

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO INICIAL E TOLERÂNCIA À SECA DE
LIMEIRA-ÁCIDA 'TAHITI' BRS PONTA FIRME ENXERTADA
EM 26 PORTA-ENXERTOS**

Larissa Nunes da Silva
Engenheira Agrônoma

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA – UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**DESEMPENHO INICIAL E TOLERÂNCIA À SECA DE
LIMEIRA-ÁCIDA 'TAHITI' BRS PONTA FIRME ENXERTADA
EM 26 PORTA-ENXERTOS**

Discente: Larissa Nunes da Silva

Orientador: Prof. Dr. Eduardo Sanches Stuchi

Coorientador: Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp,
Câmpus de Jaboticabal, como parte das
exigências para obtenção do título de
Mestre em Agronomia (Genética e
Melhoramento de Plantas)**

S586d	Silva, Larissa Nunes Desempenho inicial e tolerância à seca de limeira-ácida 'Tahiti' BRS Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos / Larissa Nunes Silva. -- Jaboticabal, 2022 51 f. : il., tabs. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Eduardo Sanches Stuchi Coorientador: Eduardo Augusto Girardi 1. Citrus ×latifolia. 2. Compatibilidade de enxertia. 3. Déficit hídrico. 4. Huanglongbing. 5. Poncirus trifoliata. I. Título.
-------	--

Sistema de geração automática de fichas catalográficas da Unesp. Biblioteca da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal. Dados fornecidos pelo autor(a).

Essa ficha não pode ser modificada.

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

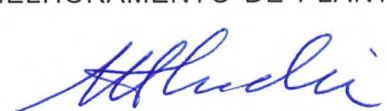
TÍTULO DA DISSERTAÇÃO: DESEMPENHO INICIAL E TOLERÂNCIA À SECA DE LIMEIRÁ-ÁCIDA
'TAHITI BRS PONTA FIRME' ENXERTADA EM 26 PORTA-ENXERTOS

AUTORA: LARISSA NUNES DA SILVA

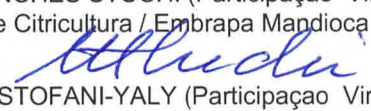
ORIENTADOR: EDUARDO SANCHES STUCHI

COORDENADOR: EDUARDO AUGUSTO GIRARDI

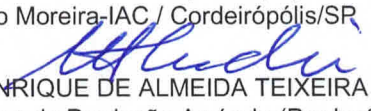
Aprovada como parte das exigências para obtenção do Título de Mestra em AGRONOMIA
(GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS), pela Comissão Examinadora:



Prof. Dr. EDUARDO SANCHES STUCHI (Participação Virtual)
Estacao Experimental de Citricultura / Embrapa Mandioca e Fruticultura BebedouroSP



Dra. MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY (Participação Virtual)
Centro Apta Citros Sylvio Moreira-IAC / Cordeirópolis/SP



Prof. Dr. GUSTAVO HENRIQUE DE ALMEIDA TEIXEIRA (Participação Virtual)
Departamento de Ciências da Produção Agrícola (Produção Vegetal) / FCAV / UNESP - Jaboticabal

Jaboticabal, 28 de janeiro de 2022

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

LARISSA NUNES DA SILVA – nascida em 26 de outubro de 1996, na cidade de Guaíra – SP, é Engenheira Agrônoma formada pelo Centro Universitário UNIFAFIBE, Bebedouro-SP, em janeiro de 2020. Durante a graduação foi bolsista de iniciação científica CNPq (2019) da Embrapa Mandioca e Fruticultura, Cruz das Almas-BA na área de citricultura. Em março de 2021 iniciou o curso de pós-graduação em Genética e Melhoramento de Plantas na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Câmpus Jaboticabal, sob orientação do Prof. Dr. Eduardo Sanches Stuchi e coorientação do Prof. Dr. Eduardo Augusto Girardi. Durante o mestrado foi bolsista de DTI-C pelo CNPq e de Treinamento Técnico – 3 pela FAPESP na área de citricultura.

"I am a woman... I am anything I want!" - Emmy Meli

Dedico à minha avó e estrela guia, Maria Madalena Gonçalves Nunes, que viverá eternamente em minha memória e meu coração! Aos meus pais, Genil Matias da Silva e Maria Aparecida Nunes, e ao meu irmão, Leonardo Nunes da Silva, por todo suporte e por sempre acreditarem em mim.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por todas as benções na minha vida.

Ao meu orientador, Dr. Eduardo Sanches Stuchi e coorientador Dr. Eduardo Augusto Girardi pelos ensinamentos, puxões de orelha, incentivos, conversas e amizade. Vocês são meus EXEMPLOS!

A todos que se disponibilizaram para compor a banca de qualificação e defesa deste trabalho: Dr. Alécio Souza Moreira, Dr. Laudecir Lemos Raiol Júnior, Dr. Gustavo Henrique de Almeida Teixeira e a Dra. Mariangela Cristofani Yaly. Agradeço pelas considerações que me ajudaram a melhorar esta pesquisa.

À Fundação Coopercitrus Credicitrus pela área experimental e suporte técnico. Para o ex-diretor Otávio Ricardo Sempionato e atual diretor Oscar Franco Filho, todos os funcionários e estagiários, em especial Ana Lúcia, Leandro, Valdirene, Élio e Gustavo (Guru), Marina, Gabriel e Fernando, pelos ensinamentos e amizade sincera.

À EMBRAPA Mandioca e Fruticultura por fornecer os materiais vegetais.

Ao FUNDECITRUS pelo suporte técnico nas avaliações de HLB.

À CitrusJuice por ter disponibilizado o laboratório de controle de qualidade e seus equipamentos e a todos os funcionários que me ajudaram, em especial Hélio, Lucas e Eduardo.

À Universidade Estadual Paulista – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP/FCAV, Jaboticabal-SP, pela oportunidade de fazer o mestrado. Aos professores da UNESP pelos ensinamentos e a todos os colegas que fiz durante esse período, em especial à Samantha, por sempre me apoiar e aconselhar, obrigada pela amizade.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPQ) e à Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pela bolsa de Desenvolvimento Tecnológico e Industrial -C e de Treinamento Técnico – 3, respectivamente.

À minha família, em especial minha avó Madalena (em memória), meu avô Valmir, meu pai Genil, minha mãe Maira e meu irmão Leonardo por todo amor e saudades.

Ao meu esposo Murillo por sempre estar ao meu lado, apoiando nos momentos de ansiedade e nervosismo e por todo amor.

Finalmente, a todas as pessoas que me auxiliaram durante o mestrado e à CITRICULTURA por me fazer apaixonada, MUITO OBRIGADA!

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Importância socioeconômica	3
2.2. Limeira-ácida 'Tahiti'	4
2.3. Variedades de porta-enxertos	5
2.4. Óleos Essenciais	9
3. MATERIAL E MÉTODOS	11
3.1. Material vegetal e delineamento experimental	11
3.2. Descrição da área experimental e tratos culturais	12
3.3. Tamanho de árvore	14
3.4. Produção de frutos e eficiência produtiva	15
3.5. Tolerância ao déficit hídrico	15
3.6. Incidência acumulada e severidade de Huanglongbing (HLB)	15
3.7. Compatibilidade de enxertia e sobrevivência das plantas	16
3.8. Qualidade dos frutos	17
3.9. Teor e composição de óleo essencial da casca de frutos	17
3.10. Análises estatísticas	19
4. RESULTADOS	19
4.1. Tamanho de árvore	19
4.2. Produção de frutos e eficiência produtiva	21
4.3. Tolerância ao déficit hídrico	24
4.4. Incidência acumulada e severidade de Huanglongbing (HLB), compatibilidade de enxertia e sobrevivência das plantas	25
4.5. Qualidade dos frutos	27
4.6. Teor e composição de óleo essencial da casca de frutos	30
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	34
7. REFERÊNCIAS	34
APÊNDICES	48
Apêndice A	48

Apêndice B 49

Apêndice C 50

Apêndice D 50

Apêndice E 51

DESEMPENHO INICIAL E TOLERÂNCIA À SECA DE LIMEIRA-ÁCIDA 'TAHITI' BRS PONTA FIRME ENXERTADA EM 26 PORTA-ENXERTOS

RESUMO – O cultivo de limeira-ácida 'Tahiti' em São Paulo se dá principalmente em condições de sequeiro, com apenas duas variedades copas, os clones 'IAC-5' ou 'Peruano' e o 'Quebra-galho', enxertadas predominantemente em limoeiro 'Cravo'. Sendo assim, o estudo de novas copas e porta-enxertos se torna de extrema importância para a diversificação nos pomares. Em um pomar de limeira-ácida 'Tahiti' cv. BRS EECB IAC Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos em Bebedouro-SP, foram avaliadas as seguintes características: tamanho de planta, produção, eficiência produtiva, tolerância à seca, incidência acumulada e severidade de Huanglongbing (HLB), compatibilidade de enxertia, qualidade dos frutos, teor e composição de óleo essencial dos frutos tendo em vista a seleção de novas opções de porta-enxertos para a cultura deste tipo de citros. Os porta-enxertos mais vigorosos como os limoeiros e as tangerineiras induziram maior produção acumulada, o que pode estar associado a maior tolerância a seca. Os porta-enxertos ananiciantes trifoliata 'Flying Dragon' e citrandarin 'Lindicove' foram muito intolerantes à seca e apresentaram alta porcentagem de mortalidade de plantas. Porém, juntamente com o 'Indio', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS San Francisco', 'TSKC × CTSW-033' e 'BRS Cunha Sobrinho' e 'Swingle 4475' não apresentaram plantas com sintomas de huanglongbing até cinco anos. Em geral, a qualidade dos frutos de 'Ponta Firme' não foi influenciada pelos porta-enxertos que atingiram o padrão de exportação e de mercado interno de frutos *in natura*. Apesar de diferentes composições, o teor de óleo essencial foi similar entre os porta-enxertos estudados. Nove cultivares de citrandarin foram selecionados como porta-enxertos potenciais para a limeira-ácida 'Ponta Firme' em cultivo de sequeiro.

Palavras-chave: *Citrus ×latifolia*, compatibilidade de enxertia, déficit hídrico, Huanglongbing, *Poncirus trifoliata*.

