIVO et al., 2023).

O desempenho agrônomo, incluindo produtividade, qualidade dos frutos e porte da árvore, é diretamente modulado pelo porta-enxerto. Sua genética determina a adaptação a estresses abióticos, como seca e salinidade, associada a uma maior eficiência na absorção de água e nutrientes (BOWMAN et al., 2021; CARVALHO et al., 2022; GRAHAM et al., 2024; TARDIVO et al., 2023).

Entre os principais porta-enxertos adotados no Brasil destaca-se o limão Cravo (*Citrus limonia* Osbeck). No entanto, há alguns anos, este vem sendo substituído pelo citrumelo Swingle [*C. paradisi* Macf. × *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.], um híbrido resistente à gomose (*Phytophthora* spp.) (GIRARDI et al., 2021). Contudo, o Swingle apresenta incompatibilidade com a laranja Pera (POMPEU JUNIOR, 2005; VITORIA, 2024), apesar de ambos serem fundamentais para a produção nacional (CARVALHO et al., 2019; MIRANDA et al., 2020; CRUZ et al., 2021).

Recentemente, os citrandarins surgiram como alternativa promissora. Estes híbridos são oriundos do cruzamento de microtangerinas, como a Sunki [*Citrus sunki* (Hayata) hort. ex Tan.] ou a Cleópatra (*C. resnyi* hort. ex Tan.), com o *Poncirus trifoliata* (Raf.). Essa combinação visa aliar a tolerância à seca e ao declínio das

tangerineiras com a resistência à gomose e o controle do vigor (efeito ananicante) característicos do *P. trifoliata* (BLUMER; POMPEU JUNIOR, 2005; SCHINOR et al., 2013; POMPEU JUNIOR; BLUMER, 2014).

No estado de São Paulo, estudos de longa duração conduzidos por Blumer e Pompeu Junior (2005) e Pompeu Junior e Blumer (2009; 2014) demonstraram o potencial de diversos híbridos de *P. trifoliata* para as laranjeiras Pera e Valência, identificando materiais com vigor e produtividade competitivos. Expandindo para os tabuleiros costeiros do Nordeste, Carvalho et al. (2016) avaliaram o tangor Piemonte e observaram que a escolha do porta-enxerto impacta diretamente o vigor e a produção. Na mesma região, França et al. (2016; 2018) constataram variações no desempenho da laranjeira Valência e do tangor Piemonte sobre diferentes citrandarins, ressaltando a importância de seleções locais.

A influência do porta-enxerto estende-se também às características físico-químicas internas do fruto. Domingues et al. (2020) observaram que diferentes híbridos de trifoliata afetaram o desenvolvimento da maturação da laranjeira Valência, alterando a dinâmica de colheita. Em estudo posterior, Domingues et al. (2021) confirmaram que esses fatores impactam as propriedades industriais do suco, como rendimento e sólidos solúveis. Martins et al. (2020) corroboram essa influência na qualidade ao avaliar a laranjeira Pineapple em diferentes porta-enxertos, entre eles o citrumelo Swingle e os citrandarins Índio e Riverside.

No âmbito da fitossanidade, a resistência a doenças permanece como o principal objetivo do uso de híbridos de trifoliata. Estudos demonstraram que o *P. trifoliata* pode ser fonte de tolerância ao HLB, pois não apresentam sintomas severos ou acúmulo excessivo de amido (FOLIMONOVA et al., 2009; BOSCARIOL-CAMARGO et al., 2010; ALBRECHT; BOWMAN, 2012; BOAVA et al., 2017; HUANG et al., 2018; SORATTO et al., 2020).

Por fim, quanto ao manejo de vigor, a tendência moderna de plantios adensados exige plantas de menor porte. Girardi et al. (2021) propõem o ajuste da densidade de plantio ao vigor do porta-enxerto como estratégia para aumentar a eficiência do uso da terra. No entanto, Costa et al. (2021) alertam que a obtenção de citrandarins ananizantes para a laranjeira Valência é um desafio complexo, exigindo seleção rigorosa para não comprometer a produtividade.

Nesse cenário, os novos porta-enxertos lançados em 2023 pelo Centro de Citricultura Sylvio Moreira IAC, os citrandarins (*C. sunki* (Hayata) hort. ex Tanaka X

P. trifoliata cv. Rubidoux) ampliam as opções de manejo para a citricultura. Dentre eles, o IAC 3026 Santamélia destaca-se por induzir porte ananicante ideal para plantios adensados, especialmente com laranjas Pera e Valência, embora seja sensível ao déficit hídrico. Em contrapartida, os cultivares de porte semi-ananicantes, IAC 3155, IAC 3152 Itajobi e IAC 3073 Barretos, oferecem boa tolerância à seca, diferenciando-se por suas aptidões: o IAC 3155 possui tolerância à gomose de *Phytophthora*; o IAC 3152 Itajobi mostra-se versátil para diferentes copas, como lima ácida Tahiti e laranja Pera; enquanto o IAC 3073 Barretos é uma opção, especialmente para a laranja Valência.

3.4. Complexo huanglongbing - Psilídeo: O principal desafio da citricultura moderna

O huanglongbing (HLB), ou *greening*, é a doença mais destrutiva da citricultura mundial, devido à ausência de variedades comerciais resistentes e à dificuldade de controle do seu vetor (BOVÉ, 2006; GRAHAM et al., 2024). O agente etiológico são bactérias do gênero *Candidatus* Liberibacter, sendo a espécie *Candidatus* Liberibacter asiaticus (CLas) a predominante no Brasil (SULZBACH et al., 2017).

A disseminação da doença depende da interação entre o hospedeiro (citros), o patógeno (CLas) e o inseto vetor, o psilídeo *Diaphorina citri* (HALBERT; MANJUNATH, 2004; TARDIVO et al., 2023). O psilídeo adquire a bactéria ao se alimentar de plantas infectadas e a transmite para plantas saudáveis. A aquisição durante o estágio ninfal resulta em maior eficiência de transmissão na fase adulta (INOUE et al., 2009; PELZ-STELINSKI et al., 2010). Um único psilídeo adulto infectado é capaz de transmitir o patógeno, tornando o controle do vetor um desafio central no manejo da doença (PELZ-STELINSKI et al., 2010; ZHENG et al., 2023).

Após a inoculação da bactéria, a planta passa por um longo período de incubação (6 a 12 meses) sem sintomas visuais na copa (JOHNSON et al., 2014; GRAHAM et al., 2024). Durante essa fase assintomática, a infecção causa severa perda de raízes (GRAHAM et al., 2013). Com o avanço da doença, surgem os sintomas foliares, como uma clorose irregular ou mosqueado assimétrico (TARDIVO et al., 2023). Os frutos apresentam deformação, maturação desuniforme, tamanho reduzido e suco com elevada acidez (BASSANEZI et al., 2009). A intensa queda

prematura de frutos leva a perdas drásticas de produtividade (GRAHAM et al., 2024).

Os impactos econômicos do HLB são devastadores. No cinturão citrícola de SP-MG, a incidência média de plantas sintomáticas atingiu 47,62% previsão para safra 2025/2026, um aumento de 7,4% em relação a 2024/2025 (FUNDECITRUS, 2026b). Na Flórida (EUA), a indústria foi dizimada, com uma redução na produção de aproximadamente 90% em 2022 em comparação com os níveis pré-HLB (GRAHAM et al., 2024).

3.4.1. Vetor: Bioecologia de *Diaphorina citri* Kuwayama

O psíldeo asiático dos citros, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae), é a praga mais importante do setor por ser o vetor do HLB (YAMAMOTO et al., 2006; BOVÉ, 2006; LEONG et al., 2022). Seu primeiro relato no Brasil data de 1940 (SULZBACH et al., 2017).

A reprodução de *D. citri* é de forma sexual (HOSSEINZADEH et al., 2023) com o ciclo completo de ovo a adulto variando conforme hospedeiro, durando em média 18 dias em murta (*Murraya paniculata*), 19 dias em *Citrus amblycarpa* “Limau langkat” e 23 dias em folha-de-curry (*Bergera koenigii*) (LEONG et al., 2011; LEONG et al., 2022). As fêmeas adultas precisam se alimentar de brotos novos para amadurecer os ovos e depositá-los em brotos tenros e brotações novas (NUNES et al., 2024; LEONG et al., 2022). As ninfas se desenvolvem exclusivamente em novas brotações (NUNES et al., 2024). Já os adultos são muito móveis e desempenham um papel crucial na disseminação da doença (PIERRE et al., 2021), pois podem voar de árvores infectadas para não infectadas, dispersando-se por curtas e longas distâncias (LEONG et al., 2022; NUNES et al., 2024).

A temperatura é um fator crítico para o desenvolvimento do psíldeo. Populações não conseguem se desenvolver abaixo de 2,5°C e acima de 32°C (AUBERT, 1987). A faixa ótima de temperatura para o ciclo de vida do *D. citri* é entre 25°C e 30°C (STUCHI et al., 2010), mas temperaturas muito elevadas (acima de 32-34 °C) ou muito baixas no inverno podem impedir o desenvolvimento do inseto. Por exemplo, no verão da Flórida, as populações de psíldeos são mais baixas devido às altas temperaturas e à menor disponibilidade de brotos (NUNES et al., 2024).

Quanto ao hábito alimentar o psílídeo é um inseto sugador de seiva do floema (MISHRA, 2022; SILVA et al., 2024). Ele usa seu estilete especializado para penetrar os tecidos da planta, causando danos mecânicos mínimos e possivelmente suprimindo as respostas de defesa da planta (DORTA et al., 2019; SILVA et al., 2024). Durante a alimentação, ele secreta uma saliva gelificante que forma uma bainha protetora ao redor do estilete, protegendo-os contra danos e produtos químicos de defesa da planta (SILVA et al., 2024). O psílídeo se alimenta de uma vasta gama de plantas cítricas e seus parentes próximos (WANG, 2022), com uma preferência notável por tecidos jovens e novos brotos (HOSSEINZADEH et al., 2023). A alimentação dos adultos diminui significativamente em folhas mais velhas (MISHRA, 2022).

O comportamento do *D. citri* é guiado por sinais visuais e químicos (SILVA et al., 2024). É atraído pelas cores amarela e verde, sendo o amarelo utilizado em armadilhas de monitoramento (NUNES et al., 2024). O psílídeo é menos atraído pela coloração branca (STUCHI et al., 2010). Filmes de partículas de caulim (brancos ou tingidos de vermelho) podem repelir os psílídeos, e sua aplicação mensal pode reduzir a população de ovos, ninfas e adultos em até 85%, 78% e 60%, respectivamente (STUCHI et al., 2010; PIERRE et al., 2021). Já a resposta aos voláteis é influenciada pela composição qualitativa e quantitativa desses compostos, como o β -cariofileno, um sesquiterpeno, é conhecido por repelir o psílídeo (SILVA et al., 2024), enquanto o metil salicilato (MeSa), um composto sinalizador, pode ser atrativo para inimigos naturais do psílídeo, como *Tamarixia radiata*, mas altas doses podem desorganizar o comportamento de seleção do hospedeiro do *D. citri*. Plantas infectadas por CLas podem, na verdade, produzir voláteis atrativos para os vetores, incluindo MeSa, o que pode manipular o comportamento do vetor e potencialmente aumentar a disseminação do patógeno (SILVA et al., 2024).

O psílídeo transmite a CLas de maneira persistente, propagativa e circulativa (WANG, 2022; HOSSEINZADEH et al., 2023), indicando que a bactéria se multiplica dentro do inseto antes de ser inoculada em uma nova planta (MISHRA, 2022; NUNES et al., 2024). A eficiência de aquisição é maior em ninfas (49-59%) do que em adultos (8-29%) (NUNES et al., 2024). Ninfas podem adquirir CLas em apenas 30 minutos de alimentação, enquanto adultos necessitam de no mínimo 5 horas (MISHRA & GHANIM, 2022). Após a aquisição, o inseto leva cerca de 17 dias para se tornar infeccioso (HOSSEINZADEH et al., 2023). A CLas coloniza múltiplos

tecidos do inseto, incluindo o intestino médio, hemolinfa e glândulas salivares (MISHRA & GHANIM, 2022; HOSSEINZADEH & HECK, 2023). Taxas de transmissão vertical (transovariana) e sexual são geralmente baixas (MISHRA & GHANIM, 2022).

Características do inseto vetor, como idade, sexo e morfotipo, afetam diretamente sua capacidade de aquisição do patógeno (HOSSEINZADEH; HECK, 2023). Além disso, a concentração bacteriana na planta hospedeira e a idade do tecido vegetal são determinantes para a eficiência da aquisição. A disponibilidade de CLas no floema, bem como o estado fisiológico geral da planta, também desempenham papéis cruciais na carga patogênica acessível ao vetor (MISHRA & GHANIM, 2022).

3.4.2. População do vetor e o fluxo de novas brotações

As plantas cítricas produzem múltiplos períodos de brotação ao ano, que variam com a fisiologia e o clima (SÉTAMOU et al., 2016; CIFUENTES-ARENAS et al., 2018; VITORIA et al., 2024). A dinâmica de *D. citri* está intimamente ligada a esses fluxos, pois sua reprodução depende exclusivamente de brotações novas (LEONG; BEATTIE, 2022). Em geral, o pico de brotação antecede em poucos dias o pico do inseto (LEONG; L; BEATTIE, 2022). Como consequência direta dessa relação, a maior incidência de plantas infectadas com HLB tende a ocorrer em locais com maior intensidade e frequência de brotações (VITORIA, 2024). Picos populacionais do psíldeo acompanham os fluxos de brotação, ocorrendo no final da primavera e início do verão no estado de São Paulo (YANG et al., 2006; NUNES et al., 2024).

Fatores abióticos como temperatura, precipitação e umidade relativa também são críticos (TARDIVO et al., 2023). Temperaturas, na faixa de 32°C a 34°C ou abaixo de 2,5°C impedem seu desenvolvimento (FERNÁNDEZ; MIRANDA, 2005; NUNES et al., 2024). Chuvas intensas (acima de 150 mm/mês) podem reduzir a população de imaturos (NUNES et al., 2024).

A disponibilidade de planta hospedeira é um determinante crítico da ocorrência de *D. citri* (NUNES et al., 2024). Práticas culturais como a poda, que induzem intensa brotação, exigem controle adicional do vetor (VITÓRIA et al., 2024).

A combinação copa/porta-enxerto influencia a frequência e o vigor das brotações (POMPEU JUNIOR, 2005; STUCHI; GIRARDI, 2010). Porta-enxertos mais vigorosos tendem a aumentar a disponibilidade de alimento para o psilídeo. Estudos mostram que porta-enxertos ananizantes, como o Flying Dragon, resultam em menor número de brotos e menor incidência de HLB, facilitando o manejo cultural e as pulverizações (CARVALHO et al., 2021; VITORIA et al., 2024) ou seja uma menor oferta de alimento para o vetor (POMPEU JUNIOR, 2005; STUCHI; GIRARDI, 2010). Sistemas de plantio de alta densidade, com porta-enxertos de menor tamanho, otimizam a produção e o manejo de doenças (TREVIZAN et al., 2025). A compreensão da dinâmica de brotação é fundamental para melhorar o manejo do psilídeo e do HLB (CARVALHO et al., 2022).

3.4.3. Controle Físico: Eficácia e Limitações do Caulim - (Surround WP)

O uso de tecnologias de filme de partículas, como a argila de caulim, tem se mostrado uma estratégia eficaz no manejo de pragas agrícolas das ordens Coleoptera, Díptera, Hemiptera e Lepidoptera, atuando como repelente ou barreira e afetando o reconhecimento e a atratividade das plantas hospedeiras (SHOWLER, 2002; DANIEL et al., 2005).

Na citricultura, essa tecnologia é particularmente promissora para o controle do psilídeo. Estudos de Miranda et al. (2018b) demonstraram que a aplicação de caulim em plantas cítricas pode reduzir sua capacidade de encontrar hospedeiros e interferir no comportamento de pouso e alimentação, evitando assim a transmissão e a disseminação da doença em plantações jovens de laranja.

O filme de partículas de caulim atua como uma barreira física e um repelente de natureza visual e tátil, resultando em uma redução significativa na infestação do psilídeo em plantas tratadas (MCKENZIE et al., 2002; MIRANDA et al., 2018b). Corroborando essa ideia, Oliveira et al. (2022) reforçam que os filmes de partículas dificultaram o pouso, a exploração e a oviposição do inseto por meio de mascaramento visual e da barreira física com *triozídeos* em limoeiros sustentam a eficácia desse mecanismo comportamental.

O efeito de não preferência é atribuído à alteração da cor e textura da superfície foliar. Tingir o caulim com a cor vermelha pode amplificar esse efeito

repelente, bloqueando faixas de luz atraentes para o vetor (PIERRE et al., 2021; KHALILZADEH, et al., 2025).

Além do controle do vetor, a aplicação de caulim pode trazer benefícios diretos à planta. Em um estudo na Flórida, realizados por Khalilzadeh et al., (2025) em um pomar de laranja Hamlin infectado por HLB, aplicações contínuas de caulim branco e vermelho, aumentaram o crescimento e o rendimento das árvores em relação aos tratamentos controles (com e sem inseticida). Os autores atribuem esses efeitos a dois fatores: (i) a alteração do microclima foliar (sombreamento seletivo, menor temperatura) e (ii) a redução da população de *D. citri* observada nos primeiros dois anos do experimento, o que retardou a infecção por CLas principalmente no tratamento onde o caulim foi tingido de vermelho.

A principal desvantagem do uso do caulim está associada a baixa persistência sob chuva intensa exigem reaplicações para que se mantenha a película (KHALILZADEH et al., 2025). Por isso o uso do caulim não como uma solução única, mas como um componente importante no manejo do psilídeo, pode ser usado em rotação com outros produtos para diminuir a pressão de seleção de insetos resistentes a inseticidas químicos.