INITIAL PERFORMANCE AND DROUGHT TOLERANCE OF THE 'PERSIAN' LIME BRS PONTA FIRME GRAFTED ONTO 26 ROOTSTOCKS

Abstract - The growing of 'Persian' lime in São Paulo is mainly carried out under rainfed conditions, with only two scion varieties, the clones 'IAC-5' or 'Peruano' and 'Quebra-galho', grafted predominantly onto 'Rangpur' lime tree. Therefore, the study of new scion and rootstock combinations becomes highly important for diversification of orchards. In a 'Persian' lime cv. BRS EECB IAC Ponta Firme orchard grafted onto 26 rootstocks in Bebedouro-SP, the following characteristics were evaluated: tree size, fruit yield, yield efficiency, drought tolerance, incidence and severity of Huanglongbing (HLB), graft compatibility, fruit quality and characterization of essential oil components aiming at the selection of alternative rootstocks for the cultivation of this type of citrus. The most vigorous rootstocks such as lemon and tangerine induced higher cumulative yield, which may be associated with higher drought tolerance. The true dwarfing rootstocks 'Flying Dragon' trifoliate orange and 'BRS Lindicove' citrandarin were highly intolerant to drought and showed a high percentage of tree death. However, these two rootstocks in addition to 'Indio', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS San Francisco', 'TSKC × CTSW-033', 'BRS Cunha Sobrinho' and 'Swingle 4475' did not present huanglongbing-symptomatic trees during the five years. Overall, 'Persian' lime Ponta Firme fruits quality was not influenced by the rootstocks variety that reached the domestic and export fresh fruit markets. Different compositions but a similar yield of essential oil could be observed among the evaluated rootstocks. Nine new citrandarins varieties were selected as potential rootstocks of rainfed 'Persian' lime Ponta Firme.

Key-words: *Citrus ×latifolia*, graft compatibility, Huanglongbing, *Poncirus trifoliata*, water deficit, yield.

1. INTRODUÇÃO

A limeira-ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka], conhecida popularmente como limão 'Tahiti', é considerada um possível híbrido entre um óvulo haploide de *C. ×limon* (L.) Osbeck e um gameta diploide de *C. ×aurantiifolia* (Christm.) Swingle (Rouiss et al., 2017; Ahmed et al., 2020). Agrupada aos limões, seu cultivo ocorre principalmente na Ásia e nas Américas, sendo o Brasil o oitavo maior produtor, com uma área aproximada de 58,4 mil hectares e produtividade de 1,6 milhão t·ha⁻¹ em 2020 (FAO, 2022a). O estado de São Paulo é o principal produtor e exportador da fruta, com cerca de 78% da produção, principalmente nas regiões de Catanduva, Itajobi, Taquaritinga e Urupês (Fundecitrus, 2021).

Com duas safras anuais bem definidas, é comum os produtores adotarem estratégias para escoamento dos frutos de limeira-ácida 'Tahiti'. Dessa forma, na safra principal, entre dezembro e maio, os frutos são exportados, principalmente para a União Europeia, devido aos preços menos atraentes no mercado interno. E na entressafra, entre julho e novembro, os frutos são direcionados para comercialização *in natura* no país, onde os preços são melhores em virtude da menor produção e alta demanda (Figueiredo et al., 2002; Secex, 2021). As exportações em 2021 alcançaram 126,4 mil toneladas com uma receita de US\$ 108,1 milhões, tornando-se a terceira fruta mais exportada pelo Brasil (Secex, 2021). Além dos frutos, o Brasil também exporta o óleo essencial da lima-ácida 'Tahiti', que com os outros óleos de citros acumulam um total de 56 mil toneladas no ano 2019, o que movimentou US\$ 301 milhões, o equivalente a 5,38 US\$.kg⁻¹ (FAO, 2022). Esse óleo é comumente usado na indústria farmacêutica, de perfumaria, de alimentos e de bebidas (Di Giacomo, 2002).

O cultivo de limeira-ácida 'Tahiti' se dá principalmente em condições de sequeiro, com apenas duas variedades copas, os clones 'IAC-5' ou 'Peruano' e o 'Quebra-galho' (Stuchi et al., 2003), porém outros clones vêm surgindo como o 'BRS EECB IAC Ponta Firme' (Stuchi et al., 2002), que apresentou precocidade de produção e rendimento de frutos superior ao IAC-5 em Bebedouro (Cwa) de 2007 a 2011 (Bremer Neto et al., 2013). Essas copas são enxertadas predominantemente

em limoeiro 'Cravo' (*C. ×limonia* Osbeck), que induz boa produtividade e qualidade de frutos, aliadas à tolerância à seca e à tristeza dos citros. Porém, como desvantagem, o limoeiro 'Cravo' é suscetível à exocorte e à gomose (*Phytophthora citrophthora* e *P. nicotianae* var. *parasítica*) que podem provocar a morte das plantas (Salibe, 2009; Carvalho et al., 2016). Dependendo do cultivo e do acesso aos materiais, outros porta-enxertos são utilizados na citricultura brasileira, como o citrumelo 'Swingle' (*C. ×paradisi* Macf. × *P. trifoliata*) e o trifoliata 'Flying Dragon' [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (L.) Raf.], especificamente para limeira-ácida 'Tahiti' (Girardi et al., 2021).

A diversificação de porta-enxertos é uma das principais estratégias para reduzir o risco do surgimento de novas doenças ou o avanço de doenças já relatadas, além de eficiência produtiva nos pomares de limeira-ácida 'Tahiti'. Geralmente, eles são definidos por meio da influência na produção de frutos, nas características dos frutos, no desenvolvimento radicular e vegetativo e na tolerância às condições ambientais, pragas e doenças, e compatibilidade com a variedade copa (Bowman e Joubert, 2020). Desta forma, visto o crescente aumento das exportações de frutos, de óleo essencial e da disseminação de huanglongbing (HLB) em pomares de citros do cinturão citrícola, com cerca de 41,3 milhões de árvores sintomáticas (Fundecitrus, 2020), verifica-se a necessidade de estudo de novos porta-enxertos que, além de adequados para a limeira-ácida 'Tahiti', no que tange a qualidade dos frutos, afinidade e nanismo, também confirmam algum grau de tolerância a esta doença.

Alguns estudos agrupam as limeiras-ácidas entre os citrinos menos afetados por HLB (Gmitter et al., 2010; Folimonova et al., 2009; Evans et al., 2014; Boava et al., 2015), sugerindo que essa tolerância é decorrente de um mecanismo específico de regeneração do floema que permite o fluxo de seiva (Deng et al., 2019). Outros autores também atribuem a redução de infecção por HLB aos porta-enxertos, como trifoliatário 'Flying Dragon' (*Poncirus trifoliata* L. Raf. var. *monstrosa*) e citrandarins (*C. sunki* × *P. trifoliata*), como o 'TS×PT 14' (Ramadugu et al., 2016; Bettini et al., 2019).

Neste trabalho, avaliaram-se plantas de limeira-ácida 'Tahiti' cv. BRS EECB IAC Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos quanto à tamanho de planta,

produção, eficiência produtiva, tolerância a seca, incidência acumulada e severidade de HLB, compatibilidade de enxertia, qualidade dos frutos, teor e composição de óleo essencial dos frutos tendo em vista a seleção de novas opções de porta enxertos para a cultura deste tipo de citros em cultivo de sequeiro.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância socioeconômica

O grupo dos limões e limas-ácidas compreendem uma produção global de 20,05 milhões de toneladas, cultivados principalmente na Ásia e nas Américas. Os principais produtores são Índia, México, China, Argentina, Brasil, Turquia, Espanha, Estados Unidos, África do Sul e Irã. A produção no Brasil foi obtida em uma área equivalente a 58,4 hectares no ano de 2020 (USDA, 2020; FAO, 2022a; FAO, 2022b). Apesar das estatísticas disponíveis agruparem limões e limas, é conhecido que a produção de lima-ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] no Brasil representa 90% do total, sendo 10% de limões [*C. ×limon* (L.) Burm. f.] (Fundecitrus, 2020).

A área destinada a limas-ácidas/limões no Brasil cresceu significativamente, cerca de 85% de 1961 a 2019, devido à produção contínua de frutos durante o ano e ao incremento de exportações. Conforme a Secretaria de Comércio Exterior (SECEX), foram exportados no primeiro semestre de 2021 cerca de 79,8 mil toneladas, sendo esse, um volume recorde e 10% maior do que o mesmo período em 2020. Adicionalmente, a lima-ácida 'Tahiti' é a terceira fruta mais exportada pelo país, ficando atrás apenas da manga e da maçã (Secex, 2021). O principal destino de lima-ácida 'Tahiti' é a União Europeia, sendo os principais exportadores os Estados de São Paulo, Bahia e Minas Gerais (Secex, 2021). As exportações e industrialização de suco concentrado ocorrem de maneira mais acentuada na safra principal, entre dezembro e maio. Em 2019, as exportações brasileiras foram

recordes, devido à seca enfrentada pelo México, principal concorrente do país nos envios da fruta à União Europeia (Cepea, 2021; Ceagesp, 2021).

O cultivo de lima-ácida 'Tahiti' no Brasil ocorre principalmente no Estado de São Paulo, ocupando 39.078 hectares no ano 2021. A região de Bebedouro detém a maior área, com cerca de 15 mil hectares, seguida da região de Matão (10.179 ha), Votuporanga (3.762 ha), Limeira (3.629 ha), São José do Rio Preto (996 ha), Porto Ferreira (639 ha) e Duartina (446 ha). Os principais municípios produtores são Catanduva, Itajobi, Taquaritinga e Urupês (Fundecitrus, 2021), sendo comumente explorada nessas regiões em pequenas propriedades rurais, geralmente do tipo familiar, com alta demanda de mão de obra para execução das atividades (Stuchi e Silva, 2005).

2.2. Limeira-ácida 'Tahiti'

A limeira-ácida 'Tahiti' [*Citrus ×latifolia* (Yu. Tanaka) Tanaka] é considerada um possível híbrido triploide entre *C. ×limon* (L.) Osbeck e *C. ×aurantiifolia* (Christm.) Swingle (Rouiss et al., 2017; Ahmed et al., 2020). Sua origem geográfica é desconhecida, porém, análises genéticas sugerem que tenha surgido na Ásia, entre a Índia e a China e que sua introdução no Brasil se deu por comerciantes portugueses (Hodgson, 1967; Moore, 2001).

As plantas de limeira-ácida 'Tahiti' são relativamente vigorosas, as folhas são lanceoladas e de coloração verde-escuras quando maduras, florescem várias vezes no ano, dependendo das condições climáticas. Os frutos são ovais, com tamanho variando entre 40 a 60 mm de diâmetro, casca lisa e fina de coloração verde-escura a amarelo-claro quando maduros. Além disso, são consideravelmente maiores que a lima-ácida Galego (Barry, 2020; Girardi et al., 2021).

No Brasil, a variedade copa é baseada em apenas dois clones, o 'IAC-5' ou 'Peruano' e o 'Quebra-galho' (Stuchi et al., 2003). O primeiro é altamente produtivo, vigoroso, uniforme e tolerante ao vírus da tristeza dos citros (*Citrus tristeza vírus* – CTV). O segundo é naturalmente infectado pelo *Citrus exocortis viróide* (CEVd) e outros viróides (Eiras et al., 2010). Em campo, as plantas não são uniformes e

apresentam curto período de vida útil, porém, em virtude do tamanho pequeno, as plantas deste clone são preferidas pelos produtores, pois permitem plantios de alta densidade e facilidade de colheita (Silva, 2007).

Visando aumentar a diversidade de seleções de copa, a Embrapa Mandioca e Fruticultura obteve os clones nucelares 'CNPMF 01/EECB', 'CNPMF 2000' e 'CNPMF' 2001, sendo esses semelhantes ao IAC 5-1 em relação ao crescimento vegetativo. O primeiro clone mostrou ser mais precoce e produtivo nas condições do Estado de São Paulo, principalmente na entressafra e independente do uso de irrigação, e recebeu o nome de 'Tahiti' cv. BRS EECB IAC Ponta Firme. A copa foi caracterizada como arredondada e média, e os frutos com rendimento de suco superior a 40% (Stuchi et al., 2002; Bremer Neto et al., 2013). Além disso, o clone original de CNPMF-01 quando enxertado em limoeiro 'Cravo Santa Cruz' e citrandarin 'Riverside' apresentou ótima adaptação às condições de semiárido (Bastos et al., 2017).

2.3. Variedades de porta-enxertos

Para a limeira-ácida 'Tahiti', são utilizados porta-enxertos com características relacionadas à adaptação a fatores ambientais, vigor vegetativo e tolerância/resistência às pragas e doenças (Stuchi et al., 2009). Um dos principais fatores que levaram ao uso dos porta-enxertos é a antecipação da entrada em produção, de forma que as variedades copas possam iniciar a produção de frutos com boa qualidade a partir do segundo ano do pomar, pois se supera o longo período juvenil e, dessa forma, ocorre retorno econômico mais rapidamente (Bowman e Joubert, 2020).

Atualmente, grande parte das combinações copa e porta-enxerto é selecionada com base nas características dos frutos, como tamanho, qualidade e maturação (Pompeu Júnior et al., 2013), visando o consumo e a lucratividade, porém Bowman e Joubert (2020) opinam que, além dessas características, a escolha de porta-enxertos com um bom desenvolvimento radicular é essencial, visto que isso se relaciona à tolerância a salinidade, alto pH, inundação, calor, frio, vento, resistência

a *Phytophthora* spp., nematoides e *Candidatus Liberibacter asiaticus*, proporcionando maior longevidade das plantas no campo.

O porta-enxerto mais utilizado para limeira-ácida 'Tahiti' no Brasil é o limoeiro 'Cravo' (*C. ×limonia* Osbeck), devido ao seu ótimo desempenho agrônômico, tolerância à seca e ao vírus da tristeza dos citros. Apesar de ser considerado adequado para limeira-ácida 'Tahiti', *C. ×limonia* apresenta suscetibilidade à podridão radicular de *Phytophthora citrophthora* e *P. parasítica*, que podem causar a morte das plantas (Carvalho et al., 2016). O trifoliateiro 'Flying Dragon' [*Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* (L.) Raf.] e o citrumeleiro 'Swingle' (*C. ×paradisi* Macf. × *P. trifoliata*) são outros porta-enxertos utilizados para limeira-ácida 'Tahiti' (Girardi et al., 2021).

Nos últimos vinte anos, foram apresentados resultados da interação entre limeira-ácida 'Tahiti' e vários porta-enxertos no que se refere ao desenvolvimento vegetativo, produção e qualidade dos frutos, o que contribui para o adequado planejamento dos pomares (Figueiredo et al., 2001; 2002; Stenzel e Neves, 2004; Piña-Dumoulín et al., 2006; Stuchi et al., 2009; Espinoza-Nuñez et al., 2011; Cantuarias-Avilés et al., 2012; Machado et al., 2017; Gaona-Ponce et al., 2018; Khankahdani et al. 2019; Bettini, 2019).

O limoeiro 'Volkameriano' [*C. ×volkmeriana* (Risso) V. Ten. & Pasq.] induz bastante vigor nas plantas de limeira-ácida 'Tahiti'. Em clima tropical, este porta-enxerto induziu plantas de treze anos a 5 m de altura e 100 m³ de volume de copa (Mademba-Sy et al., 2012), ao passo que em Veracruz no México, as plantas enxertadas em limoeiro 'Rugoso' (*C. ×jambhiri* Lush.) e citrumelo 'Swingle' exibiram maior volume de copa e eficiência produtiva do que o limoeiro 'Volkameriano' aos onze anos (Curti-Díaz et al., 2012). Em condições de sequeiro do Norte do Estado de São Paulo, o limoeiro 'Volkameriano' foi indicado para limeira-ácida 'Tahiti', como o limoeiro 'Cravo', as citradias '1646' e '1708' (*C. ×aurantium* × *P. trifoliata*), o citrangeiro 'Morton' [*C. ×sinensis* (L.) Osbeck × *P. trifoliata*] e o tangeleiro 'Orlando' (*C. reticulata* Blanco × *C. ×paradisi* Macf.), enquanto, para pomares irrigados foram sugeridos, a citradia '1708', o citrangeiro 'Morton', o citrumeleiro 'Swingle' e o trifoliateiro 'Davis A' (*P. trifoliata*) (Espinoza-Nuñez et al., 2011). Na Flórida, o limoeiro 'Volkameriano' e os limoeiros 'Rugoso' e 'Cravo', o 'Alemow' (*C. macrophylla*

Wester) e os híbridos 'US-801', 'US-812' (*C. sunki* × *P. trifoliata* cv. 'Benecke') e 'US-897' (*C. reshni* × *P. trifoliata* var. *monstrosa*) foram considerados adequados para limeira-ácida 'Tahiti' em solos ácidos (Campbell, 1991; Castle et al., 2004).

O trifoliateiro 'Flying Dragon' foi indicado como uma alternativa viável ao limoeiro 'Cravo' para plantios adensados, devido à boa afinidade de enxertia e maior produção por área (Stuchi et al., 2003; Stuchi e Silva, 2005), porém Stuchi et al. (2012) mencionaram que, para esse porta-enxerto manifestar o máximo potencial produtivo, deve-se adotar a irrigação. Saeed et al. (2010), estudando o xilema do caule de sete porta-enxertos, incluindo a laranjeira-azeda e o trifoliateiro 'Flying Dragon', relacionaram o vigor característico de alguns porta-enxertos aos vasos do xilema e floema, onde porta-enxertos mais vigorosos como o limão rugoso apresentam menores proporções de casca nos caules e raízes e elementos de vasos maiores no xilema do que os porta-enxertos menos vigorosos como o 'Flying Dragon'. Além disso, Martínez-Alcántara et al. (2013) concluíram que o nanismo proporcionado pelo trifoliateiro 'Flying Dragon' está associado à sua baixa condutividade hidráulica, o que resulta em menor potencial hídrico e condutância estomática. Cantuarias-Avilés et al. (2012) verificaram no Norte do Estado de São Paulo, em cultivo de sequeiro, que o 'Flying Dragon' induziu precocidade e maior rendimento acumulado na segunda safra para as plantas de limeira-ácida 'Tahiti' em relação aos outros porta-enxertos, principalmente a 'Sun Chu Sha Kat' (*C. reticulata* Blanco), 'HRS 827' e (*C. ×limonia* × *P. trifoliata* cv. 'Swingle'), 'Carrizo' [*C. ×sinensis* (L.) Osbeck × *P. trifoliata* (L.) Raf.] e 'Orlando'. Os autores também observaram essas características em tangerineira 'Sunki', trifoliateiro 'Rubidoux' (*P. trifoliata* cv. 'Rubidoux') e citrumeleiro 'Swingle'. Em comparação ao limoeiro 'Cravo', Portella et al. (2016) relataram que o trifoliateiro 'Flying Dragon' reduziu em 3,6 vezes o volume das copas de limeira-ácida 'Tahiti'.

Para a qualidade dos frutos, Jiménez et al. (2009), estudando sete porta-enxertos para a limeira-ácida 'SRA-58' em Cuba, observaram maior rendimento de suco e sólidos solúveis totais (SS) para *Poncirus trifoliata*, seus híbridos e laranjeira azeda. Stuchi et al. (2009) também observaram maiores concentrações de sólidos solúveis em frutos obtidos de plantas de limeira-ácida 'Tahiti' enxertadas em trifoliateiro 'Flying Dragon' no Norte do Estado de São Paulo. Machado et al. (2017)

no Norte de Minas Gerais, observou que o trifoliato 'Limeira' (*P. trifoliata*) induziu valor de SS superior a 9,9 °Brix e foi semelhante aos porta-enxertos citrange 'Carrizo', citradia '1708' (*C. ×aurantium* × *P. trifoliata*) e 'Swingle' para a copa de limeira-ácida 'Tahiti IAC-5'.

Cantuarias-Avilés et al. (2012) observaram diferenças na coloração das cascas dos frutos de limeira-ácida 'Tahiti' conforme o porta-enxerto utilizado, de forma que o citrangeiro 'Carrizo' e o híbrido 'US 827' (*C. ×limonia* Osbeck × *P. trifoliata* cv. 'Swingle') induziram coloração mais clara do que os limoeiros 'Cravo Limeira' e 'Cravo', enquanto as plantas em tangerineiras 'Sunki' e 'Sun Chu Sha Kat', citrumeleiro 'Swingle' e o híbrido 'US 801' (*C. reticulata* Blanco × *P. trifoliata* cv. 'English Small') produziram frutos com cascas mais escuras.