3.5. Controle químico: Inseticida sistêmico tiametoxam - (Actara 250 WG)

Os neonicotinoides constituem uma classe de inseticidas sintéticos caracterizados por sua elevada afinidade com os receptores nicotínicos de acetilcolina (nAChR) dos insetos. A ampla adoção global desses compostos deve-se à sua eficiente ação sistêmica, à versatilidade de aplicação que abrange tratamento de sementes, solo ou via foliar e à alta eficácia contra insetos sugadores (BIXBY et al., 2024; MANDAL et al., 2025). Nesse contexto, Nage et al. (2023) avaliaram a toxicidade relativa de diversos compostos químicos, reiterando a importância do monitoramento contínuo da eficiência desses produtos no controle do psilídeo.

Dentre os neonicotinoides, destaca-se o tiametoxam, que atua como um agonista dos nAChR, promovendo a ativação persistente dos canais iônicos. Esse mecanismo induz uma despolarização neuronal sustentada, resultando em falha sináptica, imobilidade e subsequente morte do inseto. A sensibilidade de cada espécie ao inseticida varia conforme a composição das subunidades dos receptores nAChR. Adicionalmente, o tiametoxam pode ser metabolizado, convertendo-se em

clotianidina em determinados sistemas, processo que influencia diretamente a persistência de seu efeito residual (QIAN LI et al., 2025).

Um fator determinante para o sucesso do controle químico sistêmico reside na capacidade de absorção e translocação do ingrediente ativo pela planta. Zhang et al. (2024) elucidaram mecanismos fisiológicos cruciais nesse processo, demonstrando que o transportador de aminoácidos PtCAT7, associado à nutrição com amônio, potencializa a absorção de tiametoxam em mudas de porta-enxertos de citros. Essa ação sistêmica confere vantagens operacionais significativas, como a proteção de brotações novas. Por ser translocado através dos tecidos vasculares, o ingrediente ativo atinge tecidos jovens e brotos emergentes que não seriam protegidos por barreiras físicas convencionais, como o caulim (MIRANDA et al., 2018b). Tal característica torna o produto particularmente adequado para a proteção de brotos e plântulas após a ocorrência de chuvas, que poderiam remover tratamentos (OZSIRVAN et al., 2024).

Hu et al. (2024) observaram que a mistura de inseticidas com óleo mineral pode incrementar o controle de *D. citri* sob condições climáticas variadas. Da mesma forma, a aplicação via drench em hospedeiros alternativos, como a *Murraya koenigii*, foi estudada por Vieira et al. (2023), que analisaram a mortalidade do inseto submetido a inseticidas sistêmicos aplicados no solo. Geralmente, aplicações via tratamento de sementes ou *drench* proporcionam um controle mais duradouro e previsível em comparação aos filmes de partículas (OZSIRVAN et al., 2024).

Entretanto, o desenvolvimento de resistência representa um desafio crescente para a sustentabilidade dessa ferramenta. Relatos recentes documentam a rápida evolução da resistência aos neonicotinoides em populações de *D. citri* e outros insetos fitófagos, impulsionada por mecanismos como mutações em subunidades do receptor, aumento da detoxificação metabólica ou alterações em proteínas sensoriais. O monitoramento realizado na Flórida por Chen, Qureshi e Stelinski (2022) evidenciou uma redução na suscetibilidade de populações de *D. citri* tanto ao tiametoxam quanto ao ciantraniliprole. Para compreender as bases moleculares desse fenômeno, Chen et al. (2021) realizaram uma análise comparativa do transcriptoma, identificando diferenças significativas na expressão gênica entre linhagens suscetíveis e resistentes. Esse cenário reforça a necessidade crítica de implementar estratégias de manejo integrado de resistência, incluindo a rotação de produtos com diferentes modos de ação (QIAN LI et al., 2025; LIU et al., 2025).

4. MATERIAIS E MÉTODOS

4.1. Caracterização da área experimental

O experimento foi implantado, no mês de agosto de 2023, no Centro de Citricultura Sylvio Moreira do Instituto Agronômico de Campinas (IAC) que está localizado na cidade de Cordeirópolis, SP nas coordenadas 22°27'40"S 47°24'02"W a uma altitude de aproximadamente 732 metros. Localizada na microrregião de Limeira, a cidade apresenta o clima do tipo Cwa, conforme a classificação de Köppen, que é caracterizado por ser um clima subtropical com inverno seco, onde as temperaturas são inferiores a 18°C, e um verão quente, com temperaturas que ultrapassam os 22°C (EMBRAPA, 1988; GOLFARI et al., 1978).

Precipitação acumulada de 1102,63 mm com as temperaturas, de 29,01°C de máxima e de mínimas de 14,66 °C com o maior volume de chuvas entre os meses de novembro 2024 a fevereiro de 2025 (Figura 1).

O solo foi classificado como Latossolo Vermelho Distrófico, com 64,6% de argila, 21,3% de areia e 14,1% de silte com pH de $5,3 \pm 0,4$ e teor de matéria orgânica de $3,5 \pm 0,8\%$ (BASTIANEL et al., 2023).

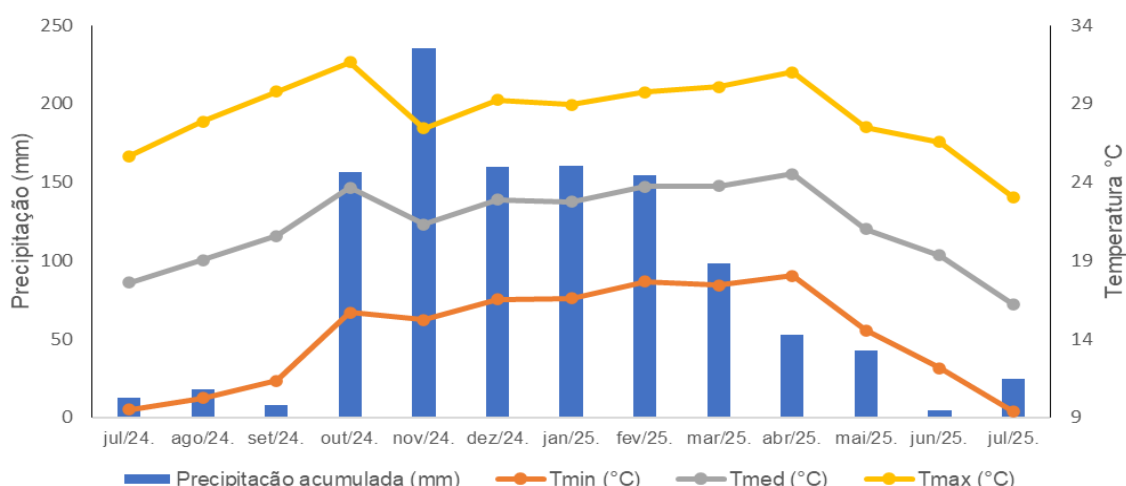


Figura 1. Médias mensais de temperatura (máxima, mínima e média) e precipitação acumulada na área experimental entre julho de 2024 e julho de 2025. Cordeirópolis, SP. Fonte: <http://agroclimaspc.ciiagro.org.br/>

O material vegetal consistiu nos citrandarins IAC 3152 Itajobi, IAC 3155, IAC 3073 Barretos e IAC 3026 Santamélia e no citrumelo Swingle (Tabela 1). A

variedade copa utilizada foi a laranjeira doce Valência [*C. × sinensis* (L.) Osbeck], avaliada em quatro espaçamentos entre plantas (1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 m), e uma entrelinha de 6,0 metros.

Tabela 1. Nomes comerciais, genitores, porte e acrônimos dos porta-enxertos da laranjeira Valência avaliados em Cordeirópolis, SP.

Porta-enxerto	Genitores	Porte	Acrônimo
Citrumelo Swingle¹	<i>C. × paradisi</i> Macfad. x <i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf.	Vigoroso	Swingle
citrandarin IAC 3152 Itajobi²	<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka x <i>P. trifoliata</i> cv. Rubidoux	Semi-ananícantes	IAC Itajobi
citrandarin IAC 3155²	<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka x <i>P. trifoliata</i> cv. Rubidoux	Semi-ananícantes	IAC 3155
citrandarin IAC 3073 Barretos²	<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka x <i>P. trifoliata</i> cv. Rubidoux	Semi-ananícantes	IAC Barretos
citrandarin IAC 3026 Santamélia²	<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka x <i>P. trifoliata</i> cv. Rubidoux	Ananícante	IAC Santamélia

¹ Variedade comercial de Porta-enxerto já amplamente usado nos pomares.

² Porta-enxertos lançados pelo Centro de Citricultura

4.2. Desenvolvimento vegetativo e o psílídeo

O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados (DBC), com tratamentos dispostos em esquema de parcelas subdivididas e quatro repetições. As parcelas foram compostas por cinco porta-enxertos (IAC Itajobi, IAC 3155, IAC Barretos, IAC Santamélia e Swingle), enquanto as sub-parcelas consistiram em quatro espaçamentos entre plantas (1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 m). A unidade experimental foi definida pela média de três plantas.

Para as variáveis altura, diâmetro, volume de copa, índice de vigor vegetativo e taxa de cobertura da copa na linha de plantio, o porta-enxerto Swingle foi excluído da análise estatística devido à diferença de seis meses na idade de plantio em relação aos demais genótipos. Consequentemente, para as referidas variáveis, o delineamento considerou um esquema de parcelas subdivididas com quatro porta-

enxertos e quatro espaçamentos e quatro repetições. Já para as demais variáveis analisadas o porta-enxerto Swingle foi considerado.

As plantas foram avaliadas durante o biênio 2024/2025 no mês de julho de cada ano, por meio da medição da altura e do diâmetro da copa com auxílio de régua graduada. A altura foi mensurada paralelamente ao eixo de crescimento, enquanto o diâmetro da copa foi aferido a uma altura padronizada de 60 cm do solo, em linha paralela ao nível do terreno.

O diâmetro do troco dos porta-enxertos foi mensurado com paquímetro digital de fibra de carbono (precisão de 0,1 mm), com leituras padronizadas a 10 cm abaixo do ponto de enxertia. O volume da copa (V) foi calculado utilizando-se a equação proposta por Mendel (1956):

$$V = \frac{2}{3}\pi R^2 H$$

Onde:

V= volume da copa (m³);

R = raio da copa (m);

H = altura da planta (m).

Além disso, determinou-se a Taxa de Cobertura da Copa na Linha de plantio (TCCL), conforme metodologia de Bordignon et al. (2003).

A TCCL foi calculada a partir do diâmetro da copa na direção da linha (DL) e do espaçamento utilizado na linha (EL):

$$TCCL = \left(\frac{DL}{EL} \right) \times 100$$

4.2.1. Avaliação da dinâmica de brotação

Os novos fluxos vegetativos foram quantificados mediante a marcação de três ramos semelhantes e equidistantes por planta (Figura 2A). As brotações foram classificadas conforme o "Guia de fases de desenvolvimento vegetativo da planta (Figura 2B) de citros (FUNDECITRUS, 2023). As contagens ocorreram em intervalos

de 20 dias, período inferior ao tempo necessário para o desenvolvimento dos estágios V1 a V7 (CARVALHO et al., 2022; CIFUENTES-ARENAS et al., 2018), entre os meses de julho de 2024 até junho de 2025.

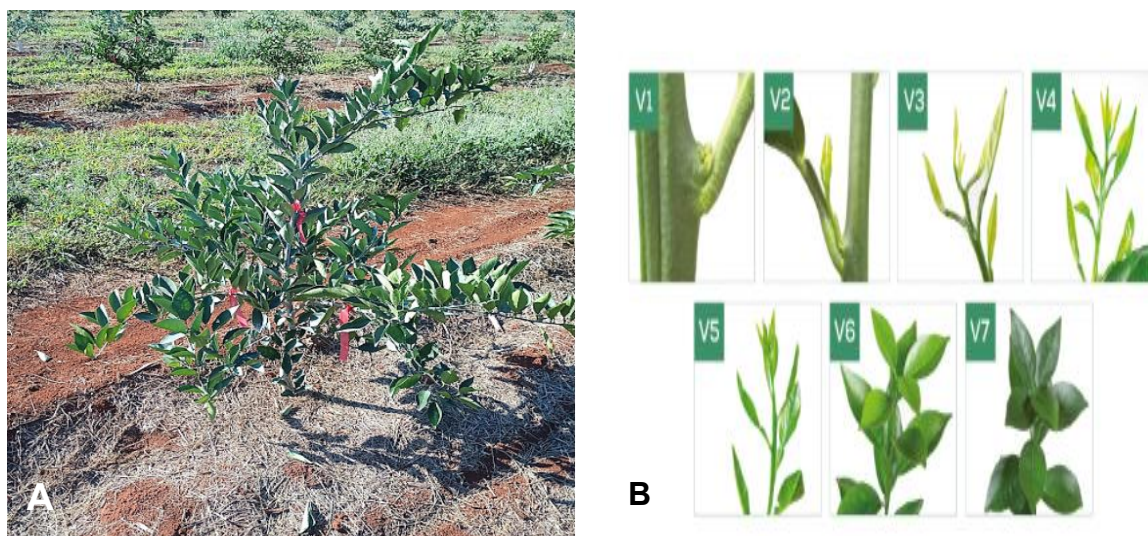


Figura 2. Marcação com fita cor vermelha dos ramos com tamanhos semelhantes e equidistantes para a contagem dos novos brotos (A). Guia de fases Fundecitrus para a classificação de desenvolvimento de brotações vegetativas para citros (B).

Os dados de contagem foram utilizados para calcular a Área Abaixo da Curva de Brotação (AACB) pelo método de integração trapezoidal (CAMPBELL; MADDEN, 1990):

$$AACB = \sum_{i=1}^{n-1} \left(\frac{NB_{i+1} + NB_i}{2} \right) * (T_{i+1} - T_i)$$

Onde:

NB_i = número de brotações novas (estágios V1 a V7) na i-ésima observação;

$T_{i+1} - T_i$ = intervalo de tempo (dias) entre avaliações consecutivas.

Determinou-se também a Frequência de Brotação (FREQ), calculada pela razão entre o número de eventos de brotação observados e o total de avaliações realizadas:

$$FREQ = \frac{\text{Número de avaliações com brotos}}{\text{Número total de avaliações}}$$

Para fins de cálculo da frequência, adotou-se um limiar de contagem superior a 12 brotos por planta como indicativo de um evento de brotação efetivo, conforme metodologia adaptada de Oliveira (2017).

4.2.2. Monitoramento do Psílídeo adulto

Com o intuito de monitorar a dinâmica populacional do psílídeo associada à fenologia das brotações, foram instaladas 12 armadilhas adesivas amarelas nas bordas da área experimental, para a captura dos insetos, a troca e contagem foi realizada em intervalos quinzenais, compreendendo o período entre janeiro de 2024 e setembro de 2025.

4.3. Caulim como barreira física contra a *Diaphorina citri*

O Experimento foi delineado para avaliar o efeito do manejo com caulim processado em diferentes combinações de porta-enxertos e densidades de plantio. A estrutura experimental foi dividida em duas frentes de análise: uma focada no comportamento agrônomo sob pulverização constante e outra focada na comparação direta entre o manejo com caulim e o controle (testemunha sem aplicação).

Para o monitoramento, adotou-se o delineamento em blocos casualizados (DBC), arranjado em esquema de parcelas subdivididas, com sete repetições, onde todas as plantas receberam pulverizações quinzenais de caulim. Nas parcelas, alocaram-se cinco porta-enxertos (IAC Barretos, Swingle, IAC 3155, IAC Itajobi e IAC Santamélia) e, nas subparcelas, os quatro espaçamentos entre plantas (1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 m).

Especificamente para a comparação da severidade e incidência do HLB entre tratamentos de manejo, utilizou-se um DBC em esquema de parcelas sub-subdivididas com sete repetições (Figura 3). A hierarquia dos fatores foi estabelecida da seguinte forma:

- Parcelas: Tratamentos de manejo (Controle e Caulim).
- Subparcelas: Três porta-enxertos (IAC Barretos, IAC Itajobi e IAC Santa Amélia).

- Sub-subparcelas: Quatro espaçamentos entre plantas (1,5; 2,0; 2,5 e 3,0 m).

Essa disposição foi adotada para otimizar a logística operacional das aplicações de caulim no campo, permitindo a análise comparativa da severidade da doença entre genótipos sob diferentes condições de manejo e densidades de plantio.

Delineamento do Experimento com Caulim



Figura 3. Representação esquemática do delineamento experimental.

As avaliações ocorreram trimestralmente durante os meses de setembro de 2024 a junho de 2025 por inspeção visual, utilizando a escala de notas de 0 a 5, adaptada de Gottwald et al. (1989). Cada planta foi dividida em dois estratos (superior e inferior), sendo a nota final da planta obtida pela média aritmética das avaliações individuais de cada estrato (Figura 4).

Os critérios de avaliação basearam-se na porcentagem da copa com sintomas (mosqueado, desfolha e morte de ramos):

- **Nota 0:** Ausência de sintomas visíveis (< 1%);
- **Nota 1:** Sintomas em 1 a 20% dos estratos; copa densa, manchas discretas e ausência de morte de ramos;
- **Nota 2:** Sintomas em 20 a 40% dos estratos; início de abertura da copa e possível morte de ramos finos;
- **Nota 3:** Sintomas em 40 a 60% dos estratos; desfolha visível, morte de ramos evidente e áreas abertas na copa;
- **Nota 4:** Sintomas em 60 a 80% dos estratos; copa extremamente rala e maioria dos ramos com sintomas;
- **Nota 5:** Sintomas em mais de 80% dos estratos; severidade máxima, morte de ramos grossos, folhas remanescentes pequenas e deformadas.



Figura 4. Copa dividida em estratos superior e inferior, para atribuição de notas conforme sintoma de severidade demonstrado pelo HLB. Imagem a esquerda representa planta com nota 0. já a direita com nota 1, adaptada de Gottwald et al. (1989).

Já para avaliar o tratamento sobre a repelência do psíldeo adulto (*Diaphorina citri*), utilizou-se o delineamento inteiramente casualizados (DIC), com dois tratamentos (Controle e Caulim) e seis repetições (Figura 5). Foram instaladas 12 armadilhas adesivas amarelas no pomar em plantas aleatórias, (cada armadilha foi considerada com repetição), a troca e contagem ocorreu em intervalos quinzenais, compreendendo o período entre janeiro de 2024 e setembro de 2025.

Experimento Avaliação da repelência ao Psíldeos

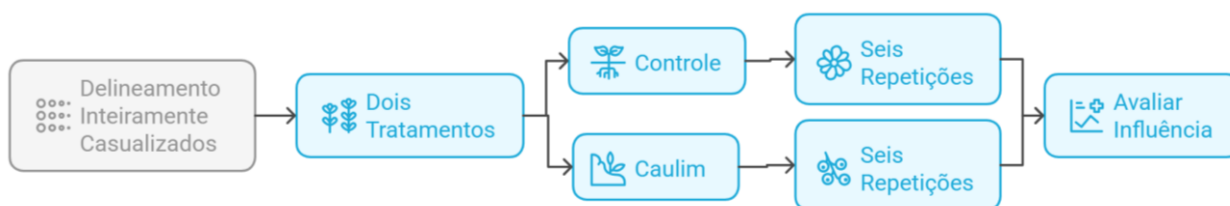


Figura 5. Representação esquemática do delineamento experimental

Para as análises estatísticas dos dados ao longo do tempo as variáveis severidade e incidência do HLB e número de psíldeos capturados tiveram os valores integrados através do método trapezoidal para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) (CAMPBELL; MADDEN 1990).

$$AACPD = \sum_{i=1}^{n-1} \frac{(y_i + y_{i+1})}{2} \times (t_{i+1} - t_i)$$

Onde y representa o número de insetos coletados e t o tempo em dias entre as avaliações.

As pulverizações com caulim foram realizadas quinzenalmente, utilizando-se um volume de calda de 600 L ha^{-1} , com o objetivo de formar uma barreira física de partículas brancas sobre a superfície foliar e as brotações. (Figura 6).



Figura 6. Pulverização via trator do caulim (Surround WP), direcionada para toda a planta em pomar jovem de Valência.

Paralelamente, a incidência da doença foi quantificada pela contagem do número de plantas com sintomas visíveis em cada tratamento. Tanto para a severidade quanto para a incidência, os valores foram integrados pelo método trapezoidal para o cálculo da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD).

4.4. Avaliação da mortalidade do psílideo por controle via produto Actara®

O experimento seguiu o delineamento em blocos casualizados, com seis repetições, totalizando 36 unidades experimentais. Os fatores consistiram em porta-enxertos (3 níveis): Citrandarins IAC Itajobi (semi-ananicante), IAC Santamélia (ananicante) e IAC Barretos (semi-ananicante). Com (2 níveis) de tratamento fitossanitário Controle (sem aplicação) e aplicação de inseticida. Cada unidade experimental foi composta por duas plantas.

Aplicou-se o inseticida Actara® (tiаметoxam, classe neonicotinoide) via *drench*, utilizando-se um volume de calda de 500 mL por planta, aplicados diretamente na base do tronco em 02/09/2025. A dose foi estabelecida com base na altura da copa, na proporção de 1,25 g de produto comercial por metro de altura, conforme recomendação técnica. No total, foram utilizados 108 g de produto comercial em um volume de calda de 18 litros.

Para a avaliação do residual do produto (mortalidade), realizaram-se três infestações sucessivas de adultos de *Diaphorina citri* (Figura 7) A primeira infestação ocorreu aos sete dias após a aplicação via *drench* do inseticida, com as subsequentes realizadas a cada 28 dias, encerrando-se em 04/11/2025.



Figura 7. Detalhe do confinamento de adultos de *Diaphorina citri* em gaiolas de tecido tipo voil instaladas em plantas de Valencia no campo.

Em cada planta, foram instaladas gaiolas de tecido tipo voil (0,30 x 0,15 m) em lados opostos da copa, contendo 10 insetos cada, totalizando 20 psílídeos por unidade experimental (Figuras 7 e 8). Os insetos foram criados em laboratório, não contaminados pela bactéria e proveniente de local sem aplicação de inseticidas e coletados em murta (*Murraya paniculata*) A mortalidade foi avaliada semanalmente por meio da contagem de insetos vivos durante 28 dias após cada infestação, com a contagem final realizada em 02/12/2025.

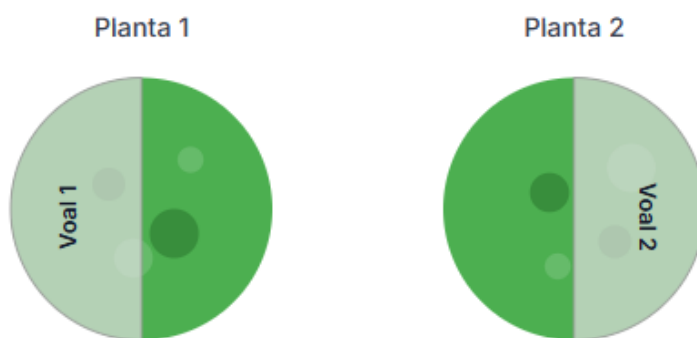


Figura 8. Diagrama da unidade experimental. Vista superior das duas plantas em lados opostos.

Os dados de mortalidade foram corrigidos em relação à mortalidade natural ocorrida no tratamento controle por meio da fórmula de Abbott (1925):

$$M_a = \frac{M_t - M_c}{100 - M_c} \times 100$$

Onde:

- M_a : mortalidade corrigida (%);
- M_t : mortalidade observada no tratamento com o produto (%);
- M_c : mortalidade verificada no tratamento testemunha (%).

Para evitar a inflação da variância do erro experimental e estabilizar a estimativa da mortalidade natural (M_c), este parâmetro foi definido como a média aritmética da mortalidade das repetições não tratadas (testemunha) para cada fator porta-enxerto dentro de cada data de avaliação.

4.5. Forma de análise dos resultados

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e, quando verificada significância, as médias foram comparadas pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. Realizaram-se análises de correlação de Pearson entre a brotação (AACP) e as variáveis climáticas, bem como entre a área abaixo da curva (AACP) de brotação e a densidade populacional do psílídeo.

Para atender aos pressupostos de normalidade (teste de Shapiro-Wilk) e homogeneidade de variâncias (teste de Bartlett), algumas variáveis foram transformadas: a taxa de cobertura da copa na linha (TCCL %) e a frequência de brotação foram transformadas por ($\sqrt{x}$); a abundância de insetos (repelência) por ($\log x$); já as variáveis, a severidade por ($\sqrt{x}$) e a incidência por ($\arcsen\sqrt{x}/100$). Todas as análises foram executadas no software o *software* R, versão 4.4.2 (R CORE TEAM, 2024) utilizando-se os pacotes AgroR (SHIMIZU; MARUBAYASHI; GONCALVES, 2025), Agricolae (DE MENDIBURU, 2023).

Os dados de mortalidade foram corrigidos pela fórmula de Abbott e submetidos à Análise de Variância (ANOVA), utilizando-se o agrupamento por ciclos de 28 dias para avaliar a persistência biológica do produto. As médias de eficácia foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade para identificar diferenças significativas entre porta-enxertos e períodos de reinfestação.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Desenvolvimento vegetativo

Os resultados demonstram que o desenvolvimento das plantas foi influenciado de maneira distinta pela genética dos porta-enxertos. Os porta-enxertos IAC 3155 e o IAC Barretos induziram maior vigor vegetativo à variedade copa laranja Valência, pois apresentaram os maiores diâmetros e volumes de copa em comparação aos genótipos Itajobi e Santamélia que apresentam os menores valores (Tabela 2). Em relação ao espaçamento, este fator não alterou o tamanho das plantas, volume e diâmetro de copa permaneceram estatisticamente iguais em espaçamentos de 1,5 m a 3,0 m ($p > 0,05$).

Tabela 2. Diâmetro de copa (m), volume da copa (m³) e taxa de cobertura da copa na linha de plantio (TCCL) em laranja Valência, com 3 anos de plantio, enxertada em quatro porta-enxertos em quatro espaçamentos conduzida em sequeiro. Cordeirópolis, SP, 2025.

Tratamentos	Diâmetro de Copa (m)	Volume de Copa (m ³)	TCCL (%)
Porta-enxertos			
IAC 155	1,88 a	3,50 a	89,10 a
IAC Barretos	1,87 a	3,69 a	88,90 a
IAC Itajobi	1,73 b	3,18 b	83,10 b
IAC Santamélia	1,76 b	3,02 b	82,90 b
Valor F	$p < 0,05$	$p < 0,05$	$p < 0,05$
Espaçamentos (m)			
1,5 m	1,77 ^{ns}	3,19 ^{ns}	118,00 a
2,0 m	1,87 ^{ns}	3,56 ^{ns}	93,30 b
2,5 m	1,78 ^{ns}	3,25 ^{ns}	71,10 c
3,0 m	1,85 ^{ns}	3,39 ^{ns}	61,60 d
Valor F	$p > 0,05$	$p > 0,05$	$p < 0,01$
CV 1 (%)	10,42	20,85	5,03
CV 2 (%)	8,77	19,44	4,36

Médias seguidas de mesma letra na coluna, não diferem entre si Scott-Knott a 5% de probabilidade.

^{ns}: Não significativo ($p > 0,05$)

O adensamento apresentou impacto direto nas taxas de cobertura da copa na linha (TCCL), que foram significativamente maiores nos menores espaçamentos. O espaçamento de 1,5 m, por exemplo, já apresenta 118% de cobertura, indicando o entrelaçamento dos ramos (Tabela 2). Enquanto isso, nos maiores espaçamentos, como o de 3,0 m, observa-se uma taxa de cobertura de 61,60%. Fica evidente que o

aumento da densidade de plantio eleva a TCCL, reduzindo o tempo necessário para que se atinja 100% de cobertura uma vez que o pomar possui 3 anos de plantio.

Em relação aos porta-enxertos, as maiores taxas de cobertura foram observadas nos citrandarins IAC 3155 e IAC Barretos, com 89,10% e 88,90%, respectivamente e não diferiram estatisticamente entre si. Em contrapartida, os citrandarins Itajobi e Santamélia registraram as menores taxas. Embora o Santamélia tenha apresentado o menor valor absoluto de TCCL, foi considerado estatisticamente igual ao Citrandarin Itajobi (Figura 9).

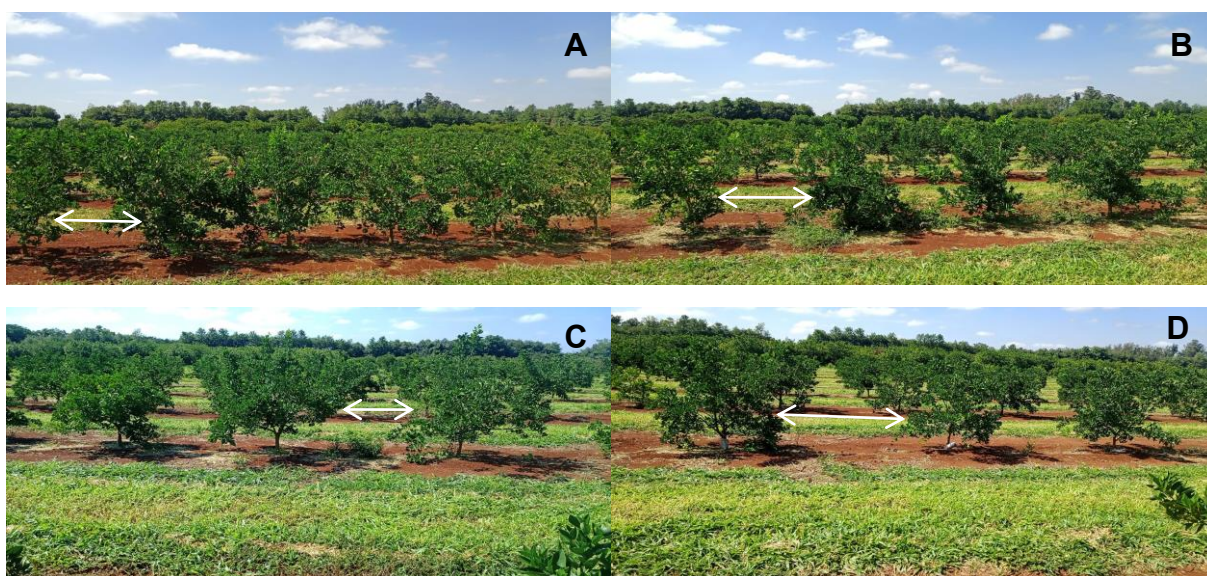


Figura 9. Cobertura da Copa na Linha de plantio em variedade copa de laranja Valência no porta-enxerto Santamélia nos espaçamentos de plantio 1,5 metros (A); 2,0 metros (B); 2,5 metros (C) e 3,0 metros (D).

As análises de variância também revelaram uma interação significativa ($p < 0,01$) entre os fatores porta-enxerto e espaçamento para a variável altura de plantas (Tabela 3). Verificou-se que, nos espaçamentos intermediários (2,0 m e 2,5 m), não houve diferença estatística entre os materiais avaliados, indicando vigor vegetativo semelhante nesta fase.

Tabela 3. Altura de copa (m) de laranjeiras Valência em diferentes porta-enxertos e espaçamentos de plantio.

Porta-enxertos	1,5 m	2,0 m	2,5 m	3,0 m
IAC Itajobi	1,98 aA	1,89 aA	1,94 aA	1,98 aA
IAC 3155	1,92 aA	1,86 aA	1,86 aA	1,80 bA
IAC Barretos	2,01 aA	1,92 aA	1,95 aA	1,79 bB
IAC Santamélia	1,71 bB	1,87 aA	1,86 aA	1,70 bB

Coeficiente de variação (CV1 = 7,14 %, CV2 = 4,72 %). (Porta-enxerto x Espaçamento) p-valor = 0,007. Médias seguidas da mesma letra maiúscula na horizontal e da mesma letra minúscula na vertical não diferem significativamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Entretanto, na maior densidade de plantio, o comportamento divergiu. O citrandarin Santamélia apresentou a menor altura (1,71 m), diferindo estatisticamente dos demais IAC Barretos, IAC Itajobi e IAC 155. Já no menor adensamento (3,0 m), o citrandarin Itajobi destacou-se com a maior altura (1,98 m).

Quanto ao efeito do espaçamento sobre cada genótipo, os porta-enxertos IAC Itajobi e IAC 155 não apresentaram diferenças estatísticas. Já o porta-enxerto IAC Barretos foi sensível à alteração do espaçamento, apresentando maiores valores de crescimento nos espaçamentos mais adensados (1,5 m, 2,0 m e 2,5 m), estatisticamente iguais entre si. Para o espaçamento de 3,0 m, houve redução da sua altura (Tabela 3). Este maior crescimento vertical do IAC Barretos pode ser uma resposta ao adensamento (competição por luz). Por último, o IAC Santamélia teve os maiores valores nos espaçamentos de (2,0 m e 2,5 m); nos extremos (1,5 m e 3,0 m), apresentou menor crescimento, sendo estes valores estatisticamente iguais. Devite et al. (2025) relatam que a influência do espaçamento em pomares adensados tende a se manifestar em avaliações de longo prazo, reforçando que o vigor do porta-enxerto prevalece nos primeiros anos do pomar.

Os resultados reforçam o conceito de que a categoria citrandarin abrange um amplo espectro de vigor. A clara distinção entre o porte elevado induzido e o crescimento compacto é análoga às observações relatadas por Silva et al. (2025) e

Devite et al. (2025) para os genótipos de citrandarins tanto vigorosos quanto ananicanos.

Em diferentes densidades o Santamelia alinha-se ao perfil de menor vigor, indicando um padrão de crescimento mais previsível e menos influenciado pelo ambiente, característica desejável em porta-enxertos ananicanos (SIQUEIRA; SALOMÃO, 2017; BETTINI, 2019).

5.1.1 Influência das diferentes combinações (porta-enxerto x espaçamento) sobre a variedade copa laranja Valência

5.1.2. Dinâmica de Brotação

No período de avaliação conforme dados climatológicos (Figura 1) houve uma precipitação acumulada de 1102,63 mm com as temperaturas, em média para o período de 29,01°C de máxima e de mínimas de 14,66°C. O comportamento da brotação seguiu um padrão fenológico claro e sincronizado com a disponibilidade hídrica para todos os tratamentos.

Em novembro de 2024, todos os porta-enxertos apresentaram um aumento na AACB (Figura 10). Isso correlaciona-se diretamente com a precipitação, que apresentou o maior volume de chuvas em novembro (acima de 200mm) após um período mais seco. Isso indica que a brotação foi fortemente induzida pela retomada das chuvas (primavera/verão). Após o pico de novembro, houve uma queda nos valores de AACB em dezembro e janeiro.

Em fevereiro de 2025, nota-se um segundo fluxo de crescimento, porém de menor magnitude que o de novembro, seguido de uma estabilização ou queda em abril.