Plantas de limeira-ácida 'Tahiti IAC -5' apresentaram baixo vigor quando enxertadas em tangerineira 'Cleópatra' aos quatro e cinco anos após o plantio na Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro (Donadio et al., 1995). Figueiredo et al. (2002) também observaram menores produções e má afinidade com a mesma combinação aos dez anos no mesmo local. As tangerineiras 'Cleópatra', 'Batangas' (*C. reticulata* Blanco) e 'Sunki' foram consideradas inadequadas para enxertia com limeira-ácida 'Tahiti' em Bebedouro, Aguaí (SP) e Maringá (PR), devido ao menor rendimento e longevidade nos pomares (Figueiredo et al., 2001; Stenzel e Neves, 2004). Através de avaliações visuais após cinco anos de plantio no Amazonas, Moraes et al. (2011) notaram que as plantas de limeira-ácida 'Tahiti' enxertadas em tangerineira 'Cleópatra' apresentaram uma linha necrótica no local da enxertia, elementos de vaso com aspecto degradado e lúmen tomado por substâncias de coloração escura e aspecto fenólico, indicando incompatibilidade entre elas. De acordo com Apezato-da-Glória e Carmello-Guerreiro (2006), essa anomalia está associada à restrição da translocação de água e nutrientes do porta-enxerto para a copa, alterando inclusive a expressão do potencial genético em relação à produção e qualidade dos frutos (Taiz e Zeiger, 2004). Em contrapartida, novos citrandarins (*C. sunki* × *P. trifoliata*) avaliados por Bettini et al. (2019) apresentaram compatibilidade de enxertia e bom desempenho com a limeira-ácida 'Tahiti' após cinco anos de implantação. Desses, os citrandarins

'TS×PT-14', 'TS×PT-47', 'TS×PT-135' e 'TS×PT-152' apresentaram potencial ananicante, além do trifoliateiro 'Flying Dragon'.

2.4. Óleos Essenciais

O principal coproduto de lima-ácida 'Tahiti' no processamento de suco é o óleo essencial, que se emprega na produção de cosméticos, aromas, bebidas e alimentos. No fruto, o óleo é encontrado na casca e vesículas de suco. O Brasil está entre os principais exportadores de óleos essenciais de citros, incluindo os das limeiras-ácidas, que juntos acumulam um total de 56 mil toneladas, o que movimenta US\$ 301 milhões, o equivalente a 5,38 US\$.kg⁻¹ (FAO, 2022).

Comercialmente, são utilizados dois métodos de extração de óleo essencial de frutos de citros, prensagem a frio e destilação, o primeiro método o mais importante para a indústria de fármacos norte-americana (Sinclair, 1984). De acordo com Bonaccorsi et al. (2012), os métodos empregados para extração de óleo essencial variam em função das características e propriedades dos frutos. Dessa forma, o óleo essencial tipo A é extraído por prensagem de frutos inteiros, produzindo uma emulsão de óleo e suco. Em seguida, esta emulsão pode ser submetida à centrifugação para separação do óleo a frio, ou destilada a vapor para obtenção do óleo destilado, sem muita importância comercial. No tipo B, as frutas são processadas em máquinas de raspagem da casca que impedem a mistura de óleo e suco.

Os óleos essenciais de citros são quimicamente compostos por terpenos, aldeídos, álcoois, ácidos, hidrocarbonetos e, algumas vezes, por ésteres do ácido graxo comum (Sinclair, 1984), como os ácidos palmítico, esteárico, oleico e linoleico (Reda et al., 2005). Geralmente, os terpenos e os compostos não-voláteis, como as cumarinas e outros compostos bioativos, são insolúveis em meio aquoso e alcoólico, e mais sensíveis à luz e ao calor, oxidando facilmente quando expostos a essas condições, reduzindo a qualidade e a vida útil dos óleos (Arce e Soto, 2008). Cerca de 85% dos óleos essenciais da casca de lima-ácida 'Tahiti' são compostos por hidrocarbonetos monoterpênicos (voláteis): 52,20% de d-limoneno, 17% de γ-

terpineno, 3,2% de α -pineno e 13% de β -pinene (Sawamura, 2010). Apesar de a maior fração ser constituída por d-limoneno (Palma et al., 2019; Farias et al., 2020), são os terpenos oxigenados como o linalol, nerol, neral e o acetato de linalina, que contribuem para a intensidade do aroma, mesmo que disponíveis em menores quantidades (Grings, 2004).

O controle de qualidade dos óleos essenciais pode ser feito a partir de técnicas cromatográficas que identificam os componentes. Para isso, são utilizadas, principalmente, a cromatografia em camada delgada, a cromatografia gasosa e a cromatografia gasosa acoplada à espectrometria de massas, que combina a elevada seletividade e a eficiência de separação dos compostos de uma mistura gasosa e as informações da relação entre a massa e carga de íons e quantificação desses compostos, respectivamente (Vékey, 2001). A qualidade de um óleo essencial pode ser calculada pela quantidade de compostos oxigenados presentes nesse óleo, como os aldeídos (Salem, 2003). Além disso, Lu et al. (2019) mostraram haver maiores concentrações de compostos oxigenados quando se utilizou a hidrodestilação e maior concentração de compostos terpênicos quando os frutos foram prensados a frio. Pode-se dizer que a composição do óleo essencial é diretamente influenciada pelo método de extração utilizado, além das diferenças geográficas, condições ambientais, práticas culturais, variedade e maturação dos frutos (Sinclair, 1984; Lupe, 2007; Dugo e Modello, 2011).

Amorim et al. (2016), avaliando os compostos químicos presentes nos óleos essenciais da casca de quatro espécies de citros no Rio de Janeiro-RJ, encontraram em maior concentração no óleo de lima-ácida 'Tahiti': d-limoneno (35,4%), β -pinene (5,1%) e γ -terpinene (12,1%). Kummer et al. (2013), em Maringá-PR, observaram elevada concentração de d-limoneno (62%), 14,2% de γ -terpinene e 12,2% de α -pinene para *C. ×latifolia*. Já Ruiz-Pérez et al. (2016), analisando amostras de Montemorelos no México, verificaram que o óleo essencial da casca de lima-ácida 'Tahiti' apresentava 51,64% de d-limoneno, 14,85% de β -thujene, 12,80% de γ -terpinene e 12,79% de β -pinene. Utilizando frutos de *C. ×latifolia* provenientes da província de Ben Ter no Vietnã, Tan et al. (2012) observaram maiores porcentagens de d-limoneno (56,61%), γ -terpinene (13,20%), β -pinene (11,51%) e E-citral (2,09%).

Os porta-enxertos também influenciam na qualidade e composição dos óleos essenciais (Badazadeh-Darjazi, 2011), devido às diferenças na absorção de água e minerais, regulação de hormônios endógenos (citocininas) ou à compatibilidade entre combinações de copa/porta-enxerto (Stoeva e Lliev, 1997; Martínez-Ballesta et al., 2010). No México, em locais de solos de texturas franco-arenosa e arenosa, Medina-Urrutia et al. (2014) encontraram teores superiores de óleo essencial em limeira-ácida 'Tahiti' quando os porta-enxertos eram os limoeiros 'Rugoso' e 'Cravo', os citrangeiros 'Carrizo' e 'Troyer' e as laranjeiras 'Azeda' e 'Taiwanica' (*C. ×taiwanica* Tanaka & Y. Shimada). Raddatz-Mota et al. (2019) relataram que o porta-enxerto pode influenciar no perfil químico dos componentes aromáticos, visto que β -mirceno foi observado apenas nos frutos de limeira-ácida 'Tahiti' enxertada em laranjeira 'Azeda' e trifoliateiro 'Flying Dragon', β -Tujeno em limoeiro 'Volkameriano', dodecano em citrangeiro 'C-35', enquanto o linalol foi observado em todos os porta-enxertos, exceto na laranjeira 'Azeda'. Reuss et al. (2020) identificaram a presença de cis-carveol, β -caryophyllene, prenol e octanal apenas em plantas de limão enxertadas em 'Gou Tou' (*C. ×aurantium* L.) e 'Sun Chu Sha' (*C. reticulata* Blanco) e maior quantidade de β -pinene, nerol e sacarose, e menor quantidade de p-cimeno, quando o porta-enxerto era a 'Sun Chu Sha'.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Material vegetal e delineamento experimental

Plantas de limeira-ácida 'Tahiti' cv. BRS EECB IAC Ponta Firme (*C. ×latifolia* var. *latifolia*) (Ponta Firme) foram enxertadas em 26 porta-enxertos previamente selecionados e classificados quanto ao efeito no vigor em outros trabalhos (Parolin et al., 2017; Costa et al., 2021) (Tabela 1). Todas as sementes foram disponibilizadas pela Embrapa Mandioca e Fruticultura, exceto o limoeiro 'Cravo Limeira' e o trifoliateiro 'Flying Dragon', obtidos de viveiro comercial. O delineamento

experimental foi o inteiramente casualizado com 26 tratamentos (porta-enxertos) e 30 repetições. Cada unidade experimental foi composta por uma planta.

Tabela 1. Nome comum e espécie/parentais de 26 porta-enxertos enxertados em limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme, avaliados em Bebedouro, SP, Brasil.

Nome comum	Espécie/Parental
limoeiro Cravo CNPMF-03	<i>Citrus. ×limonia</i> Osbeck
limoeiro Cravo BRS Santa Cruz	<i>C. ×limonia</i>
limoeiro Cravo Limeira	<i>C. ×limonia</i>
limoeiro Rugoso da Flórida	<i>C. ×jambhiri</i> Lush.
limoeiro Rugoso FM	<i>C. ×jambhiri</i> .
limoeiro Volkameriano Lagoa Grande	<i>C. ×volkameriana</i> (Risso) V. Ten. & Pasq.
tangerineira Cleópatra	<i>C. reshni</i> hort. ex Tanaka
tangerineira Sunki BRS Tropical	<i>C. sunki</i> hort. ex Tanaka
tangerineira Sunki comum	<i>C. sunki</i> (Hayata) hort. ex Tanaka
citrumelo Swingle 4475	<i>C. ×paradisi</i> Macfad. × <i>Poncirus trifoliata</i> (L.) Raf.
laranjeira azeda Goutoucheng	<i>Citrus ×aurantium</i> L.
citrandarin Índio	<i>C. sunki</i> × <i>P. trifoliata</i> cv. 'English'-256
citrimonia BRS H Montenegro	<i>C. ×limonia</i> × <i>P. trifoliata</i> - 001
citrimoniambhiri BRS N Gimenes Fernandes	<i>C. ×jambhiri</i> × (<i>C. ×limonia</i> × <i>P. trifoliata</i>) - 005
limoeiro BRS Ary	<i>C. ×volkameriana</i> × <i>C. ×limonia</i> - 038
citrandarin BRS Lindcove	<i>C. reshni</i> × <i>P. trifoliata</i> cv. 'Barnes' - 245
citrandarin BRS Ríos Castaño	<i>C. reshni</i> × <i>P. trifoliata</i> cv. 'Rubidoux'
citrandarin BRS San Francisco	<i>C. reshni</i> × <i>P. trifoliata</i> cv. 'Swingle' - 287
citrandarin BRS Matta	<i>C. sunki</i> × <i>Poncirus trifoliata</i> var. <i>monstrosa</i> - 006
citrimoniandarin BRS Bravo	<i>C. sunki</i> × (<i>C. ×limonia</i> × <i>P. trifoliata</i>) - 059
citrimoniandarin TSKC × (LCR x TR)-073	<i>C. sunki</i> × (<i>C. ×limonia</i> × <i>P. trifoliata</i>) - 073
citrumelandarin TSKC × CTSW-025	<i>C. sunki</i> × (<i>C. ×paradisi</i> Macfad. × <i>P. trifoliata</i> (L.) Raf.) - 025
citrumelandarin TSKC × CTSW-033	<i>C. sunki</i> × (<i>C. ×paradisi</i> × <i>P. trifoliata</i>) - 033
citrumelandarin BRS Cunha Sobrinho	<i>C. sunki</i> × (<i>C. ×paradisi</i> × <i>P. trifoliata</i>) - 041
BRS Santana	Híbrido de <i>P. trifoliata</i> - 069
trifoliata Flying Dragon	<i>P. trifoliata</i> var. <i>monstrosa</i>

3.2. Descrição da área experimental e tratamentos culturais

O experimento foi implantado em fevereiro de 2016 no município de Bebedouro, São Paulo, Brasil (20° 53' 16" S, 48° 28' 11" W, 601 m de altitude). O

clima da região é classificado por Köppen-Geiger como subtropical (Cwa), com inverno moderado e seco, e verão quente e chuvoso (Rolim et al., 2007). Do plantio até a última avaliação, em agosto de 2021, a precipitação média anual foi de 1.070 mm e as temperaturas máxima, média e mínima foram de 30,2 °C, 22,9 °C e 16,8 °C, respectivamente (Figura 1). O déficit hídrico (mm) e a evapotranspiração real (mm) foram determinadas durante o período avaliado, conforme o proposto por Thornthwaite e Mather (1955), considerando uma capacidade de água disponível de 100 mm.

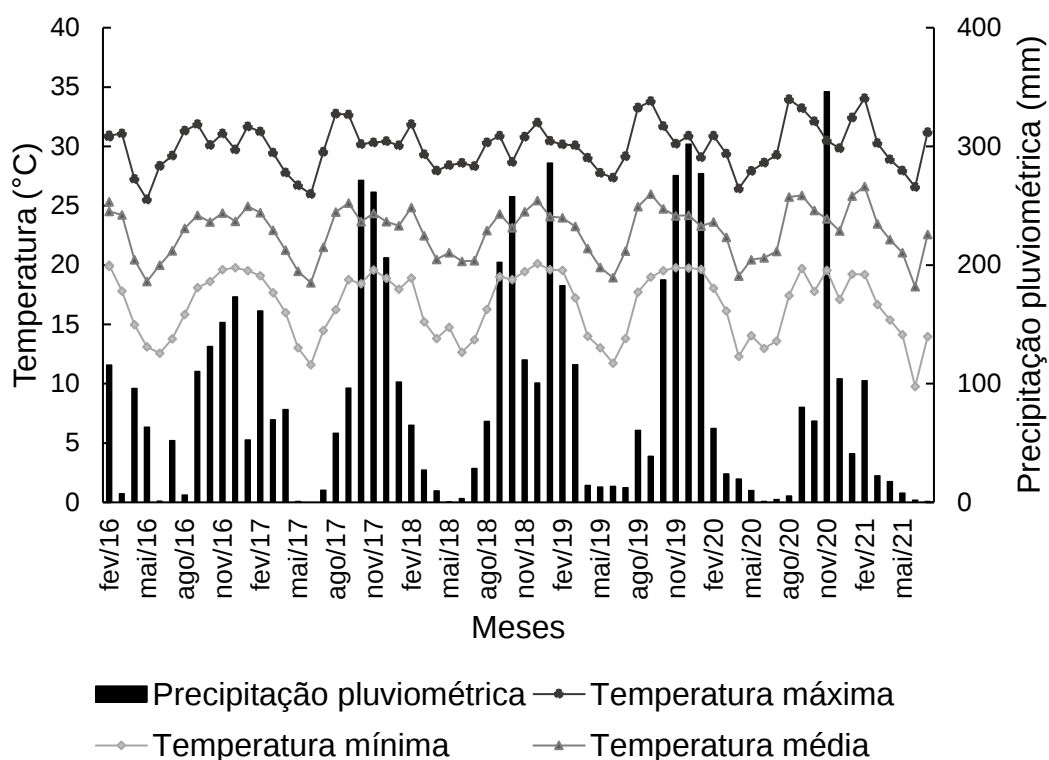


Figura 1. Médias mensais de temperatura do ar (máxima, mínima e média) e de precipitação pluviométrica na área experimental obtidas entre fevereiro de 2016 e setembro de 2021 em Bebedouro, SP, Brasil. Estação meteorológica automatizada Campbell CR-10.

O espaçamento adotado foi de 5,0 x 2,0 m (1000 plantas por hectare), em regime de sequeiro, num solo classificado como Latossolo Vermelho Distrófico típico, textura média A moderado hipoférrico (Embrapa, 2006).

A seguir estão apresentados os resultados das análises químicas do solo na camada de 0-20, antes da implantação do pomar (2014): [pH (CaCl₂) = 5; CTC = 50,4; Ca = 20; Mg = 8; K = 1,40; H + Al = 21 mmol_c dm⁻³, V% = 58; P = 14 mg dm⁻³; M.O. = 19 g dm⁻³] e no último ano de avaliação (2021): [pH (CaCl₂) = 5,60; CTC =

114,9; Ca = 60; Mg = 20; K = 3,90; H + Al = 31 mmol_c dm⁻³; V% = 73; P = 54 mg dm⁻³; M.O. = 29 g dm⁻³]. A adubação média anual foi de 160,5 kg·ha⁻¹ de N, 48 kg·ha⁻¹ de P₂O₅ e 160,5 kg·ha⁻¹ K₂O de 2016 a 2021, e um total de 2,5 t·ha⁻¹ de calcário no mesmo período. Seguiu-se a recomendação para o cultivo de laranja no estado de São Paulo do Boletim 200 do Instituto Agrônômico (IAC) para os tratos culturais (Mattos Junior et al., 2014).

O controle de psilídeo, especialmente *Diaphorina citri* que é o vetor da bactéria *Candidatus Liberibacter* spp. causadora de HLB, e outras pragas foi baseado na aplicação dos seguintes inseticidas foliares: tiametoxame, dimetoato, imidaclopride, acetamiprid, tiametoxame + lambda-cialotrina e lambda-cialotrina + clorantiraniliprol, etofenprox, cipermetrina, cipermetrina, carbamazepina, deltametrina, azadiractina, cloridrato de formetanato e bifentrina, com intervalo de 15 dias entre uma aplicação e outra desde o plantio. Foram realizadas podas laterais em 2019 e 2021 após o inverno, seguindo uma inclinação de 20° em relação ao eixo vertical das plantas para conter o fechamento das entrelinhas (Azevedo et al., 2013). Utilizou-se uma podadora da marca Kamaq, modelo Kortflex 400 na altura de 3,5 m.

3.3. Tamanho de árvore

Anualmente, durante o período avaliado (fevereiro de 2016 a agosto de 2021), foram determinadas as dimensões das plantas após a colheita dos frutos: altura (m) e diâmetro médio (m), calculando a média das medidas equatorial e longitudinal das plantas, com o auxílio de uma régua graduada. Foi estimado o volume de copa (m³) pela fórmula $V = (2/3) \times \pi \times (r/2)^2 \times h$ (Cantuarias-Avilés et al., 2012), sendo r e h, o raio médio da copa (m) e a altura das plantas (m), respectivamente. Neste trabalho, são apresentados apenas as dimensões de 2021, aos cinco anos. Os porta-enxertos foram classificados segundo o volume de copa comparativamente ao limoeiro 'Cravo Limeira' em extra-padrão (>110%), padrão (80 a 110%), semipadrão (60 a 80%), semiananicante (40 a 60%) e ananicante (<40%), conforme o critério adaptado de Castle e Phillips (1977).

3.4. Produção de frutos e eficiência produtiva

A produção dos frutos de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme foi avaliada durante quatro safras (2018 a 2021). A colheita de frutos foi realizada à medida que os mesmos atingiam o diâmetro equatorial mínimo de 50 mm e consistiu na pesagem dos frutos colhidos de cada planta individualmente em balança digital (Líder, PR30, São Paulo, Brasil). A produção média correspondeu à soma das colheitas realizadas em cada ano, apenas na safra principal. A produção da segunda safra não foi significativa até o momento, devido aos extremos períodos de seca e por isso não foram adicionadas. A eficiência produtiva média foi estimada pela razão entre a produção dos frutos por planta pelo volume de copa, em $\text{kg}\cdot\text{m}^{-3}$, durante o período de avaliação.

3.5. Tolerância ao déficit hídrico

Anualmente, durante os meses de maior deficiência hídrica acumulada (agosto e setembro), foi avaliada a tolerância dos porta-enxertos à seca. Foram atribuídas notas visuais descritivas: 1 (menor tolerância à deficiência hídrica), 2 (tolerância intermediária à deficiência hídrica) e 3 (maior tolerância à deficiência hídrica), baseada no grau de enrolamento das folhas e de enfolhamento da planta (Stuchi et al., 2000; Cantuarias-Avilés et al., 2012).

3.6. Incidência acumulada e severidade de Huanglongbing (HLB)

Apesar de não ser o foco do trabalho, foi realizada uma avaliação inicial exploratória sobre a incidência e severidade de HLB na área experimental. A cada três meses, inspetores treinados e capacitados inspecionaram o pomar para identificação de plantas com sintomas de HLB. As amostras de folhas sintomáticas

coletadas dessas plantas foram analisadas por q-PCR (*Polymerase Chain Reaction*), conforme Li et al. (2006), no laboratório de pesquisa e diagnóstico da Fundecitrus. As inspeções abrangeram o período de março de 2016 a agosto de 2021. A incidência acumulada foi calculada em porcentagem pelo número de plantas sintomáticas em relação ao número total de plantas de cada porta-enxerto. A severidade dos sintomas de HLB foi realizada em plantas q-PCR positivo em novembro de 2021, cada árvore dividida em quatro quadrantes em ambos os lados da copa paralelos à linha do plantio. Atribuiu-se notas seguindo a escala de Bassanezi et al. (2011), onde 0 corresponde à 0%, 1 à 20%, 2 à 40%, 3 à 60%, 4 à 80% e 5 à 100% de cada quadrante com sintomas visuais de HLB. Em seguida calculou-se a média desses quadrantes.