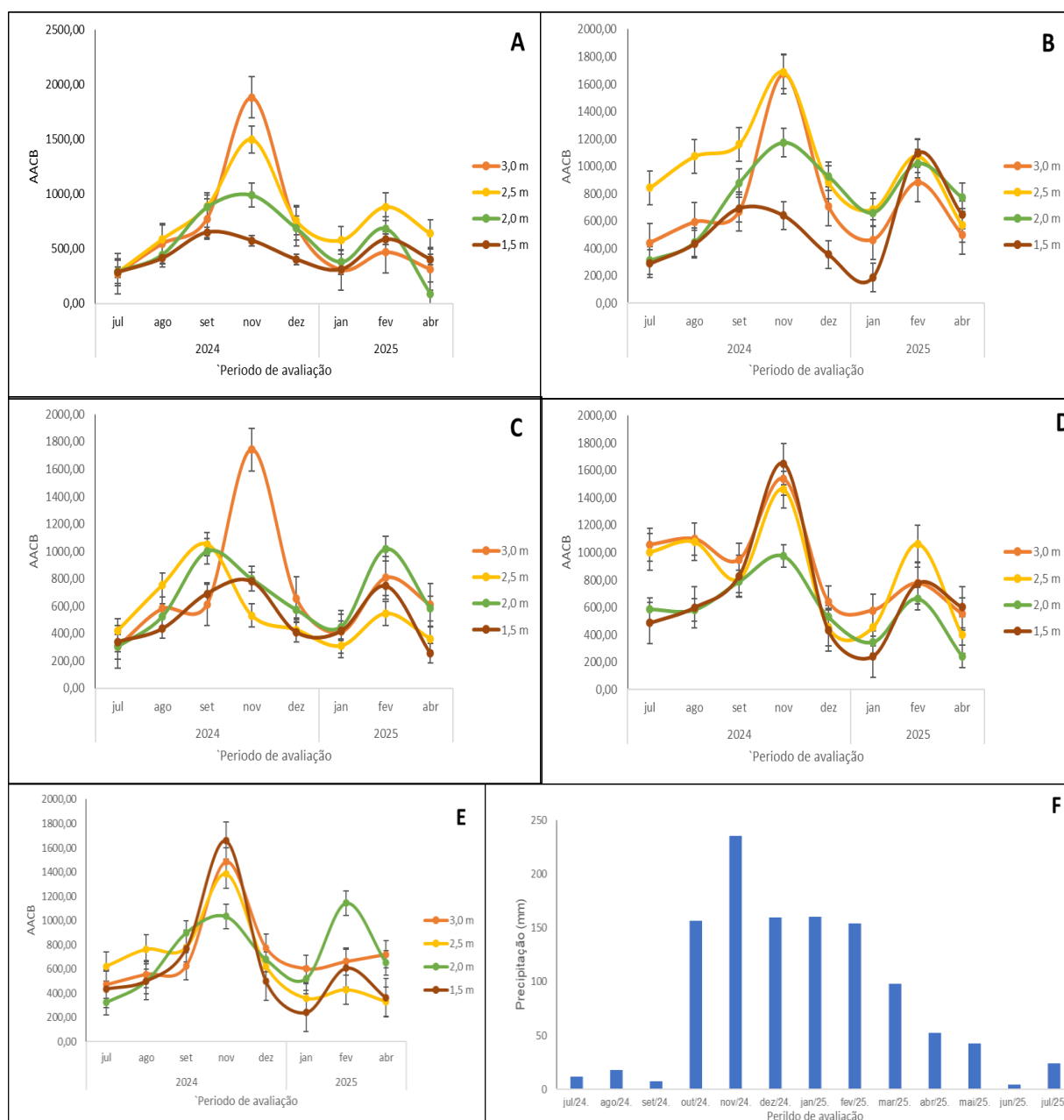


Figura 10. Dinâmica de brotação através da área abaixo da curva (AACB) em (broto dia⁻¹) no dossel de laranja doce Valência enxertada nos porta-enxertos, IAC Barretos (A), IAC 155 (B), IAC Itajobi (C), IAC Santamélia (D), Swingle (E). Precipitação pluviométrica acumulada (mm) no para o período de avaliação (F).

5.1.3. Área abaixo da curva de brotação total (AACB-total)

A análise de variância revelou que não houve interação significativa entre os porta-enxertos e os espaçamentos de plantio ($p > 0,05$), permitindo a análise independente dos fatores. O coeficiente de variação experimental fora para parcelas ($CV = 20,29\%$), já para as subparcelas e $CV = 15,02\%$.

Em relação aos porta-enxertos, houve diferença significativa ($p = 0,01$) entre os genótipos. O teste de médias (Scott-Knott a 5%) permitiu a formação de dois

grupos distintos quanto ao acúmulo de brotações ao longo do tempo: o grupo de maior vigor, composto pelos citrandarins IAC 3155 e IAC Santamélia e o Swingle (Figura 11). Estes apresentaram as maiores médias de AACB-total (7677; 7556 e 7103 brotos dia^{-1}), respectivamente, indicando maior vigor vegetativo e maior intensidade na emissão de brotos. No entanto, é válido ressaltar que Devite et al. (2025) e Vitória et al. (2024) relatam que o crescimento mais vigoroso para o Swingle, pode variar conforme as condições edafoclimáticas.

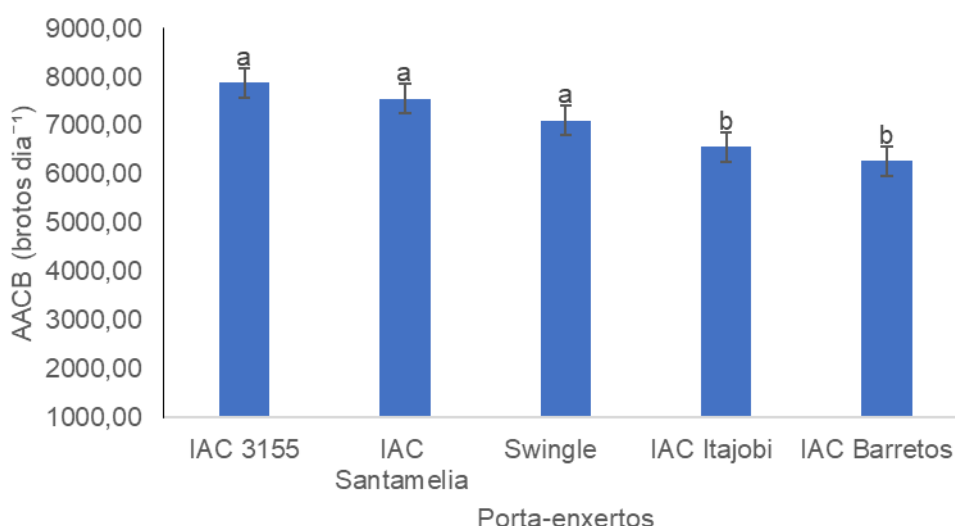


Figura 11. Intensidade de brotação Área Abaixo da Curva de Brotação (AACB-total) (brotos dia^{-1}) em pomar de 3 anos de laranja doce Valência, conduzida em sequeiro sobre diferentes porta-enxertos nos anos de 2024 a 2025, Cordeirópolis, SP. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

Já o grupo menor, foi composto pelos citrandarins IAC Itajobi e IAC Barretos, que apresentaram médias menores (6565 e 6268, brotos dia^{-1}), sugerindo um comportamento vegetativo menos intenso ou fluxos de brotação mais espaçados neste período avaliado. O que pode ser relevante, pois crescimento menos intenso reduz a oferta de brotos para a alimentação e reprodução do *D. citri* (GIRARDI et al., 2021).

Quanto ao espaçamento de plantio, influenciou significativamente ($p < 0,001$) a dinâmica de brotação, observou-se que o plantio mais adensado (1,5 m) apresentou o menor valor de AACB-total 5.944 (brotos dia^{-1}), diferindo significativamente dos demais espaçamentos (2,0 2,5 e 3,0 m), os quais não diferiram entre si, formando o grupo com maiores valores (Figura 12). Este efeito em

plantios mais adensados é particularmente interessante no contexto do manejo do HLB, pois a menor disponibilidade de brotos, pode vir a limitar a propagação da doença (GIRARDI et al., 2021; DEVITE et al., 2025).

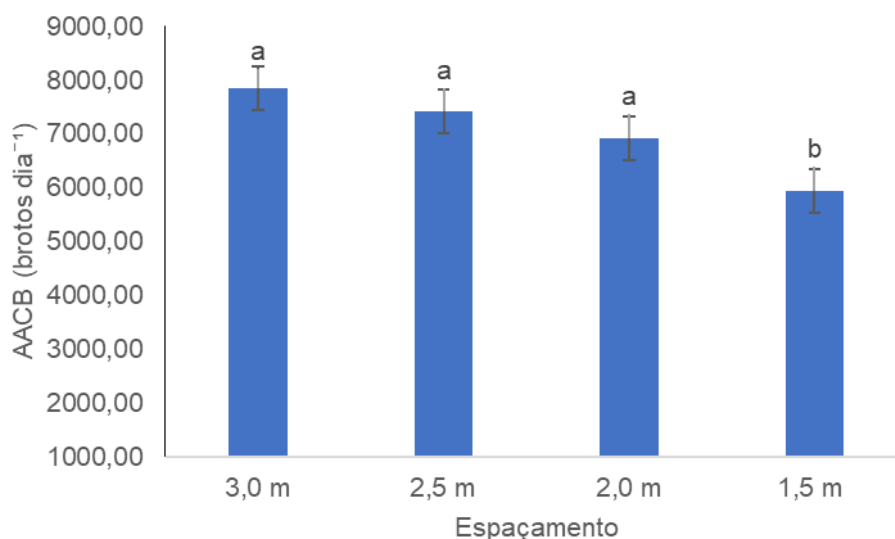


Figura 12. Intensidade de brotação Área Abaixo da Curva de Brotação (AACB) (brots dia⁻¹) em pomar de 3 anos de laranja doce Valência, conduzida em sequeiro em diferentes adensamentos de plantio nos anos de 2024 a 2025, Cordeirópolis, SP. Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott ($P < 0,05$).

5.1.4. Frequência de brotação para período de avaliação

A análise de variância revelou efeitos significativos ($p < 0,05$) isolados para os fatores porta-enxerto e espaçamento de plantio. Não havendo interação significativa entre os fatores ($p = 0,142$), demonstrando que o desempenho dos porta-enxertos independe do espaçamento utilizado. O coeficiente de variação experimental ($CV1 = 11,99\%$ $CV2 = 9,77$) (Figura 13).

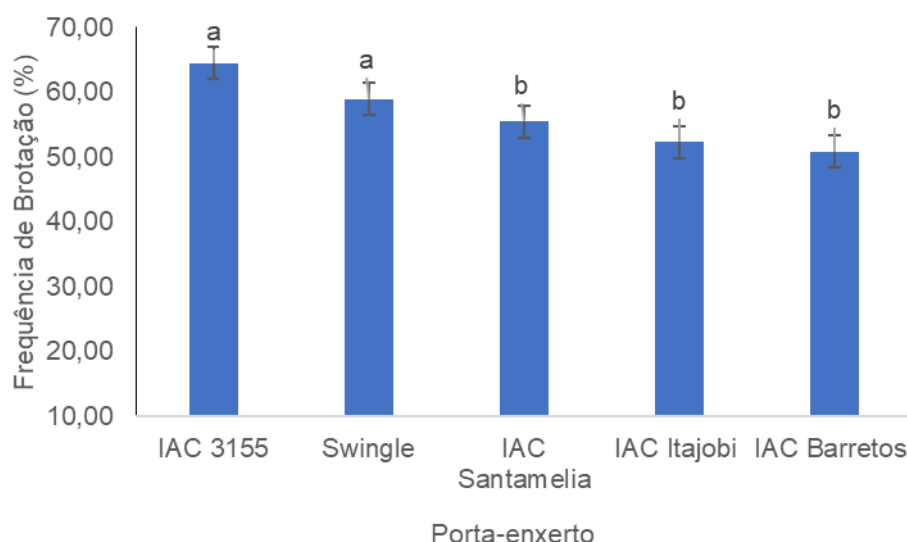


Figura 13. Frequência média de brotação para o período de avaliação, em copa de laranja doce Valência enxertada em cinco diferentes porta-enxertos em quatro diferentes densidades de plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula para o porta-enxerto não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Os genótipos IAC 3155 e Swingle apresentaram as maiores frequências médias de brotação, com 64,5% e 59,0%, respectivamente, estatisticamente superiores. Em contrapartida, os porta-enxertos (IAC Santamelia, IAC Itajobi e o IAC Barretos) formaram um segundo grupo com desempenho inferior, apresentando médias variando entre 50,8% e 55,5% (Figura 13).

Quanto ao fator espaçamento, observou-se que no espaçamento de 1,5 m resultou na menor média de frequência de brotação (48,4%), diferindo estatisticamente dos demais tratamentos (Figura 14). Efeito desejável devido menor disponibilidade de brotos (GIRARDI et al., 2021; DEVITE et al., 2025). Os espaçamentos de (2,0 m, 2,5 m e 3,0 m) não apresentaram diferenças significativas entre si.

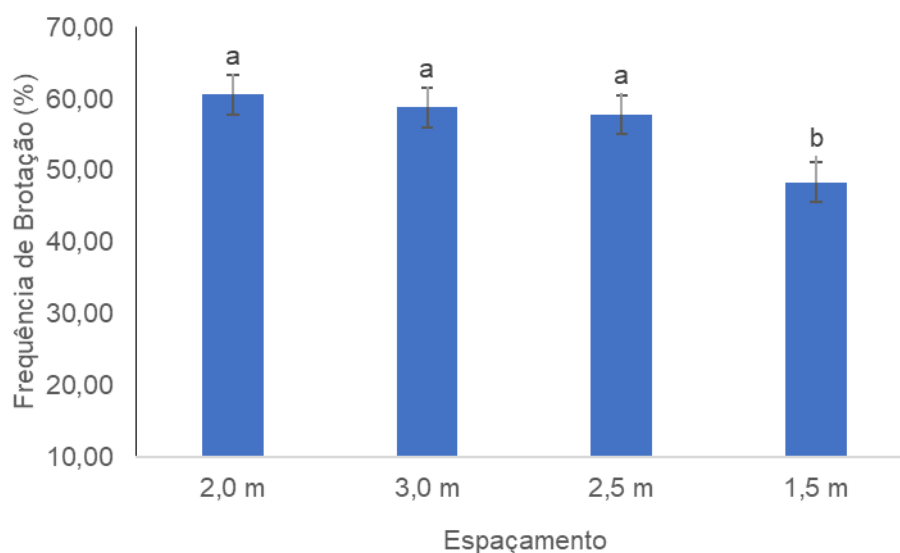


Figura 14. Frequência média de brotação para o período de avaliação, em copa de laranja doce Valência enxertada em cinco diferentes porta-enxertos em quatro diferentes densidades de plantio. Médias seguidas pelas mesmas letras minúscula para o espaçamento não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

5.1.5. Matriz de correlação de Pearson (Brotações x Variáveis climáticas)

A análise de correlação de Pearson entre brotação média e as variáveis climáticas evidenciou associações positivas significativas ($p < 0,05$), porém com notável heterogeneidade de resposta entre os diferentes porta-enxertos e espaçamentos (Figura 15) (Apêndice 1). Ao contrário de uma resposta uniforme, observou-se que a sensibilidade climática variou conforme a densidade de plantio.

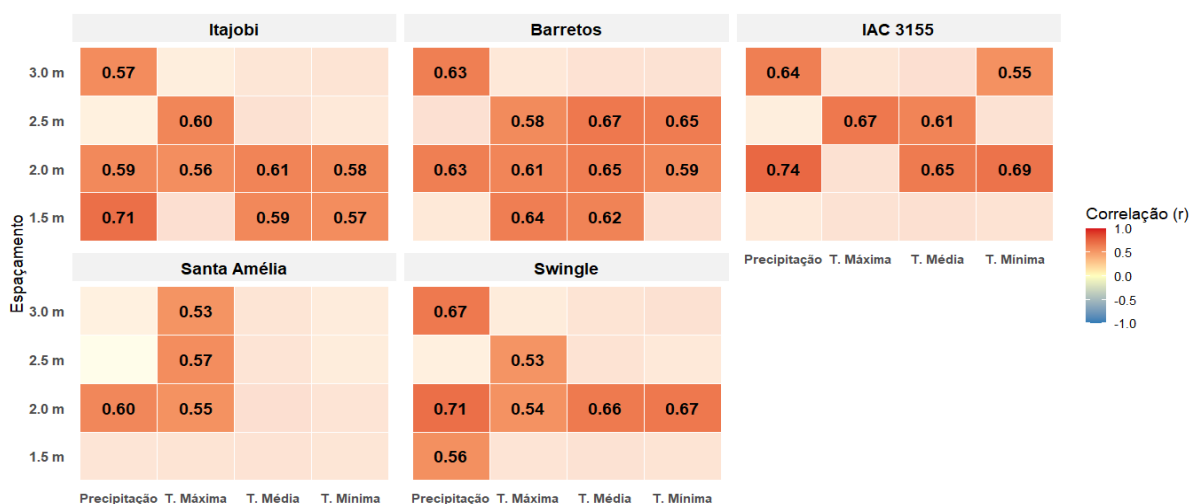


Figura 15. Mapa de calor para valores de R ($p < 0,05$) da análise de correlação brotações e variáveis climáticas. Comparações entre porta-enxertos e espaçamentos referentes ao período (jul/2024 a abr/2025) em Cordeirópolis, SP. Precipitação acumulada (mm), temperatura máxima ($^{\circ}\text{C}$) (T. Máxima), temperatura média ($^{\circ}\text{C}$) (T. Média) e mínima ($^{\circ}\text{C}$) (T. Mínima).

A precipitação demonstrou ser um fator determinante para a maioria dos tratamentos, com correlações variando de moderadas a fortes (r entre 0,56 e 0,74). O mesmo foi observado por Carvalho et al. (2022), onde a precipitação acumulada também apresentou correlação positiva com o surgimento de brotos.

Destacaram-se os porta-enxertos IAC 3155 e Swingle no espaçamento de 2,0 m, que apresentaram as maiores correlações com a chuva ($r = 0,74$ e $r = 0,71$, respectivamente), o que pode indicar uma resposta destes genótipos à disponibilidade hídrica nessa densidade. O porta-enxerto IAC Itajobi mostrou consistência na resposta à chuva na maioria dos espaçamentos (Figura 15).

Já o citrandarin IAC Barretos apresentou um padrão distinto de alternância. No maior espaçamento (3,0 m), a brotação correlacionou-se exclusivamente com a precipitação ($r = 0,63$). Contudo, nos espaçamentos de 2,5 m e 1,5 m, a precipitação deixou de ser significativa, e as brotações passaram a apresentar correlação predominantemente com as temperaturas média e máxima. O espaçamento de 2,0 m foi o único onde este genótipo respondeu simultaneamente a ambos os estímulos.

Contudo, houve exceções. O porta-enxerto Santamélia nos espaçamentos mais amplos (3,0 m e 2,5 m) não apresentou correlação significativa com a precipitação, respondendo apenas às variáveis térmicas (T. Máxima). Além disso, no plantio mais adensado (1,5 m) os genótipos IAC Santamélia e IAC 3155 não

apresentaram correlações significativas com nenhuma variável climática avaliada (Figura 15).

Em relação às temperaturas, o espaçamento de 2,0 m foi o que apresentou maior consistência, com correlações significativas para T. Média e T. Máxima na maioria dos genótipos. Carvalho et al. (2022) observaram uma associação positiva significativa entre os novos brotos e o aumento da temperatura mínima para ao porta-enxertos tangerina Sunki, limão Rugoso e citrumelo Swingle com a copa de laranja Pera.