3.7. Compatibilidade de enxertia e sobrevivência das plantas

A compatibilidade de enxertia entre copa e porta-enxerto foi avaliada em novembro de 2021 por meio dos sintomas visuais nas plantas e presença de alterações na região do ponto de enxertia. Para isso, foram abertas janelas de 3,0 cm x 1,0 cm na casca na região da linha de enxertia com o auxílio de um canivete nas 30 repetições por porta-enxerto. Atribuíram-se notas visuais descritivas adaptadas de Müller et al. (1996): 1 – compatibilidade, pela ausência de linha necrótica entre copa e porta-enxerto e de outros sintomas, como folhas amareladas, queda de folhas e redução do tamanho de copa; 2 – compatibilidade intermediária, pela presença de linha necrótica tênue entre copa e porta-enxerto, mas ausência de outros sintomas; e 3 – incompatibilidade, pela presença de linha necrótica acentuada, com ou sem presença de resina entre copa e porta-enxerto, e outros sintomas na copa.

Foi calculada a porcentagem de sobrevivência das plantas em 2020 e 2021 após o período de seca, através do número de plantas mortas em relação ao total de plantas por porta-enxerto.

3.8. Qualidade dos frutos

A qualidade dos frutos foi avaliada entre os meses de janeiro a março de 2019 a 2021, adotando como critério frutos com diâmetro superior a 50 mm e com casca de coloração verde-escuro (imaturos). Foram coletadas amostras de 21 frutos por planta em cinco repetições (plantas) ao acaso para cada tratamento, na posição mediana ao redor da copa. De cada amostra, seis frutos foram direcionados para as seguintes avaliações: massa (kg) pesada em balança digital (Filizola, MF-6, São Paulo, Brasil); diâmetros longitudinal e equatorial (cm), com auxílio de uma régua do tipo calha; espessura da casca (mm), obtida calculando-se a média dos valores obtidos por duas medições de ambos os mesocarpos da casca após a divisão dos frutos ao meio, empregando-se um paquímetro digital (Mitutoyo 0.01-150 mm, São Paulo, Brasil).

Para a coloração da casca, mediram-se três pontos distintos em torno da região equatorial de cada fruto, usando colorímetro Minolta modelo CR-300 (Konica Minolta, Tokyo, Japão), sob os seguintes coeficientes de calibração: $x = 0,3136$, $y = 0,3212$, $Y = 93,6$ e iluminante D65, que se refere à luz do dia, incluindo a radiação UV. O equipamento registrou os valores de L^* (luminosidade), a^* (balanço entre verde para vermelho) e b^* (entre azul para amarelo) ou CIELAB (Cie, 1986). O Índice de cor da casca foi calculado pela equação: $IC = 1000 \times a / (L \times b)$, segundo Jimenez-Cuesta et al. (1983).

Os outros 15 frutos por repetição foram processados em uma extratora de ponto-de-venda (Otto, 1800, Limeira, São Paulo, Brasil) para obtenção do suco e determinação da sua massa (kg) em balança digital para o cálculo de rendimento de suco ($RS = \text{massa do suco} / \text{massa dos frutos} \times 100$).

3.9. Teor e composição de óleo essencial da casca de frutos

Foi realizada uma análise de qualidade sobre o teor de óleo e seus componentes em frutos de nove porta-enxertos. Para a extração de óleo essencial a

partir da casca, foram selecionados os porta-enxertos 'Volkameriano', Cravo 'Limeira', 'Índio', 'Sunki Tropical', citrumelo 'Swingle', 'BRS Bravo', 'San Francisco', 'BRS Matta' e 'Flying Dragon' selecionados a partir do vigor e padrão de uso na citricultura. Desses porta-enxertos, foram coletadas três amostras compostas de 20 frutos escolhidos ao acaso na altura média dos quatro quadrantes da copa de dez plantas aleatórias no pomar na safra 2021. Os frutos tinham diâmetro equatorial de 50 a 60 mm sem qualquer lesão, deformação ou manchas na casca.

Os frutos foram colhidos ao final da tarde e levados no dia seguinte, pela manhã, para o laboratório de controle de qualidade de uma planta de processamento de citros com experiência em óleo de 'Tahiti', em Itajobi-SP. Desta forma, colheram-se em 16/03/2021 os frutos de plantas em 'Volkameriano', Cravo 'Limeira' e 'BRS Bravo', seguidos em 23/03/2021 de 'BRS Matta', 'Índio' e 'Sunki Tropical' e, por último, em 30/03/2021 de 'Flying Dragon', 'BRS San Francisco' e citrumelo 'Swingle'.

Os frutos foram cortados em quatro partes, aproveitando-se apenas um quarto de cada fruto. Essas novas amostras foram pesadas (kg) e transferidas para um liquidificador com a mesma proporção de água destilada, para serem trituradas por 3 min. Em seguida, foram pesados 5 g dessa mistura em um balão de destilação, com 25 ml de álcool iso-propílico e 25 ml de água destilada e direcionados 40 ml para hidrodestilação utilizando o aparelho Clevenger. Após a hidrodestilação, 30 ml foram destinadas à análise cromatográfica gasosa e 10 ml para a titulação. No destilado para titulação, foram adicionados 10 ml de ácido clorídrico (1:2) e algumas gotas de alaranjado de metila (0,1%). Sob agitação, o destilado foi titulado com solução de brometo-bromato de potássio (0,0247 N) até o ponto de viragem, incolor. Para a determinação do teor de óleo em g·caixa⁻¹, utilizou-se a fórmula: $(V - B) \times \text{Densidade} \times 40,8 \times 2 / P$, onde V é o volume de brometo-bromato de potássio gasto na titulação; B é o branco do álcool, que neste caso foi de 0,3 ml; Densidade do óleo é uma constante que na lima-ácida 'Tahiti' corresponde a 0,88; 40,8 é a massa da caixa de citros (kg); 2 é o fator de diluição; e P é a massa da amostra (Redd et al., 1987).

A composição química do óleo foi analisada e quantificada usando um cromatógrafo a gás HP Agilent 7820A de alta resolução (Agilent Technologies,

Shanghai, China), seguindo metodologia própria da planta de processamento. O método utilizado foi o de normalização, onde a área de cada pico foi obtida de uma série de injeções de réplicas de uma mistura contendo quantidades iguais ou conhecidas de todos os componentes.

3.10. Análises estatísticas

Todos os resultados foram testados quanto à homocedasticidade (Levene, 1960) e normalidade (Shapiro e Wilk, 1965), exceto os de incidência e severidade de HLB. As médias das variáveis relativas ao tamanho de planta, produção, eficiência produtiva das plantas e a qualidade dos frutos foram analisados pelo teste de Fisher e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), com o emprego do software Sisvar versão 5.6 (Ferreira, 2011).

As notas de tolerância ao déficit hídrico e de compatibilidade, por apresentarem natureza ordinal, foram analisados pelo teste não-paramétrico de Kruskal-Wallis (Kruskal e Wallis, 1952) e as médias agrupadas pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$), pelo software R versão 3.6.1 (R Development Core Team 2015).

4. RESULTADOS

4.1. Tamanho de árvore

Os porta-enxertos foram agrupados em três, quatro e cinco grupos em relação à altura, diâmetro e volume de copa, respectivamente, com médias variando de 1,60 a 2,89 m, 1,45 a 2,48 m e 2,29 a 9,23 m³ (Tabela 2). A seguinte classificação de tamanho de árvore foi observada para os porta-enxertos: extra-padrão ('Rugoso FM' e 'Volkameriano'), padrão ('Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Rugoso da Flórida', 'Cleópatra', 'Sunki BRS Tropical', 'Sunki', 'Indio', 'BRS H Montenegro', 'BRS Ary', 'BRS Bravo' e 'TSKC × (LCR × TR)-073'), semipadrão ('Swingle 4475', 'Goutoucheng', 'BRS N Gimenes Fernandes', 'BRS Ríos

Castaño', 'BRS San Francisco', 'TSKC × CTSW-025', 'TSKC × CTSW-033', 'BRS Cunha Sobrinho' e 'BRS Santana'), semiananicante ('BRS Matta') e ananicante ('BRS Lindcove' e 'Flying Dragon').

Tabela 2. Altura, diâmetro médio e volume de copa de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos após cinco anos de plantio em sequeiro. Bebedouro-SP, 2021.