Em comparação aos demais porta-enxertos o Swingle demonstrou ser termossensível, mantendo correlações significativas com a temperatura no espaçamento de 2,0 m (r entre 0,54 e 0,67). Já para o IAC Santamélia nos espaçamentos de 3,0 e 2,5 m, a temperatura máxima foi o único fator climático correlacionado significativamente ($r = 0,53$ e $0,57$).

Em síntese, os resultados indicam que a dinâmica de brotação não é regida uniformemente pelo clima: enquanto genótipos como IAC 3155 e Swingle (especialmente a 2,0 m) são responsivos à chuva e calor, o genótipo Santamélia demonstra maior independência da precipitação em espaçamentos menos adensados.

5.1.6. Influência da dinâmica de brotação na flutuação populacional de *Diaphorina citri*

A densidade populacional com a distribuição espacial do inseto (Figura 16), observa-se que, nos meses de baixa incidência como em (fev/24 a mar/24), o índice permaneceu zerado. No entanto, houve dois momentos críticos de explosão populacional, (outubro/novembro de 2024). Onde a dispersão do inseto atingiu 100% das armadilhas e o índice médio subiu para 6,92, sugerindo um surto. A mesma se repetiu para setembro de 2025, um novo pico onde a dispersão retornou a 100% com índice de 5,67.

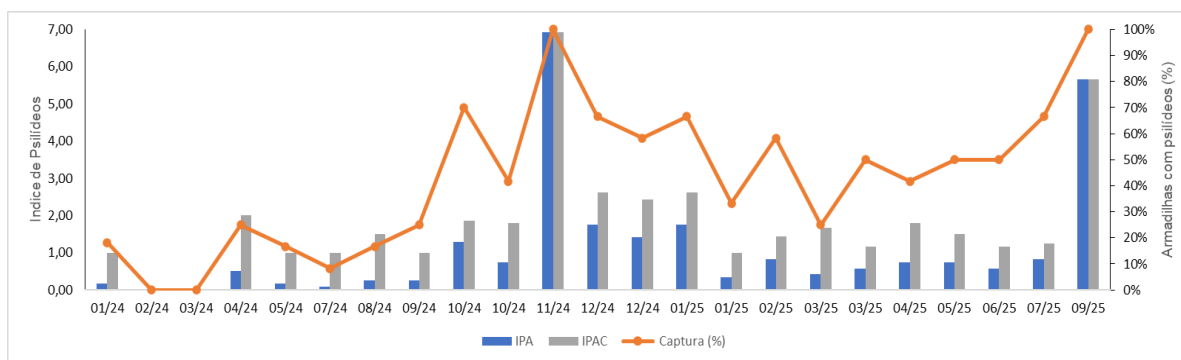


Figura 16. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* no período de janeiro/2024 a setembro/2025 em um pomar copa de laranja doce Valencia, na cidade de Cordeirópolis SP. As Barras do eixo esquerdo (azuis) representam o índice de psilídeos por armadilha (IPA), já as barras cinzas representam o índice de psilídeos por armadilha com captura (IPAC). Já a linha representa a porcentagem de armadilhas com captura de psilídeos.

Os surtos populacionais do *Diaphorina citri* foram associados a períodos de intensa emissão de novos brotos, que por sua vez, relaciona-se à maior disponibilidade hídrica, nas estações da primavera e verão (Figura 1). O que tornou evidente, portanto, que o aumento populacional do psilídeo acompanhou a dinâmica de brotação das plantas (Figuras 10 e 16). Como mencionado por Yamamoto et al., (2001) embora o inseto esteja presente no pomar durante todo o ano, seus picos populacionais ocorrem nas épocas de maior crescimento vegetativo. A flutuação populacional está ligada ao fluxo de brotações, pois os ovos são colocados exclusivamente em brotos novos (NUNES et al., 2024) e a ninfas se desenvolvem apenas em folhas imaturas (CATLING, 1970; LIU; TSAI 2000).

5.1.7. Correlação entre psilídeos x brotação (AABC)

A análise da flutuação populacional (Figura 17) evidenciou uma correlação positiva e significativa ($r = 0,671$; $p < 0,05$) entre a intensidade média de brotação do pomar e a densidade populacional da praga. Observa-se uma nítida sincronia temporal entre o pico de brotação e o incremento populacional de *Diaphorina citri*.

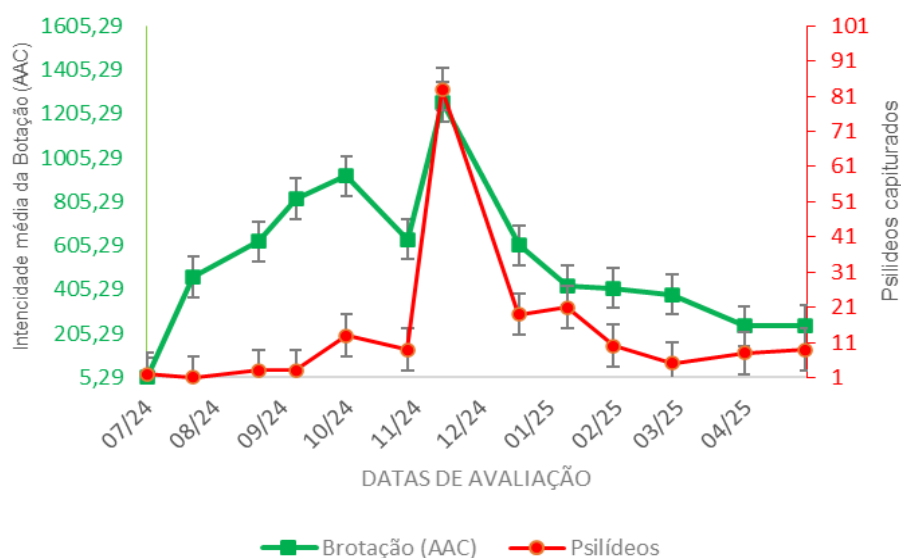


Figura 17. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* e sua relação com a intensidade média de fluxos vegetativos medida através da área abaixo da curva (AAC brotos dia⁻¹). Em um pomar de laranja doce Valência, enxertada nos citrandarins (Itajobi Barretos, IAC 3155, IAC Santamélia) e Swingle no período de julho de 2024 a abril de 2025.

No período entre outubro e dezembro de 2024, o aumento progressivo na disponibilidade de novos brotos favoreceu a colonização e a reprodução do vetor. Nota-se que o pico máximo de brotação (AAC > 1200) coincidiu com o auge das capturas nas armadilhas, demonstrando uma rápida resposta da praga à fenologia das plantas. Ressalta-se o comportamento das curvas após este evento: conforme a intensidade de brotação decresceu acentuadamente entre janeiro e fevereiro de 2025, a população de psíldeos apresentou queda abrupta, estabilizando-se em níveis baixos (Figura 17).

Ao analisar os porta-enxertos individualmente (Tabela 4), verificou-se alta sincronia fenológica entre os genótipos ($r > 0,84$). No entanto, a correlação com a presença do vetor foi variável. O porta-enxerto Swingle apresentou a maior correlação com a população de psíldeos ($r = 0,744$; $p < 0,01$), seguido pelo IAC Barretos ($r = 0,709$; $p < 0,01$), enquanto o IAC Santamélia exibiu o menor valor significativo ($r = 0,628$; $p < 0,05$). Esses resultados são promissores e corroboram a literatura, visto que o psíldeo adulto é mais atraído por fluxos de brotação recentes do que por folhas maduras (HALL; ALBRIGO, 2007; HALL et al., 2016; TARDIVO et al., 2023). Nesse sentido, porta-enxertos mais vigorosos tendem a induzir maior frequência de brotação, ampliando a disponibilidade de recursos para o vetor (POMPEU JUNIOR, 2005; VITÓRIA et al., 2024). Em contrapartida, a correlação

para o porta-enxerto IAC Itajobi, embora positiva ($r = 0,480$), não apresentou significância estatística ($p > 0,05$).

Tabela 4. Matriz de correlação de Person da análise de brotação e psilídeo em copa de laranja Valência enxertada em cinco porta-enxertos de plantio aos 3 anos de idade. Referente ao período Jul/2024 a abril/ 2025.

	IAC Itajobi	IAC Barretos	IAC 3155	IAC Santamélia	Swingle
Psilídeo	0,480	0,709**	0,688**	0,628*	0,744**

Nota. * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

5.2. Caulim como barreira física contra a *Diaphorina citri*: Avaliação da repelência

5.2.1. Monitoramento do Psilídeo

Durante o primeiro semestre de 2024, observou-se baixa pressão populacional em ambos os tratamentos, com a porcentagem de armadilhas positivas raramente excedendo 33% e índices de psilídeo por armadilha com captura (IPAC) inferiores a 1,0. No entanto, a partir de outubro de 2024, registrou-se um incremento abrupto na população do vetor, culminando em um pico máximo em 12 de novembro de 2024 (Figura 18). Neste momento, a dispersão do inseto no pomar foi total, atingindo 100% das armadilhas em ambos os tratamentos. Um comportamento similar foi observado, em 17 de setembro de 2025.

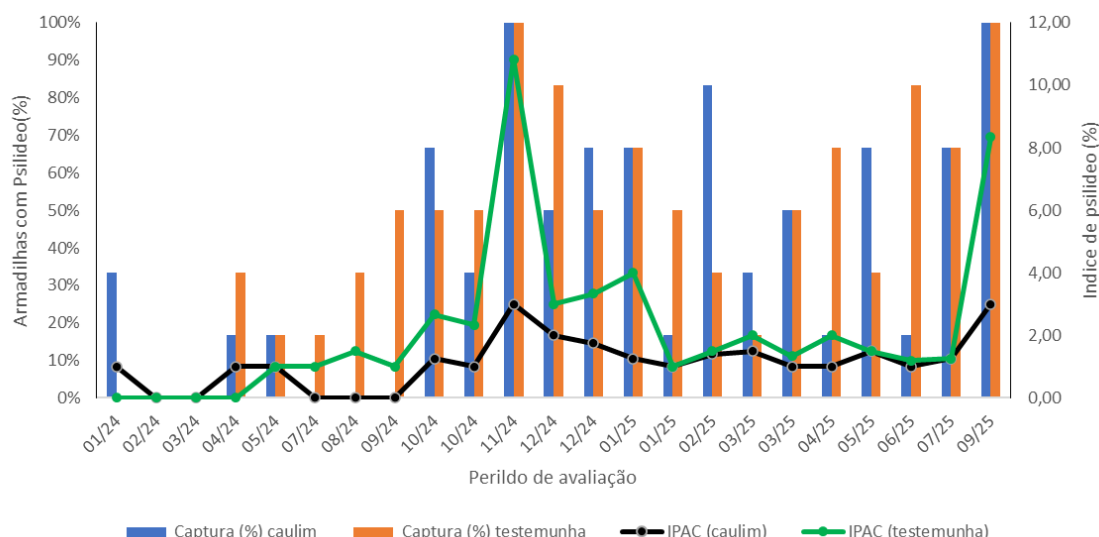


Figura 18. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* em pomar de laranja Valência submetido à aplicação de caulim processado e tratamento testemunha. Dados referentes à porcentagem de armadilhas com captura (eixo esquerdo) e índice de psíldeo por armadilha com captura -IPAC (eixo direito), no período de janeiro de 2024 a setembro de 2025. Cordeirópolis-SP.

Apesar da semelhança na distribuição espacial do inseto (frequência de armadilhas) nos momentos de pico, o (IPAC) revelou o efeito supressor do tratamento com caulim. Conforme observado nas figuras 18 e 19, a aplicação do filme de partículas manteve a densidade populacional consistentemente inferior à da testemunha nos momentos críticos. Esse resultado é corroborado por Miranda et al. (2021), que relatam que a pulverização de caulim sobre a superfície foliar promove a formação de uma película protetora, reduzindo a atratividade das plantas ao psíldeo. No pico populacional de novembro de 2024, enquanto a testemunha apresentou um IPAC de 10,83 psíldeos por armadilha, o tratamento com caulim registrou um índice de 3,00, representando uma redução de aproximadamente 72% na intensidade da infestação. O mesmo padrão foi observado no pico registrado em setembro de 2025, quando a testemunha apresentou um IPAC de 8,33, enquanto as parcelas tratadas com caulim registraram índice de 3,00.

Além da redução nos picos, o caulim demonstrou eficácia na manutenção de níveis populacionais mais baixos durante os períodos de infestação intermediária. Em avaliações como a de 11 de junho de 2025, a testemunha apresentava 83% de armadilhas com captura, enquanto no tratamento com caulim a incidência se limitou a 17%, sugerindo que o produto dificultou a colonização e o estabelecimento do

inseto. Stuchi et al. (2010) relatam que uso de caulim pode atuar como uma estratégia eficaz na redução da atratividade das plantas ao psíldeo.

Estes dados sugerem que, embora o caulim não impeça totalmente a entrada de *D. citri* no pomar em momentos de alta pressão externa (visto que a incidência atingiu 100%), ele atua significativamente na redução da densidade do inseto sobre a cultura, mitigando a severidade da infestação em comparação ao manejo sem a barreira física (PIERRE et al., 2021).

A análise da flutuação populacional do psíldeo (Figura 19) revela um padrão claro e consistente ao longo do período avaliado. O número de psíldeos capturados nas armadilhas sem aplicação de caulim foi superior ao registrado nas plantas tratadas com caulim. Os autores Miranda et al. (2018) e Oliveira et al. (2022) observaram comportamento semelhante em plantas de citros infestadas com o psíldeo africano dos citros *Trioza erytreae* Del Guercio, também vetor da bactéria CLas (MCCLEAN; OBERHOLZER 1965; CAPOOR et al., 1967; PIERSON et al., 2022).

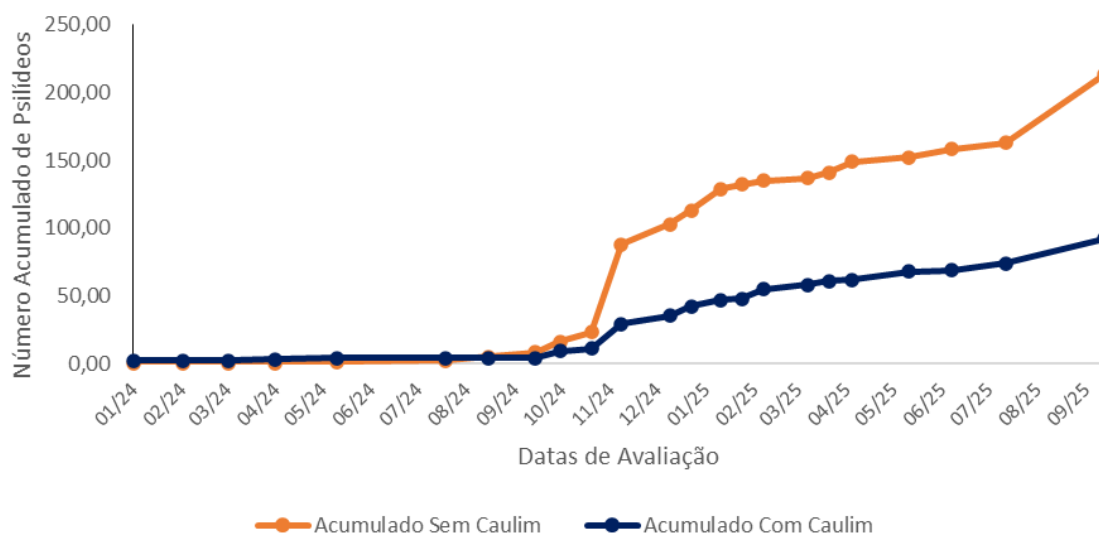


Figura 19. Progresso temporal acumulado da captura de adultos de *Diaphorina citri* em pomar de laranja Valência submetido a tratamentos com e sem aplicação de caulim processado. Período de avaliação de janeiro de 2024 a setembro de 2025, Cordeirópolis-SP.

Este resultado corrobora a hipótese de que a película protetora de caulim reduz a atratividade da planta ao vetor. Esse fenômeno também foi documentado por Miranda et al. (2021), que também evidenciaram o impacto negativo do caulim sobre o comportamento de pouso do psíldeo

O gráfico de capturas acumuladas e o efeito da aplicação de caulim (Figura 19 e Figura 20) ilustra visualmente o efeito contínuo do tratamento, evidenciado pelo aumento progressivo da diferença entre os grupos ao longo do tempo.

Houve efeito significativo do tratamento ($F = 10,15$; $p < 0,01$). O uso de caulim reduziu significativamente a área abaixo da curva (AAC) em comparação à testemunha (Figura 20). Enquanto a testemunha apresentou os maiores valores, o tratamento com caulim formou um grupo estatisticamente inferior, comprovando a eficácia do tratamento na redução da variável analisada. Comportamento semelhante foi observado por (MIRANDA et al., 2018; OLIVEIRA et al., 2022).

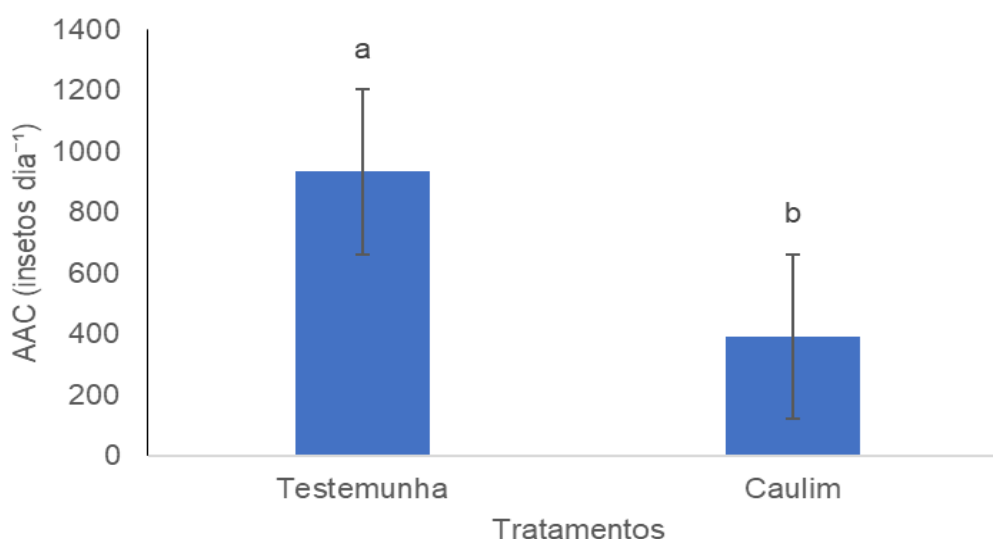


Figura 20. Efeito da aplicação de Caulim na redução da população acumulada de psíldeo através da Área abaixo da curva (AAC) em função dos tratamentos em pomar de laranja doce Valência em Cordeirópolis-SP. Avaliação de janeiro de 2024 a setembro de 2025. Médias seguidas por letras distintas diferem estatisticamente entre si pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade ($p < 0,05$).