Porta-enxerto	Altura (m)	Diâmetro médio (m)	Volume de copa (m ³)
Cravo CNPMF-03	2,83 a	2,42 a	8,87 a
Cravo BRS Santa Cruz	2,75 a	2,38 a	8,19 a
Cravo Limeira	2,81 a	2,34 a	8,09 a
Rugoso da Flórida	2,82 a	2,33 a	8,10 a
Rugoso FM	2,81 a	2,48 a	9,02 a
Volkameriano	2,89 a	2,47 a	9,23 a
Cleópatra	2,69 a	2,32 a	7,64 b
Sunki BRS Tropical	2,87 a	2,37 a	8,57 a
Sunki	2,71 a	2,33 a	8,00 a
Swingle 4475	2,36 b	2,06 b	5,51 c
Goutoucheng	2,52 b	2,11 b	6,31 c
Indio	2,70 a	2,30 a	7,67 b
BRS H Montenegro	2,77 a	2,14 b	6,75 b
BRS N Gimenes Fernandes	2,54 b	2,12 b	6,20 c
BRS Ary	2,60 b	2,27 a	7,07 b
BRS Lindcove	1,60 d	1,75 c	2,95 e
BRS Ríos Castaño	2,26 c	1,99 c	4,89 c
BRS San Francisco	2,41 b	2,13 b	5,89 c
BRS Matta	2,09 c	1,89 c	4,15 d
BRS Bravo	2,68 a	2,27 a	7,38 b
TSKC × (LCR x TR)-073	2,60 b	2,16 b	6,48 c
TSKC × CTSW-025	2,50 b	2,10 b	6,02 c
TSKC × CTSW-033	2,37 b	1,95 c	5,05 c
BRS Cunha Sobrinho	2,63 b	2,12 b	6,21 c
BRS Santana	2,51 b	1,94 c	5,13 c
Flying Dragon	1,94 c	1,45 d	2,29 e
Média	2,59	2,18	6,78
CV (%)	13,01	11,75	27,87
P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4.2. Produção de frutos e eficiência produtiva

Em 2018, as plantas foram mais produtivas quando enxertadas em: 'Cravo CNPMF-03' (15,70 kg.planta⁻¹), 'Cravo Limeira' (14,74 kg.planta⁻¹) e 'BRS Bravo' (14,59 kg.planta⁻¹). Em 2019, foram superiores as em 'Cravo Limeira', 'Rugoso da Flórida', 'Rugoso FM' e 'Volkameriano', com média de 42,55 kg.planta⁻¹. Em 2020, a produção foi semelhante para grande parte dos porta-enxertos, exceto para: 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Swingle 4475', 'Indio', 'BRS Ary', 'BRS Matta', 'BRS Santana', 'BRS Lindcove' e 'Flying Dragon', que produziram entre 5,50 a 27,98 kg.planta⁻¹. Já em 2021, destacaram-se 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo Limeira', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Rugoso FM', 'Cleópatra', 'Sunki BRS Tropical', 'Sunki', 'Goutoucheng', 'Indio', 'BRS Ary', 'BRS Matta', 'BRS Bravo' e 'TSKC × (LCR × TR)-073', com média de 10,21 kg.planta⁻¹ (Tabela 3).

Considerando a produção média de 2018 a 2021, 'Cravo Limeira' (28,0,4 kg.planta⁻¹) proporcionou maior produção, sem diferir de 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Rugoso FM', 'Volkameriano', Sunki 'BRS Tropical', 'Goutoucheng' e 'BRS Bravo'. Por outro lado, 'BRS Lindcove' e 'Flying Dragon', induziram médias inferiores a 4,7 kg.planta⁻¹. Em relação à média anual, independente dos porta-enxertos, o ano em que houve maior produção foi 2020, seguido de 2019, 2018 e 2021 (Tabela 3).

Tabela 3. Produção de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos, em regime de sequeiro, no período de 2018 a 2021 (dois a cinco anos após plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	Produção kg.planta ⁻¹				Média
	2018	2019	2020	2021	
Cravo CNPMF-03	15,70 a	34,86 b	41,90 a	12,60 a	26,26 a
Cravo BRS Santa Cruz	11,77 b	37,57 b	25,18 b	12,67 a	21,80 a
Cravo Limeira	14,74 a	41,17 a	38,22 a	18,06 a	28,04 a
Rugoso da Flórida	5,52 c	39,98 a	33,54 a	5,38 b	21,10 b
Rugoso FM	4,92 c	41,91 a	39,72 a	8,11 a	23,66 a
Volkameriano	6,95 c	47,13 a	48,64 a	5,92 b	27,16 a
Cleópatra	5,46 c	23,81 d	34,60 a	7,93 a	17,95 b
Sunki BRS Tropical	10,59 b	34,83 b	37,90 a	10,37 a	23,42 a

Sunki	6,30 c	23,19 d	38,02 a	8,38 a	18,97 b
Swingle 4475	4,05 c	25,41 d	22,36 b	0,28 b	13,02 b
Goutoucheng	5,43 c	27,69 c	43,44 a	12,02 a	22,14 a
Indio	8,35 c	23,06 d	27,14 b	7,52 a	16,51 b
BRS H Montenegro	10,02 b	20,62 d	29,48 a	6,06 b	16,54 b
BRS N Gimenes Fernandes	7,79 c	32,29 c	33,70 a	4,09 b	19,47 b
BRS Ary	8,54 c	26,67 d	27,98 b	10,74 a	18,48 b
BRS Lindcove	2,74 c	6,13 e	9,10 c	0,43 b	4,60 c
BRS Ríos Castaño	4,91 c	30,09 c	31,20 a	3,13 b	17,33 b
BRS San Francisco	2,30 b	28,86 c	31,30 a	2,10 b	16,14 b
BRS Matta	12,37 b	24,48 d	25,16 b	7,67 a	17,42 b
BRS Bravo	14,59 a	29,74 c	42,24 a	9,11 a	23,92 a
TSKC × (LCR x TR)-073	10,36 b	32,24 c	32,18 a	7,54 a	20,58 b
TSKC × CTSW-025	9,06 b	23,95 d	42,52 a	5,91 b	20,36 b
TSKC × CTSW-033	6,78 c	21,95 d	37,32 a	0,89 b	16,73 b
BRS Cunha Sobrinho	10,26 b	31,04 c	34,68 a	4,47 b	20,11 b
BRS Santana	11,67 b	30,59 c	25,42 b	2,21 b	17,47 b
Flying Dragon	1,82 c	3,75 e	5,50 c	0,40 b	2,87 c
Média	8,45 c	28,49 b	32,25 a	6,72 d	18,93
CV (%)	69,95	42,03	37,02	104,02	29,6
P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	<0,0001

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

A eficiência produtiva (EP) em 2018 variou de 0,79 a 2,95 kg·m³. As plantas enxertadas em 'BRS Santana', 'BRS Matta', 'Cravo CNPMF-03' e 'BRS Bravo', apresentaram os maiores valores, superiores à do 'Cravo Limeira'. Enquanto 'Rugoso FM', 'Rugoso da Flórida', 'Volkameriano', 'Cleópatra', 'Swingle 4475', 'Goutoucheng' e 'BRS Ríos Castaño' induziram baixa EP. Em 2019, grande parte dos porta-enxertos induziram EP semelhante ao 'Cravo Limeira', exceto 'Cleópatra', 'Swingle 4475', 'Indio', 'BRS H Montenegro', 'BRS N Gimenes Fernandes' e 'TSKC × CTSW-033', que mostraram valores intermediários e 'BRS Lindcove' e 'Flying Dragon', com valores menores. Já em 2020, não houve diferenças significativas entre os porta-enxertos e a EP variou entre 2,35 e 6,19 kg·m³. Os porta-enxertos 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Cravo Limeira', 'Goutoucheng', 'BRS Ary' e 'BRS Matta' induziram EP superiores a 1,43 kg·m³ em 2021 (Tabela 4).

A EP média dos quatro anos permitiu a formação de dois grupos de porta-enxertos, sendo a média do grupo de maior eficiência produtiva e semelhante ao 'Cravo Limeira' de 3,63 kg·m³ e a de 2,32 kg·m³ para o grupo de menor eficiência produtiva.

Tabela 4. Eficiência produtiva (EP) de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos, em regime de sequeiro, no período de 2018 a 2021 (dois a cinco anos após o plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	Eficiência Produtiva kg·m ³				Média
	2018	2019	2020	2021	
Cravo CNPMF-03	2,61 a	6,38 a	3,68 a	1,43 a	3,52 a
Cravo BRS Santa Cruz	2,00 b	6,02 a	2,71 a	1,78 a	3,13 a
Cravo Limeira	2,30 b	6,62 a	4,27 a	2,17 a	3,84 a
Rugoso da Flórida	0,93 d	6,80 a	3,72 a	0,71 b	3,04 a
Rugoso FM	0,79 d	7,29 a	3,63 a	0,93 b	3,16 a
Volkameriano	1,06 d	8,21 a	4,65 a	0,62 b	3,63 a
Cleópatra	0,96 d	4,01 b	3,62 a	1,03 b	2,40 b
Sunki BRS Tropical	1,62 c	6,46 a	5,38 a	1,21 b	3,67 a
Sunki	1,52 c	6,26 a	5,00 a	1,60 b	3,59 a
Swingle 4475	0,93 d	4,81 b	3,76 a	0,07 b	2,39 b
Goutoucheng	0,98 d	6,44 a	6,53 a	1,91 a	3,96 a
Indio	1,63 c	4,50 b	3,05 a	0,09 b	2,32 b
BRS H Montenegro	2,17 b	3,97 b	4,53 a	0,93 b	2,90 b
BRS N Gimenes Fernandes	1,52 c	4,31 b	4,75 a	0,68 b	2,81 b
BRS Ary	1,98 b	6,21 a	4,13 a	1,54 a	3,46 a
BRS Lindcove	1,52 c	1,63 c	2,35 a	0,36 b	1,46 b
BRS Ríos Castaño	0,99 d	8,35 a	5,86 a	0,70 b	3,97 a
BRS San Francisco	1,83 b	6,92 a	4,34 a	0,30 b	3,35 a
BRS Matta	2,94 a	6,12 a	3,83 a	2,69 a	3,89 a
BRS Bravo	2,54 a	7,14 a	6,19 a	1,15 b	4,25 a
TSKC × (LCR × TR)-073	2,02 b	6,28 a	4,22 a	1,18 b	3,42 a
TSKC × CTSW-025	1,81 b	6,19 a	5,42 a	1,13 b	3,64 a
TSKC × CTSW-033	1,53 c	4,98 b	4,6 a	0,15 b	2,81 b
BRS Cunha Sobrinho	2,18 b	6,52 a	4,81 a	0,70 b	3,55 a
BRS Santana	2,95 a	9,21 a	4,33 a	0,47 b	4,24 a
Flying Dragon	1,26 c	2,00 c	2,44 a	0,34 b	1,51 b
Média	1,71 c	5,91 a	4,3 b	1,05 d	3,23
CV (%)	81,29	58,87	43,14	117,2	30,26
P	< 0,0001	< 0,0001	0,0447 ¹	< 0,0001	0,0030

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

¹O valor de P se refere ao teste F e as letras ao teste de Scott-Knott.

4.3. Tolerância ao déficit hídrico

Para tolerância à seca, formaram-se quatro grupos de porta-enxertos em 2017, 2018 e 2021 e cinco nos anos de 2019 e 2020. O grupo dos mais tolerantes e semelhantes ao 'Cravo Limeira' foi constituído pelos porta-enxertos, em 2017: 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'BRS H Montenegro' e 'BRS Ary' (média de 2,6); em 2018: 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Volkameriano' e 'BRS Ary' (média de 2,7); em 2019: apenas o 'BRS Ary' (2,7); e em 2020 e 2021: 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz' e 'BRS Ary' (média de 2,5 e 2,3 em cada ano, respectivamente) (Tabela 5) (Material suplementar A e B). Em todos os anos, o porta-enxerto 'BRS Ary' não diferiu do 'Cravo Limeira' e ambos se destacaram como mais tolerantes.