5.2.2. Incidência e a Severidade do HLB.

5.2.2.1 Progresso da Severidade do HLB e Efeito do Manejo com Caulim

O monitoramento da severidade da doença huanglongbing ao longo do período experimental revelou níveis moderados a baixos, com médias gerais inferiores a 25% (Figura 21). Este padrão de baixa severidade, atípico para áreas endêmicas, podendo ser atribuído em grande parte ao manejo adotado, com

aplicação quinzenal de caulim processado. A formação do filme de partículas sobre as folhas pode ter atuado como barreira física e visual, o que pode ter dificultado o reconhecimento e a alimentação do vetor *Diaphorina citri*, comportamento de "não preferência", atribuído à alteração de pistas visuais (como a cor branca e a reflexão da luz) e táteis na superfície foliar suprimindo, consequentemente, a inoculação da bactéria (MCKENZIE et al., 2002; MIRANDA et al., 2018b; OLIVEIRA et al., 2022; PIERRE et al., 2021).

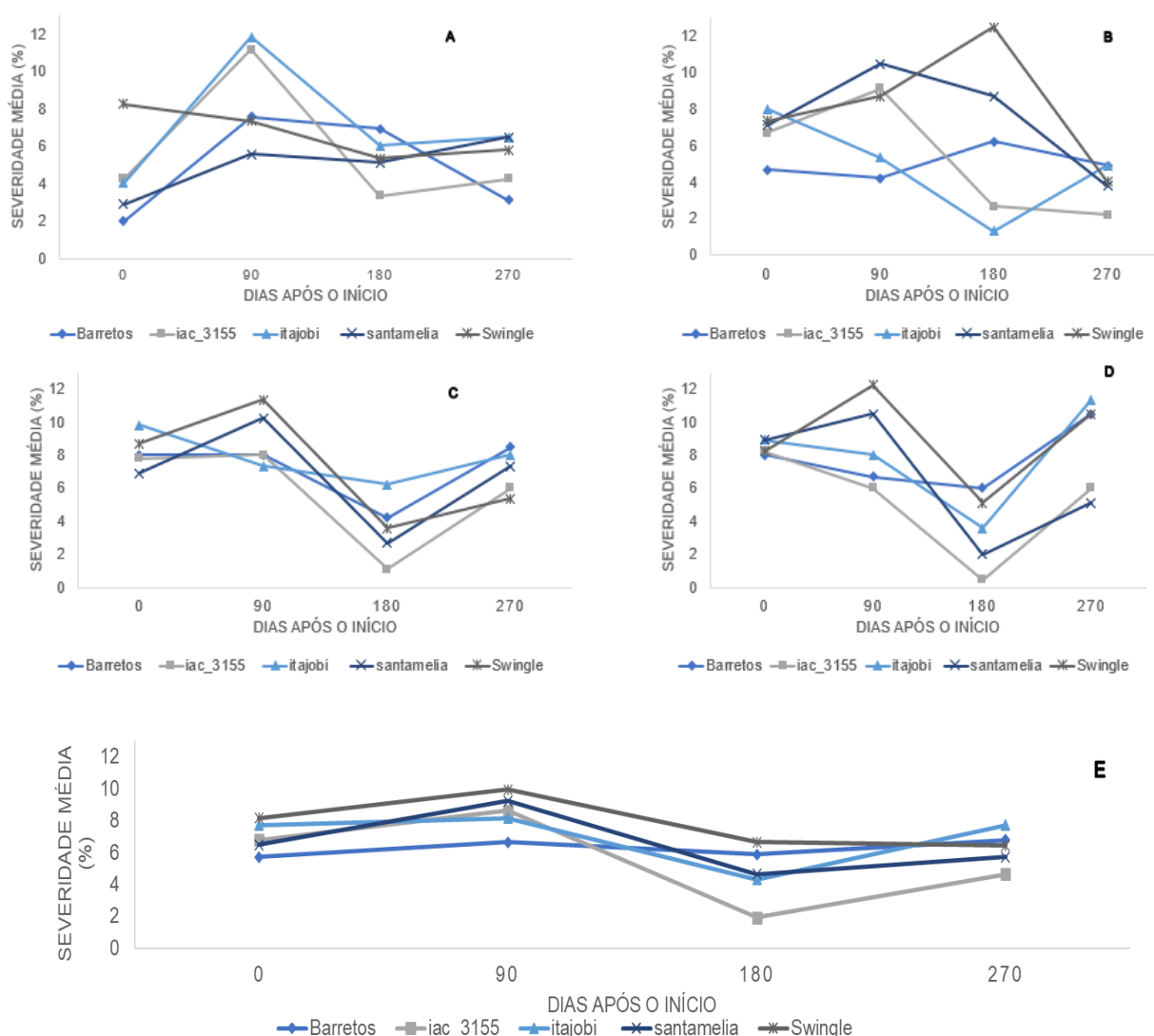


Figura 21. Curva de progresso da severidade média do huanglongbing (HLB) em cinco porta-enxertos num pomar de laranja Valência com três anos de idade, submetidos ao manejo com filme de partículas de caulim. Os gráficos ilustram o progresso da doença nos espaçamentos de (A) 1,5 m, (B) 2,0 m, (C) 2,5 m e (D) 3,0 m entre plantas e (E) Curva geral de progresso da severidade do huanglongbing (HLB). As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025).

Para a variável integradora da epidemia, a Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD), a análise de variância (Figura 22) demonstrou interação significativa ($p < 0,05$) entre os fatores porta-enxerto e espaçamento.

A análise da interação entre os fatores revelou que a eficácia do manejo com caulim na redução da severidade do HLB variou conforme o porta-enxerto e o espaçamento adotado. O porta-enxerto IAC 3155 apresentou as menores médias de AACPD, com destaque para o espaçamento de 3,0 m, onde foi o único a diferenciar-se dos demais materiais.

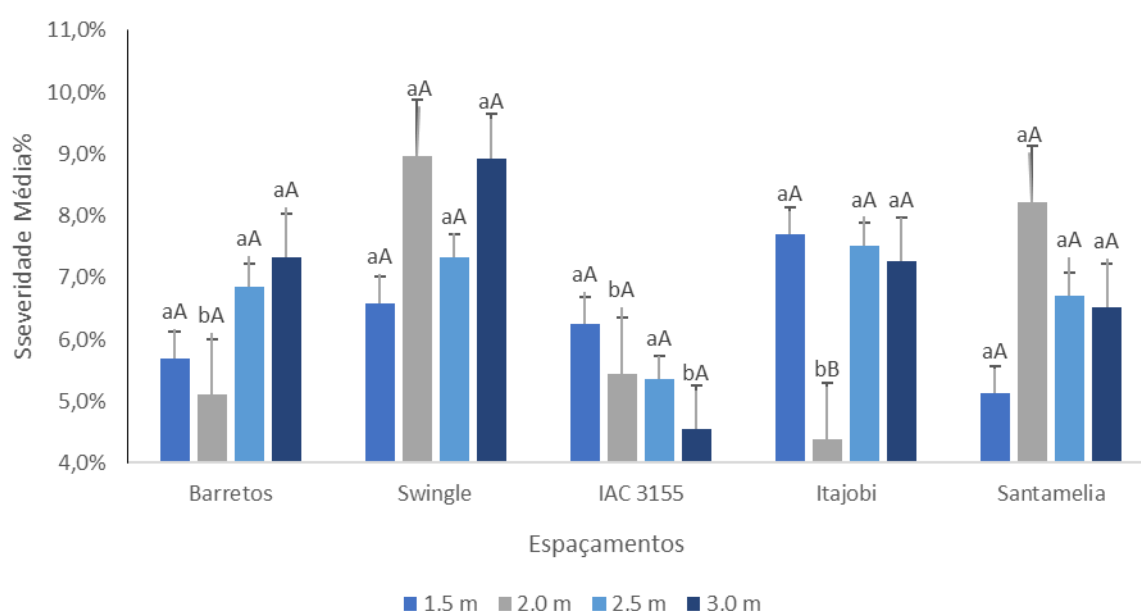


Figura 22. Análise de variância e médias da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para severidade de HLB em pomar de laranja Valência com três anos de idade, tratado com filme de partículas de caulim, em Cordeirópolis-SP. As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025). Os valores da AACPD foram normalizados pelo período de avaliação (270 dias) para apresentação em severidade média (%). Médias seguidas de letras minúsculas e maiúsculas diferentes, respectivamente entre porta-enxertos dentro de cada espaçamento e entre espaçamentos dentro de cada porta-enxerto, diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

No espaçamento de 2,0 m, o uso do caulim proporcionou uma redução significativa na severidade para os porta-enxertos IAC Barretos, IAC 3155 e o IAC Itajobi, que compuseram o grupo com as menores médias de severidade. Em contrapartida, mesmo com a proteção do caulim, o citrumelo Swingle e o IAC Santamélia mantiveram-se consistentemente no grupo de maiores valores, independentemente do espaçamento para estas avaliações.

O porta-enxerto IAC Itajobi foi o único material a apresentar resposta estatística às variações de adensamento sob o regime de aplicação de caulim, exibindo seu melhor desempenho especificamente no espaçamento de 2,0 m.

5.2.2.2. Severidade do HLB com Tratamento (caulim) x Testemunha (sem aplicação do caulim) nos Porta-enxertos IAC Itajobi, IAC Santamélia e IAC Barretos

Houve efeito significativo para a interação entre Tratamento e Espaçamento ($p=0,03$) e para a interação entre Porta-enxerto e Espaçamento ($p=0,04$). O efeito do Tratamento nas densidades de plantio demonstra que o manejo com caulim reduziu significativamente a AACPD em todas as densidades (Figura 23). Contudo, a proteção variou: nos espaçamentos (1,5 e 2,0 m), a diferença entre a testemunha e o tratamento foi de aproximadamente 5,5% a 5,3% respectivos, enquanto nos espaçamentos maiores (2,5 e 3,0 m), essa diferença foi para cerca de 2,7% e 2,9%.

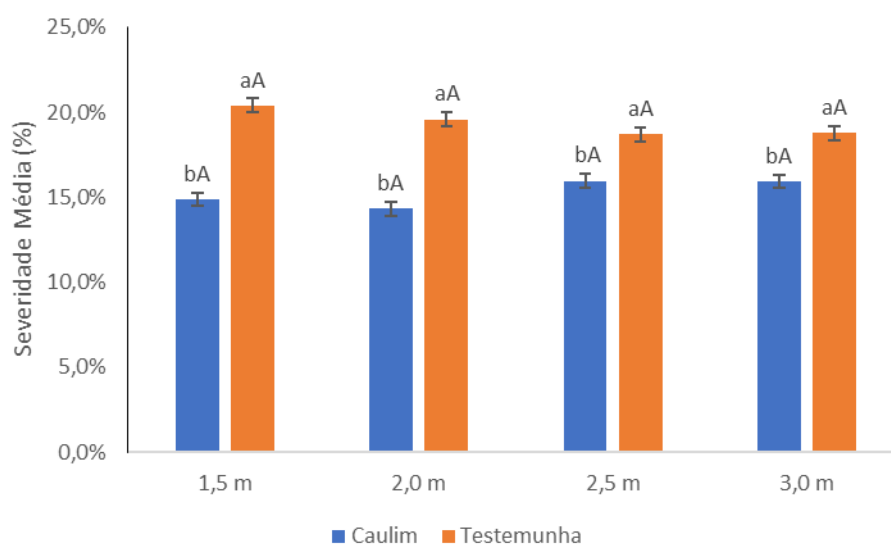


Figura 23. Análise Interação Tratamentos (caulim e testemunha) x Espaçamento para os valores médios da Área Abaixo da Curva de Progresso da Doença (AACPD) para severidade de HLB em pomar de laranja Valência com três anos de idade, em Cordeirópolis-SP. As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025). Os valores da AACPD foram normalizados pelo período de avaliação (270 dias) para apresentação em severidade média (%). Médias seguidas de letras minúsculas e maiúsculas diferentes, respectivamente entre tratamento dentro de cada espaçamento e entre espaçamentos dentro de cada tratamento diferenciam entre si pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Tal efeito pode ser explicado pelo comportamento de não preferência, visto que o caulim promove alterações visuais e táteis na superfície foliar (MCKENZIE et al., 2002; MIRANDA et al., 2018b; OLIVEIRA et al., 2022; PIERRE et al., 2021). Consequentemente, plantas sem a película protetora tendem a sofrer maior pressão do inseto vetor, como ilustrado na (Figura 20) e corroborado por Oliveira et al. (2022) e Pierre et al. (2021). Essa dinâmica reflete-se na severidade da doença, visto que a preferência dos insetos adultos resulta em títulos bacterianos (CLas) significativamente mais elevados e maior severidade de sintomas (TARDIVO et al., 2023).

A confirmação prática dessa menor severidade nas plantas protegidas é dada pela análise da escala CRDF, que revelou que enquanto 7,74% das observações na testemunha evoluíram para a classe de severidade moderada (Nota 2), apenas 1,25% das plantas tratadas com caulim atingiram esse patamar, permanecendo majoritariamente estacionadas na classe de sintomas leves ou assintomáticas (Notas 0 e 1) (Figura 24).

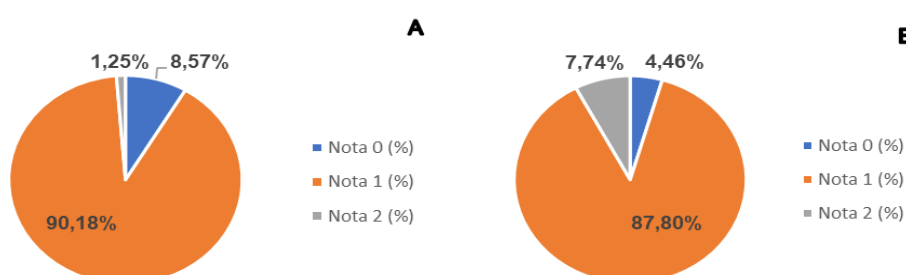


Figura 24. Distribuição da incidência do HLB em plantas de laranja Valencia em diferentes classes de severidade da escala CRDF/Gottwald, em função do tratamento com filme de partículas de (Caulim) (A) e testemunha (sem aplicação) (B). As notas correspondem a: 0 = 0% (Assintomática); 1 = < 20% (Sintomas leves); 2 = 20-40% (Sintomas moderados); 3 = 40-60%; 4 = 60-80%; 5 = > 80%. Dados acumulados ao longo de 270 dias de avaliação.

5.2.2.3. Incidência do HLB para todos os porta-enxertos (Barretos, Swingle, IAC 3155, Itajobi e o Santamelia) com tratamento x testemunha

Observou-se que a incidência da doença foi alta em todo o experimento, atingindo mais de 90% das plantas (Figura 25). Mas apesar de uma redução na incidência média no caulim vs testemunha, a análise estatística não detectou diferença significativa entre os tratamentos.

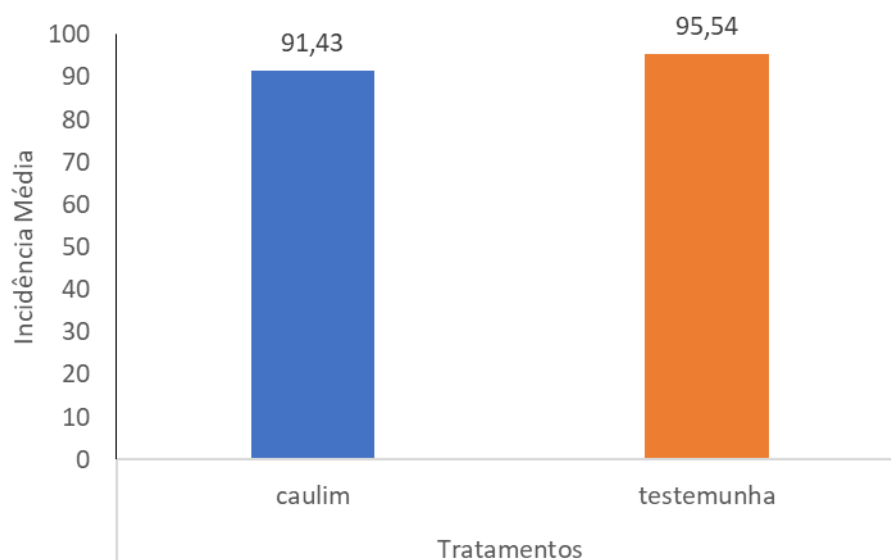


Figura 25. Incidência média de huanglongbing (HLB) em diferentes tratamentos (Caulim x Testemunha), ao longo do período experimental. Em pomar de laranjeira Valência com três anos de idade, em Cordeirópolis-SP. As avaliações foram trimestrais (julho de 2024 a junho de 2025).

Khalilzadeh et al. (2025) observaram que plantas jovens em um pomar com 100% de incidência de HLB, quando submetidas a pulverizações com caulim, apresentaram crescimento vegetativo (altura e volume de copa) e rendimento (produção de frutos) superiores aos das plantas do grupo controle.

5.3. Avaliação da mortalidade do psíldeo por controle via produto Actara®

A variação temporal na eficácia de controle de *Diaphorina citri* evidenciada pela análise de variância reforça a hipótese de que a arquitetura da copa e o vigor conferido pelo porta-enxerto influenciam diretamente a dinâmica de translocação de inseticidas sistêmicos. O tiametoxam, princípio ativo utilizado, é uma molécula hidrossolúvel transportada acropetalmente via xilema. Sua absorção e distribuição estão intrinsecamente ligadas ao fluxo transpiratório da planta.

Inicialmente o Actara apresentou uma eficácia de 100% para todos os porta-enxertos durante as primeiras quatro semanas (até D28) após a aplicação do tiametoxam, no entanto, observa-se uma queda na eficácia (corrigida por Abbott) imediatamente após os períodos de reinfestação ocorrida (D28 e D56, dias após

aplicação do produto), na avaliação de D35, os índices de controle reduziram para os níveis entre 16% e 39%, enquanto em D63 e D70 houve nova queda, chegando a 0% de eficácia no porta-enxerto em D70 (Figura 26). Embora, o gráfico evidencie a persistência do produto ao longo dos 84 dias mesmo sendo o controle desafiado pela introdução de novas populações, ocorreu recuperações da mortalidade em todos os porta-enxertos avaliados.

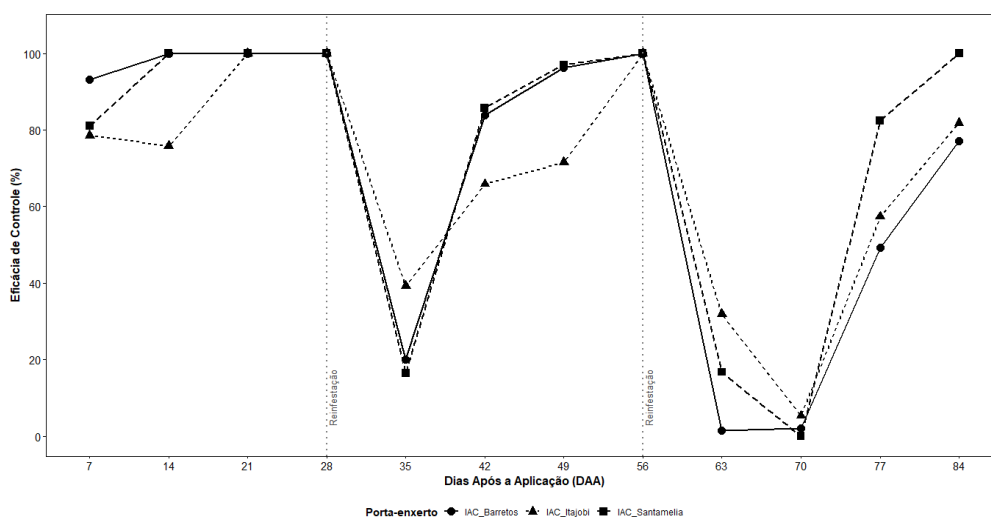


Figura 26. Eficácia de Abbott por Porta-Enxerto corrigida em porcentagem (%) ao longo do tempo.

A análise de variância (ANOVA) aplicada à eficácia média de controle corrigida pela fórmula de Abbott revelou um coeficiente de variação (CV) de 35,96%. A interação entre os fatores porta-enxerto e ciclo de reinfestação não foi significativa ($F = 0,630$; $p = 0,644$). Já para a avaliação do fator isolado porta-enxerto, também não apresentou diferenças estatísticas ($F = 0,012$; $p = 0,988$). As variedades IAC Santamelia (61,5%), IAC Barretos (60,6%) e IAC Itajobi (60,3%) apresentaram médias de eficácia de controle idênticas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$) conforme (Tabela 5).

Tabela 5. Eficácia média de controle (%) ¹ do inseticida Actara em diferentes citrandarins enxertados em copa de laranjeira e em ciclos de reinfestação do *Diaphorina citri*.

Fator Avaliado	Eficácia Média (%)
Ciclo de Reinfestação (Tempo)	
Ciclo 1 (Até 28 DAA)	77,9 a
Ciclo 2 (29 a 56 DAA)	64,7 a
Ciclo 3 (57 a 84 DAA)	39,7 b
Porta-enxertos	
IAC Santamélia	61,4 a
IAC Barretos	60,6 a
IAC Itajobi	60,3 a
CV (%) *	35,96

¹ Mortalidade calculada pela equação de Abbott (1925). Médias seguidas pela mesma letra, dentro de cada fator (coluna), não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. DAA = Dias Após a Aplicação. *CV = *Coeficiente de Variação*.

Em contrapartida, observou-se um efeito significativo para o fator ciclo de reinfestação ($F = 14,214$; $p < 0,001$). A análise de agrupamento de médias pelo teste de Tukey segregou o período de avaliação em dois grupos distintos de eficácia. Durante os dois primeiros ciclos, Ciclo 1 (Até 28 DAA) e Ciclo 2 (29 a 56 DAA), o inseticida apresentou níveis estatisticamente semelhantes de controle, com médias de 78,0% e 64,7%, respectivamente sendo iguais estatisticamente. Contudo, a partir do Ciclo 3 (57 a 84 DAA), houve uma queda e apresentou menor média de eficácia e diferenciou estatisticamente dos demais ciclos de reinfestação. Esse comportamento inicial corrobora os achados da literatura Langdon et al., 2018a, que demonstram que o pico de concentração foliar e a máxima eficiência de neonicotinoides sistêmicos em citros ocorrem nas semanas subsequentes à aplicação.

. Esta redução pode refletir o limite do efeito residual do inseticida nas plantas, a partir dos 56 dias após a aplicação, a degradação natural da molécula e a

diluição do princípio ativo no novo tecido vegetativo em crescimento fizeram com que a concentração do produto atingisse níveis subletais. Consequentemente, a terceira de reinfestação não foi adequadamente.

6. CONCLUSÕES

Desenvolvimento e adensamento: os porta-enxertos IAC 3155 e IAC Barretos induzem maior vigor à copa valência. Em contraste, o IAC Santamélia tem crescimento compacto, ideal para alta densidade (1,5 m). O adensamento acelera a cobertura da copa e reduz a brotação total, o que diminui a disponibilidade de alimento para o psílídeo.

Brotação e o Vetor: Surto do psílídeo (*Diaphorina citri*) acompanha a emissão de brotos, que são estimulados pelo clima. Porta-enxertos vigorosos, especialmente o Swingle, geram mais brotação e sustentam maiores populações do inseto.

Controle Físico (Caulim): Aplicações quinzenais funcionam como barreira repelente. Embora não impeça a incidência do HLB, o caulim reduz drasticamente a severidade da doença e a infestação.

Controle Químico (Actara®): A eficiência do inseticida não foi influenciada pela variedade do porta-enxerto, o produto também apresentou um excelente controle e um efeito residual satisfatório por até 56 dias após a aplicação o que englobou os dois primeiros ciclos de reinfestação. A partir de 57 dias após a aplicação, houve o esgotamento do período de proteção sistêmica da molécula na planta, resultando em uma queda na eficácia de controle.

Conclui-se que a adoção de porta-enxertos de menor vigor, aliada ao adensamento de plantio e à combinação de caulim com inseticidas sistêmicos, pode constituir uma estratégia promissora para a mitigação do complexo HLB-psílídeo e contribuindo para a sustentabilidade e a produtividade da citricultura.

7. LITERATURA CITADA

ABBOTT, W. S. A method of computing the effectiveness of an insecticide. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 18, n. 2, p. 265-267, 1925.

ABRAFRUTAS. Associação Brasileira dos Produtores Exportadores de Frutas e Derivados. **Paineis de Produção**. Brasília, DF, 2026. Disponível em: <https://abrafrutas.org/paineis-de-producao/>. Acesso em: 16 fev. 2026.

ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. Transcriptional response of susceptible and tolerant citrus to infection with *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Plant Science**, Shannon, v. 185-186, p. 118-130, abr. 2012.

AUBERT, B. Trioza erytreae Del Guercio and *Diaphorina citri* Kuwayama (Homoptera: Psylloidea), the two vectors of citrus greening disease: biological aspects and possible control strategies. **Fruits**, v. 42, n. 3, p. 149-162, 1987.

BASTIANEL, M. et al. Reaction of Tangerines to Alternaria Brown Spot and *huanglongbing*: Identification of Potential Varieties for Disease Management in the Field. **Horticulturae**, [s. l.], v. 9, n. 6, p. 641, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/horticulturae9060641>. Acesso em: 30 jan. 2026.

BIXBY, M. et al. Identifying and modeling the impact of neonicotinoid exposure on honey bee colony profit. **Journal of Economic Entomology**, v. 117, n. 6, p. 2228–2241, dez. 2024. DOI: 10.1093/jee/toae227.

BLUMER, S.; POMPEU JUNIOR, J. Avaliação de citrandarins e outros híbridos de trifoliata como porta-enxertos para citros em São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 264-267, ago. 2005.

BOAVA, L. P.; CRISTOFANI-YALY, M.; MACHADO, M. A. Physiologic, anatomic, and gene expression changes in Citrus sunki, Poncirus trifoliata, and their hybrids after *Candidatus Liberibacter asiaticus* infection. **Phytopathology**, St. Paul, v. 107, n. 5, p. 590-599, maio 2017.

BORDIGNON, R. et al. Efeito da tristeza dos citros em caracteres vegetativos, produtivos e industriais da laranja Valência enxertada em porta-enxertos híbridos segregando para tolerância. **Bragantia**, Campinas, v. 62, n. 2, p. 207-215, 2003.

BOSCARIOL-CAMARGO, R. L. et al. Avaliação de diferentes genótipos de citros à infecção por *Candidatus Liberibacter asiaticus*. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 31, p. 85-90, 2010.

BOVÉ, J. M. huanglongbing: a destructive, newly-emerging, century-old disease of citrus. **Journal of Plant Pathology**, v. 88, n. 1, p. 7-37, 2006.

BOWMAN, K. D.; MCCOLLUM, G.; ALBRECHT, U. SuperSour: A new strategy for breeding superior citrus rootstocks. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, art. 741009, 2021.

BYRNE, F. J. et al. Spatial and temporal distribution of imidacloprid and *thiamethoxam* in citrus and impact on *Homalodisca coagulata* populations. **Pest Management Science**, v. 61, n. 1, p. 75-84, 2005.

CAMPBELL, C. L.; MADDEN, L. V. **Introduction to plant disease epidemiology**. New York: John Wiley & Sons, 1990.

CAPOOR, S. P.; RAO, D. G.; VISWANATH, S. M. *Diaphorina citri* Kuway., um vetor da doença do *greening* dos citros na Índia. **Indian Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 37, p. 1382, 1967.

CARVALHO, E. V. de et al. Modeling seasonal flushing and shoot growth on different citrus scion-rootstock combinations. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 288, art. 110358, 2021.

CARVALHO, E. V. de et al. Vegetative shoot flush dynamics of Pera sweet orange on three rootstock cultivars. **Journal of Citrus Pathology**, Riverside, v. 9, 2022.

CARVALHO, H. W. L. de et al. Agronomical performance of Piemonte mandarin grafted on several rootstocks in the Brazilian Coastal Tablelands. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 51, n. 11, p. 1830-1838, nov. 2016.

CARVALHO, S. A. de et al. Avanços na propagação de citros no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 41, n. 1, e-422, 2019.

CHEN, X. D. et al. Comparative transcriptome analysis of *thiamethoxam* susceptible and resistant Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae), using RNA-sequencing. **Insect Science**, v. 28, n. 6, p. 1708-1720, 2021.

CHEN, X. D.; QURESHI, J. A.; STELINSKI, L. L. Monitoring of *Diaphorina citri* populations from Florida reveals reduced susceptibility to *cyantraniliprole* and *thiamethoxam*. **Journal of Applied Entomology**, v. 146, n. 6, p. 725-733, 2022.

CIFUENTES-ARENAS, J. C. et al. Citrus flush shoot ontogeny modulates biotic potential of *Diaphorina citri*. **PLoS One**, v. 13, n. 1, e0190563, 2018.

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Sucos Cítricos. **Estatísticas: Exportações**. São Paulo, 2026. Disponível em: <https://citrusbr.com/estatisticas/exportacoes/>. Acesso em: 16 fev. 2026.

CITRUSBR. Associação Nacional dos Exportadores de Cítricos. **Geração de empregos na citricultura cresce 8% em 2023**. São Paulo, 28 fev. 2024. Disponível em: <https://citrusbr.com/noticias/geracao-de-empregos-na-citricultura-cresce-8-em-2023/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

COSTA, D. P. et al. Less is more: a hard way to get potential dwarfing hybrid rootstocks for Valencia sweet orange. **Agriculture**, Basel, v. 11, n. 4, p. 354, abr. 2021. DOI: 10.3390/agriculture11040354.

CRUZ, M. A. da et al. Five rootstocks for “Emperor” mandarin under subtropical climate in Southern Brazil. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 12, e777871, 2021.

DANIEL, C.; PFAMMATTER, W.; KEHRLI, P.; WYSS, E. Processed kaolin as an alternative insecticide against the European pear sucker, *Cacopsylla pyri* (L.). **Journal of Applied Entomology**, v. 129, p. 363-367, 2005.

DE MENDIBURU, F. **agricolae**: Statistical procedures for agricultural research. R package version 1.3-7. 2023. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=agricolae>.

DEVITE, F. T.; BASTIANEL, M.; CRISTOFANI-YALY, M.; DE SOUZA, A. J. B.; GADANHOTO, B. P.; COSTA ARANTES, A. C.; DE AZEVEDO, F. A. Performance of Valencia sweet orange grafted onto dwarfing citrandarins. **Frontiers in Plant Science**, [s. l.], v. 16, p. 1530396, 2025. DOI: 10.3389/fpls.2025.1530396.

DOMINGUES, A. R. et al. Fruit Ripening Development of Valencia Orange Trees Grafted on Different *Trifoliata Hybrid* Rootstocks. **Horticulturae**, v. 7, n. 1, p. 3, 2020.

DOMINGUES, A. R. et al. Rootstocks Genotypes Impact on Tree Development and Industrial Properties of Valencia Sweet Orange Juice. **Horticulturae**, v. 7, n. 6, p. 141, 2021.

DORTA, S. de O. et al. Desenvolvimento de estratégias alternativas visando ao controle do *huanglongbing*. **Citrus Research & Technology**, Cordeirópolis, v. 40, supl. 1, e1005, 2019.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. **Citrus fruit statistics 2022**. Rome: FAO, 2023. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. Acesso em: 20 maio 2025.

FERNÁNDEZ, M.; MIRANDA, I. Comportamiento de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae). Parte III: Relación entre el ciclo de vida y o brote vegetativo foliar. **Revista de Protección Vegetal**, La Habana, v. 20, n. 3, p. 151-155, 2005.

FOLIMONOVA, S. Y. et al. Examination of the responses of different genotypes of citrus to huanglongbing (citrus *greening*) under different conditions. **Phytopathology**, St. Paul, v. 99, n. 12, p. 1346-1354, dez. 2009.

FRANÇA, N. de O. et al. Performance of Tuxpan Valencia sweet orange grafted onto 14 rootstocks in northern Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 38, n. 4, e-684, 2016.

FRANÇA, N. de O. et al. Plant growth, yield and fruit quality of Piemonte tanger grafted onto 14 rootstocks on the northern coast of the state of Bahia, Brazil. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 40, n. 4, e-784, 2018.

FUNDECITRUS. Fundação de Defesa da Citricultura. **Guia de fases de desenvolvimento vegetativo da planta de citros**. Araraquara: Fundecitrus, [2023].

Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/manual_detalhes/guia-de-fases-de-desenvolvimento-vegetativo-da-planta-de-citros/69. Acesso em: 26 maio 2025.

FUNDECITRUS. Fundação de Defesa da Citricultura. **Fechamento da safra de laranja**. Araraquara, abr. 2026. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/wp-content/uploads/2026/04/0426_Fechamento-da-Safra-de-Laranja.pdf. Acesso em: 28 abr. 2026.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura. **Produtividade e sustentabilidade**: cinturão de SP e MG é a principal região produtora de laranja e suco de laranja do mundo. Araraquara, 2021. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/comunicacao/noticias/integra/produtividade-e-sustentabilidade-cinturao-de-sp-e-mg-e-a-principal-regiao-produtora-de-laranja-e-suco-de-laranja-do-mundo/1009>. Acesso em: 24 maio 2025.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura. **Fechamento da safra de laranja**. Relatório, abr. 2025a. Disponível em: https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/0425_Fechamento_da_Safra_de_Laranja.pdf. Acesso em: 24 maio 2025.

FUNDECITRUS. Fundo de Defesa da Citricultura. **Levantamento da incidência de greening no parque citrícola**. Araraquara: Fundecitrus, 2026a. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pes/#inventario-de-arvores>. Acesso em: 29 ago. 2025.

GARIERI, S. G. **Estudo da brotação de laranjeira Natal sobre sete diferentes portas enxertos visando o controle de *Diaphorina citri***. 2016. Dissertação (Mestrado Profissional em Controle de Doenças e Pragas dos Citros) – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, 2016.

GIRARDI, E. A. et al. The perfect match: adjusting high tree density to rootstock vigor for improving cropping and land use efficiency of sweet orange. **Agronomy**, Basel, v. 11, n. 12, p. 2569, dez. 2021. DOI: 10.3390/agronomy11122569.

GLENN, D. M. et al. Hydrophobic particle films: a new paradigm for suppression of arthropod pests and plant diseases. **Journal of Economic Entomology**, v. 92, n. 4, p. 759-771, 1999.

GOTTWALD, T. R.; AUBERT, B.; ZHAO, X. Z. Preliminary analysis of citrus *greening* (*huanglongbing*) of China and French Reunion Island. **Phytopathology**, Davis, v. 79, n. 6, p. 687-693, 1989.

GRAHAM, J. H. et al. Management of *huanglongbing* of Citrus: Lessons from São Paulo and Florida. **Annual Review of Phytopathology**, v. 62, p. 243-262, 2024.

GRAHAM, J. H. et al. Integrated root health management for *HLB*-affected trees. **Citrus Industry**, Gainesville, v. 94, n. 2, p. 12-14, fev. 2013.

HALBERT, S. E.; MANJUNATH, K. L. *Asian citrus psyllids* (Sternorrhyncha: Psyllidae) and *greening* disease of citrus: a literature review and assessment of risk in Florida. **Florida Entomologist**, Gainesville, v. 87, n. 3, p. 330-353, set. 2004.

HALL, D. G.; ALBRECHT, U.; BOWMAN, K. D. Transmission Rates of 'Ca. *Liberibacter asiaticus*' by Asian citrus psyllid are enhanced by the presence and developmental stage of citrus flush. **Journal of Economic Entomology**, [s. l.], v. 109, n. 2, p. 558-563, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/tow009>.

HALL, D. G.; ALBRIGO, L. G. Estimating the relative abundance of flush shoots in citrus with implications on monitoring insects associated with flush. **HortScience**, [s. l.], v. 42, n. 2, p. 364-368, 2007. DOI: <https://doi.org/10.21273/hortsci.42.2.364>.

HOSSEINZADEH, S.; HECK, M. Variations on a theme: Factors regulating interaction between *Diaphorina citri* and *Candidatus Liberibacter asiaticus* vector and pathogen of citrus *huanglongbing*. **Current Opinion in Insect Science**, v. 56, p. 101025, 2023.

HUANG, M. et al. Construction of high-density genetic maps and detection of QTLs associated with huanglongbing tolerance in Citrus. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 9, p. 1694, nov. 2018.

HU, W. et al. Enhanced Control Efficacy of Different Insecticides Mixed with Mineral Oil Against Asian Citrus Psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama, Under Varying Climates. **Insects**, v. 16, n. 1, p. 28, 2024.

INOUE, H. et al. Enhanced proliferation and efficient transmission of *Candidatus Liberibacter asiaticus* by adult *Diaphorina citri* after acquisition feeding in the nymphal stage. **Annals of Applied Biology**, Hoboken, v. 155, n. 1, p. 29-36, jul. 2009.

JOHNSON, E. G. et al. 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**, Hoboken, v. 63, n. 2, p. 290-298, 2014.

LANGDON, K. W. et al. Influence of tree size and application rate on expression of thiamethoxam in citrus and its efficacy against *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Journal of Economic Entomology**, v. 111, n. 2, p. 770-776, 2018.

LANGDON, Kevin W.; SCHUMANN, Rhonda; STELINSKI, Lukasz L.; ROGERS, Michael E. Spatial and Temporal Distribution of Soil-Applied Neonicotinoids in *Citrus* Tree Foliage. *Journal of Economic Entomology*, [s. l.], v. 111, n. 4, p. 1788-1798, ago. 2018a. DOI: <https://doi.org/10.1093/jee/toy114>.

LEONG, S. C. T. et al. Influence of host plant species and flush growth stage on the Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama. **American Journal of Agricultural and Biological Sciences**, v. 6, n. 4, p. 536-543, 2011.

LEONG, S. S.; LEONG, S. C. T.; BEATTIE, G. A. C. Integrated Pest Management Strategies for Asian Citrus Psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae)

and huanglongbing in Citrus for Sarawak, East Malaysia, Borneo. **Insects**, v. 13, n. 10, p. 960, 2022.

LI, Q. et al. Chemosensory protein 8 confers thiamethoxam resistance in *Diaphorina citri*. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, [s. l.], v. 208, 106264, 2025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2024.106264>.

LIU, T.-Y. et al. Genetic mutations and insecticide resistance in *Diaphorina citri*: a comparative study across Chinese citrus regions. **Pest Management Science**, v. 81, p. 4831-4838, 2025. DOI: 10.1002/ps.8845.

MACHADO, M. A. et al. Genética, melhoramento e biotecnologia de citros. In: MATTOS JUNIOR, D. et al. (org.). **Citros**. Campinas: Instituto Agrônomo; Fundag, 2005. p. 243-246.

MANDAL, A. H. et al. Evaluating the impact of neonicotinoids on aquatic non-target species: A comprehensive review. **Environmental Toxicology and Pharmacology**, v. 113, p. 106264, 2025. DOI: 10.1016/j.etap.2024.104606.

MARTINS, C. R. et al. Performance of the pineapple sweet orange on different rootstocks. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 36, n. 2, p. 458-472, 2020.

MCCLEAN, A. P. D.; OBERHOLZER, P. C. J. Psilose dos citros, vetor da doença do *greening* da laranja doce: nota de pesquisa. **South African Journal of Agricultural Science**, [s. l.], v. 8, p. 297-298, 1965.

MCKENZIE, C. L.; PUTTERKA, G. J.; HALL, D. G. Efficacy of Surround for control of Asian psyllid on citrus. **Arthropod Management Tests**, v. 27, p. D8, 2002.

MIRANDA, M. P. et al. Processed kaolin affects the probing and settling behavior of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). **Pest Management Science**, v. 74, p. 1964–1972, 2018.

MIRANDA, M. P. et al. Frequency of processed kaolin application to prevent *Diaphorina citri* infestation and dispersal in flushing citrus orchards. **Pest Management Science**, v. 77, p. 5396-5406, 2020.

MISHRA, S.; GHANIM, M. Interactions of Liberibacter Species with Their Psyllid Vectors: Molecular, Biological, and Behavioral Mechanisms. **International Journal of Molecular Sciences**, v. 23, n. 7, p. 4029, 2022.

MOREIRA, A. S. et al. **Expansão do cinturão citrícola – Quais as aptidões e os riscos climáticos?** Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2023. (Documentos, 255).

NAGE, S. M. et al. Relative Toxicity of Different Insecticides to Asian Citrus Psylla (*Diaphorina citri* Kuwayama). **International Journal of Environment and Climate Change**, v. 13, n. 11, p. 3635-3641, 2023.

NEVES, M. F. **O retrato da citricultura brasileira**. Ribeirão Preto: Markestrat, 2010.

NUNES, E. L. et al. Distribuição de *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) e detecção de *Candidatus Liberibacter asiaticus* em regiões citrícolas do Paraná.

Contribuciones a Las Ciencias Sociales, São José dos Pinhais, v. 17, n. 2, p. 1-20, 2024.

OLIVEIRA, D. F. et al. Kaolin particle films disrupt landing, settling behavior and feeding of *Trioza erytrae* on lemon plants. **Pest Management Science**, v. 78, p. 4753-4763, 2022.

OLIVEIRA, H. T. de. **Dinâmica de brotação em diferentes combinações de copa e porta enxerto de citros em área irrigada e não irrigada**. 2017. 37 f. Dissertação (Mestrado em Fitossanidade) – Fundo de Defesa da Citricultura, Araraquara, 2017.

OZSIRVAN, G. et al. Insights into the uptake, translocation, and accumulation dynamics of cyantraniliprole and thiamethoxam seed coating pesticides in maize plants. **Environmental Science and Pollution Research**, v. 31, 2024. DOI: 10.1007/s11356-024-34135-7.

PELZ-STELINSKI, K. S. et al. Transmission parameters for *Candidatus Liberibacter asiaticus* by Asian citrus psyllid. **Journal of Economic Entomology**, Oxford, v. 103, n. 5, p. 1531-1541, out. 2010.

PIERRE, M. O. et al. White and red-dyed kaolin particle films reduce Asian citrus psyllid populations, delay huanglongbing infection, and increase citrus growth. **Crop Protection**, v. 150, p. 105792, 2021.

PIERSON, E. A. et al. *Candidatus Liberibacter* pathosystems at the forefront of agricultural and biological research challenges. **Phytopathology**, [s. l.], v. 112, n. 1, p. 7-10, 2022. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-12-21-0497-FI>.

POMPEU JUNIOR, J.; BLUMER, S. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para laranjeira Pêra. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 1, p. 9-14, 2014.

POMPEU JUNIOR, J.; SALVA, R.; BLUMER, S. Híbridos de trifoliata como porta-enxertos para laranjeira 'Valência'. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 44, n. 7, p. 701-705, jul. 2009.

R CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Version 4.4.2. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2024. Disponível em: <https://www.R-project.org/>.

SAA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento SP. **Agroclima SP: Monitoramento agrometeorológico Cordeirópolis**. Campinas: CIIAGRO, 2026. Disponível em: <http://agroclimasp.ciiagro.org.br/index.php/main/set265>. Acesso em: 30 jan. 2026.

SAA. Secretaria de Agricultura e Abastecimento SP. **Com recorde de faturamento, citricultura paulista avança e gera mais de 45 mil empregos na safra 2023/24**. São Paulo, 19 ago. 2024. Disponível em:

<https://agricultura.sp.gov.br/2024/08/19/com-recorde-de-faturamento-citricultura-paulista-avanca-e-gera-mais-de-45-mil-empregos-na-safra-2023-24/>. Acesso em: 2 jul. 2025.

SANTIAGO-ROSARIO, L. Y. et al. The invasion history of *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae) in Puerto Rico. **Environmental Entomology**, v. 52, n. 2, p. 259-269, 2023.

SCHINOR, E. H. et al. *Sunki Mandarin* vs *Poncirus trifoliata* Hybrids as Rootstocks for Pera Sweet Orange. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 6, p. 190-200, 2013.

SÉTAMOU, M. et al. Quality matters: influences of citrus flush physicochemical characteristics on population dynamics of the Asian citrus psyllid (Hemiptera: Liviidae). **PLoS One**, v. 11, n. 12, e0168997, 2016.

SHIMIZU, G. D.; MARUBAYASHI, R. Y. P.; GONCALVES, L. S. A. **AgroR**: Experimental statistics and graphics for agricultural sciences. R package version 1.3.7. 2025. Disponível em: <https://CRAN.R-project.org/package=AgroR>.

SHOWLER, A. T. Effects of kaolin-based particle film application on boll weevil (Coleoptera: Curculionidae) injury to cotton. **Journal of Economic Entomology**, v. 95, p. 754–762, 2002.

SILVA, E. G. da; PONCE, F. da S.; SOUZA, S. G. H. de. Avanços tecnológicos e uso de IoT no monitoramento de *Diaphorina citri* na citricultura. **Brazilian Journal of Biology**, São Carlos, v. 85, e290263, 2025.

SILVA, I. P. et al. Volatile compounds in citrus in adaptation to water deficit and to herbivory by *Diaphorina citri*: How the secondary metabolism of the plant is modulated under concurrent stresses. A review. **Plant Science**, v. 346, p. 112157, 2024.

SORATTO, T. A. T. et al. QTL and eQTL mapping associated with host response to *Candidatus Liberibacter asiaticus* in citrandarins. **Tropical Plant Pathology**, Brasília, v. 45, n. 6, p. 626-645, 2020.

STUCHI, E. S.; GIRARDI, E. A. **Utilização de Práticas Culturais na Citricultura Frente ao huanglongbing**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura, 2010. (Documentos, 191).

SULZBACH, M. et al. **huanglongbing (HLB) dos citros e estratégias de manejo visando prevenção e controle**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2017. (Documentos, 450).

SWINGLE, W. T.; REECE, P. C. The botany of citrus and its wild relatives. In: REUTHER, W.; WEBBER, H. J.; BATCHELOR, L. D. (ed.). **The citrus industry**. v. 1. Riverside: University of California, 1967. p. 190-430.

TARDIVO, C. et al. Relative influence of rootstock and scion on Asian citrus psyllid infestation and *Candidatus Liberibacter asiaticus* colonization. **HortScience**, v. 58, n. 4, p. 395-403, 2023.

USDA. Department of Agriculture. Foreign Agricultural Service. **Citrus: World Markets and trade**. Washington, DC, jan. 2026. Disponível em: <https://www.fas.usda.gov/sites/default/files/2026-01/citrus.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2026.

VIEIRA, J. G. A. et al. Effect of Systemic Insecticides Applied via Drench on the Mortality of *Diaphorina citri* on Curry Leaf. **Insects**, v. 14, n. 5, p. 422, 2023.

VITÓRIA, M. F. et al. Horticultural performance and huanglongbing impact on rainfed Valencia sweet orange grafted onto 16 rootstock genotypes. **Bragantia**, Campinas, v. 83, e20230153, 2024. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1678-4499.20230153>. Acesso em: 24 set. 2025.

WANG, N. *Candidatus Liberibacter asiaticus* (citrus greening). In: **CABI Compendium**. Wallingford: CABI, 2022.

YAMAMOTO, P. T.; PAIVA, P. E. B.; GRAVENA, S. Flutuação populacional de *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Psyllidae) em pomares de citros na região Norte do Estado de São Paulo. **Neotropical Entomology**, v. 30, n. 1, p. 165–170, 2001.

YANG, Y. et al. Distribution, biology, ecology and control of the psyllid *Diaphorina citri* Kuwayama, a major pest of citrus: a status report for China. **International Journal of Pest Management**, Abingdon, v. 52, n. 4, p. 343-352, out./dez. 2006.

ZHANG, N. et al. The Amino Acid Transporter PtCAT7 and Ammonium Nutrition Enhance the Uptake of Thiamethoxam in *Citrus* Rootstock Seedlings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 72, n. 13, p. 6942-6953, 2024.

ZHENG, L. et al. Nicotiana tabacum as a dead-end trap for adult *Diaphorina citri*: a potential biological tactic for protecting citrus orchards. **Frontiers in Plant Science**, Lausanne, v. 13, e1081663, 2023.

APÊNDICE

Apêndice 1. Matriz de Correlação de Person (valores de R) da análise de Brotações para todas as comparações de (porta-enxertos + espaçamentos) e variáveis climáticas em copa de laranja doce Valência enxertadas em 5 porta-enxertos em 4 diferentes espaçamentos de plantio aos 3 anos de idade.

	itajobi_3_0m	itajobi_2_5m	itajobi_2_0m	itajobi_1_5m	barretos_3_0m	barretos_2_5m	barretos_2_0m	barretos_1_5m	iac3155_3_0m	iac3155_2_5m	iac3155_2_0m	iac3155_1_5m	santa_amelia_3_0m	santa_amelia_2_5m
itajobi_3_0m	—													
itajobi_2_5m	0.605*	—												
itajobi_2_0m	0.556*	0.857***	—											
itajobi_1_5m	0.751**	0.780***	0.890***	—										
barretos_3_0m	0.935***	0.637*	0.665**	0.782***	—									
barretos_2_5m	0.828***	0.712**	0.685**	0.729**	0.884***	—								
barretos_2_0m	0.493	0.735**	0.922***	0.808***	0.692**	0.673**	—							
barretos_1_5m	0.460	0.843***	0.912***	0.759**	0.627*	0.717**	0.902***	—						
iac3155_3_0m	0.960***	0.646*	0.652*	0.829***	0.964***	0.886***	0.650*	0.606*	—					
iac3155_2_5m	0.716**	0.792***	0.655*	0.715**	0.776**	0.891***	0.669**	0.784***	0.831***	—				
iac3155_2_0m	0.553*	0.672**	0.867***	0.782***	0.671**	0.766**	0.885***	0.811***	0.684**	0.668**	—			
iac3155_1_5m	0.489	0.761**	0.885***	0.736**	0.586*	0.516	0.818***	0.822***	0.571*	0.558*	0.661*	—		
santa_amelia_3_0m	0.707**	0.703**	0.530	0.696**	0.721**	0.772**	0.519	0.654*	0.811***	0.948***	0.512	0.452	—	
santa_amelia_2_5m	0.641*	0.599*	0.358	0.533*	0.627*	0.714**	0.354	0.508	0.728**	0.904***	0.330	0.356	0.950***	—
santa_amelia_2_0m	0.633*	0.772**	0.859***	0.918***	0.743**	0.677**	0.872***	0.822***	0.785***	0.783***	0.790***	0.769**	0.775**	
santa_amelia_1_5m	0.763**	0.556*	0.554*	0.691**	0.857***	0.838***	0.565*	0.586*	0.857***	0.814***	0.553*	0.502	0.817***	
Swingle_3_0m	0.928***	0.625*	0.607*	0.805***	0.884***	0.864***	0.560*	0.540*	0.948***	0.786***	0.713**	0.423	0.787***	
Swingle_2_5m	0.764**	0.710**	0.510	0.610*	0.797***	0.889***	0.527	0.612*	0.837***	0.951***	0.574*	0.406	0.917***	
Swingle_2_0m	0.686**	0.806***	0.972***	0.925***	0.769**	0.776**	0.916***	0.872***	0.779**	0.710**	0.919***	0.848***	0.591*	
Swingle_1_5m	0.817***	0.558*	0.577*	0.730**	0.901***	0.861***	0.605*	0.548*	0.896***	0.787***	0.617*	0.481	0.769**	
precip_acum_mm	0.575*	0.239	0.587*	0.708**	0.634*	0.514	0.635*	0.379	0.637*	0.288	0.740**	0.369	0.230	
Tmin_C	0.462	0.367	0.578*	0.570*	0.493	0.651*	0.593*	0.519	0.549*	0.493	0.690**	0.475	0.315	
Tmed_C	0.415	0.506	0.614*	0.595*	0.479	0.667**	0.645*	0.615*	0.532	0.613*	0.654*	0.518	0.443	
Tmax_C	0.289	0.603*	0.563*	0.530	0.384	0.580*	0.608*	0.639*	0.426	0.667**	0.503	0.490	0.535*	

Continuação

santa_amelia_2_5m	santa_amelia_2_0m	santa_amelia_1_5m	Swingle_3_0m	Swingle_2_5m	Swingle_2_0m	Swingle_1_5m	precip_acum_mm	Tmin_C	Tmed_C	Tmax_C
—										
0.611*	—									
0.786***	0.730**	—								
0.661*	0.731**	0.769**	—							
0.901***	0.678**	0.848***	0.814***	—						
0.424	0.880***	0.638*	0.742**	0.590*	—					
0.723**	0.743**	0.976***	0.825***	0.846***	0.678**	—				
0.039	0.596*	0.432	0.665**	0.254	0.709**	0.556*	—			
0.303	0.449	0.421	0.498	0.371	0.670**	0.461	0.605*	—		
0.452	0.530	0.472	0.455	0.476	0.661*	0.488	0.449	0.945***	—	
0.569*	0.547*	0.460	0.329	0.534*	0.545*	0.444	0.178	0.723**	0.909***	—

Nota. * $p < 0,05$ ** $p < 0,01$ *** $p < 0,001$

Tmin (°C) Tempera mínima; Tmed (°C) Tempera media; Tmax (°C) Tempera máxima; Precipitação acumulada (mm)