Os porta-enxertos 'Swingle 4475', 'BRS Lindcove' e 'TSKC × CTSW-025' estavam presentes no grupo dos intolerantes nos cinco anos avaliados. Outros porta-enxertos se mantiveram no grupo dos intolerantes em quatro dos cinco anos avaliados, como 'BRS San Francisco' e 'Flying Dragon'. Em relação à média do período, os porta-enxertos 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Cravo Limeira' e 'BRS Ary' foram os mais tolerantes. Em 2020 e 2021, o déficit hídrico foi muito acentuado e associado a um maior número de dias com a temperatura do ar acima de 32 °C, o que pode ter favorecido a seleção de porta-enxertos mais propensos a tolerar condições de seca e estresse térmico.

Tabela 5. Notas visuais de tolerância ao déficit hídrico de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos, em regime de sequeiro, e variáveis meteorológicas no período de 2017 a 2021 (um a cinco anos após o plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	Tolerância ao déficit hídrico*					Média
	2017	2018	2019	2020	2021	
Cravo CNPMF-03	2,56 a	2,80 a	2,52 b	2,64 a	2,32 a	2,57 a
Cravo BRS Santa Cruz	2,68 a	2,68 a	2,44 b	2,36 a	2,24 a	2,48 a
Cravo Limeira	2,68 a	2,80 a	2,72 a	2,56 a	2,36 a	2,62 a
Rugoso da Flórida	2,08 b	2,12 b	2,16 c	2,00 b	1,72 b	2,02 c
Rugoso FM	2,20 b	2,40 b	2,32 b	2,04 b	1,88 b	2,17 b
Volkameriano	2,28 b	2,64 a	2,36 b	2,20 b	1,84 b	2,26 b

Cleópatra	2,20 b	2,16 b	1,80 c	1,12 e	1,20 d	1,70 c
Sunki BRS Tropical	1,80 c	2,20 b	1,96 c	1,48 d	1,40 c	1,77 c
Sunki	2,08 b	2,12 b	1,88 c	1,48 d	1,60 c	1,83 c
Swingle 4475	1,32 d	1,60 d	1,08 e	1,00 e	1,12 d	1,22 d
Goutoucheng	2,12 b	2,20 b	2,00 c	1,64 d	1,56 c	1,90 c
Indio	2,28 b	2,44 b	1,84 c	1,20 e	1,40 c	1,83 c
BRS H Montenegro	2,48 a	2,16 b	2,32 b	1,80 c	1,48 c	2,05 c
BRS N Gimenes Fernandes	2,16 b	1,60 d	1,84 c	1,28 e	1,08 d	1,59 c
BRS Ary	2,76 a	2,80 a	2,76 a	2,60 a	2,32 a	2,65 a
BRS Lindcove	1,20 d	1,48 d	1,00 e	1,04 e	1,00 d	1,14 d
BRS Ríos Castaño	1,72 c	1,36 d	1,28 d	1,00 e	1,00 d	1,27 d
BRS San Francisco	1,48 d	1,96 c	1,08 e	1,04 e	1,14 d	1,34 d
BRS Matta	2,32 b	1,76 c	1,52 d	1,20 e	1,40 c	1,64 c
BRS Bravo	2,16 b	2,40 b	1,80 c	1,32 d	1,48 c	1,83 c
TSKC × (LCR × TR)-073	2,28 b	2,36 b	1,92 c	1,52 d	1,60 c	1,94 c
TSKC × CTSW-025	1,32 d	1,44 d	1,16 e	1,12 e	1,12 d	1,23 d
TSKC × CTSW-033	1,96 b	1,68 d	1,32 d	1,00 e	1,04 d	1,40 d
BRS Cunha Sobrinho	1,92 b	1,56 d	1,40 d	1,12 e	1,04 d	1,41 d
BRS Santana	1,60 c	2,01 b	1,40 d	1,16 e	1,16 d	1,47 d
Flying Dragon	1,48 d	1,92 c	1,00 e	1,00 e	1,00 d	1,28 d
CV (%)	25,59	29,06	25,30	30,93	30,76	10,43
P	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001	< 0,0001
PPT (mm)	70,78	30,0	37,0	8,9	12,3	-
ETP (mm)	118,74	114,31	122,34	150,70	111,24	-
DEF (mm)	43,19	73,42	61,22	110,24	73,51	-
NDT ≥ 32 °C	5	0	6	28	10	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

*Nota 1: menor tolerância ao déficit hídrico, nota 2: tolerância intermediária ao déficit hídrico, nota 3: maior tolerância ao déficit hídrico com base na intensidade visual de enrolamento foliar da planta.

PPT: Precipitação acumulada em milímetros, calculada a partir de 90 dias antes da avaliação.

ETP: Evapotranspiração acumulada em milímetros, calculada a partir de 90 dias antes da avaliação.

DEF: Deficiência hídrica acumulada em milímetros, calculada a partir de 90 dias antes da avaliação.

NDT ≥ 32 °C: Número de dias com temperatura igual ou superior a 32 °C, a partir de 90 dias antes da avaliação.

4.4. Incidência acumulada e severidade de Huanglongbing (HLB), compatibilidade de enxertia e sobrevivência das plantas

A incidência acumulada de HLB (IA) foi maior para as plantas enxertadas em 'Cravo Limeira', 'Rugoso FM', 'Volkameriano', 'BRS Ary', 'BRS Bravo', 'TSKC × CTSW-025' e 'BRS Santana', todos com valores próximos a 10% e com infecção

confirmada por q-PCR. Por outro lado, 'Swingle 4475', 'Indio', 'BRS Lindcove', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS San Francisco', 'TSKC × CTSW-033', 'BRS Cunha Sobrinho' e 'Flying Dragon' não apresentaram sintomas durante o período avaliado. Quanto à severidade de HLB, todos os porta-enxertos cujas plantas estavam sintomáticas apresentaram percentuais de ramos afetados, igual ou inferior a 20% (nota 1), indicando baixa severidade (Tabela 6). Vale ressaltar que não foi possível identificar o período de incubação e que os resultados são iniciais, visto que o pomar é relativamente novo.

Após cinco anos do plantio, apenas o porta-enxerto 'BRS Cunha Sobrinho' manifestou algum sinal de incompatibilidade com a copa de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme - 3,3% das plantas com nota média de 1,07 (material suplementar C).

Observou-se uma evolução na morte das plantas de 2020 para 2021, quando eram enxertadas em 'Swingle 4475', 'Goutoucheng', 'BRS Lindcove', 'BRS San Francisco', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS Matta', 'TSKC × CTSW-033' e 'Flying Dragon', associada possivelmente à intolerância à seca.

Tabela 6. Incidência acumulada (IA) e severidade de HLB, grau e nota média de compatibilidade (NC) e porcentagem de sobrevivência de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos, em regime de sequeiro, no período de 2016 a 2021 (um a cinco anos após o plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	IA (%)	Severidade*	Grau de incompatibilidade (%)**			NC	% de sobrevivência	
			1	2	3		2020	2021
Cravo CNPMF-03	6,67	0,44	100	0	0	1,00 a	100	100
Cravo BRS Santa Cruz	6,67	1,00	100	0	0	1,00 a	100	100
Cravo Limeira	10,00	0,63	100	0	0	1,00 a	100	100
Rugoso da Flórida	6,67	0,75	100	0	0	1,00 a	100	100
Rugoso FM	10,00	0,42	100	0	0	1,00 a	100	100
Volkameriano	10,00	0,46	100	0	0	1,00 a	100	100
Cleópatra	3,33	0,13	100	0	0	1,00 a	100	100
Sunki BRS Tropical	6,67	0,25	100	0	0	1,00 a	93,33	93,33
Sunki	6,67	0,75	100	0	0	1,00 a	96,67	96,67
Swingle 4475	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	90	80
Goutoucheng	6,67	0,50	100	0	0	1,00 a	96,67	90
Indio	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	100	100
BRS H Montenegro	3,33	0,50	100	0	0	1,00 a	96,67	96,67
BRS N Gimenes Fernandes	6,67	0,38	100	0	0	1,00 a	100	100
BRS Ary	10,00	0,46	100	0	0	1,00 a	100	100

BRS Lindcove	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	23,33	10
BRS Ríos Castaño	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	90	80
BRS San Francisco	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	66,67	50
BRS Matta	3,33	0,63	100	0	0	1,00 a	90	86,67
BRS Bravo	10,00	0,67	100	0	0	1,00 a	96,67	96,67
TSKC × (LCR × TR)-073	3,33	0,63	100	0	0	1,00 a	90	90
TSKC × CTSW-025	13,33	0,31	100	0	0	1,00 a	96,67	96,67
TSKC × CTSW-033	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	100	96,67
BRS Cunha Sobrinho	0,00	0,00	96,6	0	3,3	1,07 a	100	100
BRS Santana	10,00	0,54	100	0	0	1,00 a	100	100
Flying Dragon	0,00	0,00	100	0	0	1,00 a	63,33	53,33
Média	5,13	0,36	-	-	-	1,00	-	-
CV (%)	-	-	-	-	-	7,14	-	-
P	-	-	-	-	-	0,40	-	-

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

*Escala: 0 = 0%, 1 = 20%, 2 = 40%, 3 = 60%, 4 = 80% e 5 = 100% da planta com sintomas de HLB.

**Nota 1 – compatibilidade, 2 – compatibilidade intermediária e 3 – incompatibilidade.

4.5. Qualidade dos frutos

Os porta-enxertos 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Rugoso da Flórida', 'Rugoso FM', 'Volkameriano', 'Cleópatra', 'Sunki BRS Tropical', 'Sunki', 'Goutoucheng', 'BRS H Montenegro', 'BRS N Gimenes Fernandes', 'BRS Ary', 'BRS San Francisco', 'BRS Matta', 'TSKC × CTSW-025' e 'BRS Cunha Sobrinho' induziram frutos com massa semelhante ao 'Cravo Limeira', variando de 85,02 a 99,68 g. Para o diâmetro e comprimento dos frutos formaram-se dois grupos, com médias de 5,22 e 4,83 cm, e 5,97 e 5,4 cm, respectivamente (Tabela 7).

Observa-se que todos os porta-enxertos foram equivalentes quanto ao rendimento de suco (média de 48,53%) e espessura de casca (média de 2,25 mm).

Tabela 7. Massa, diâmetro equatorial e longitudinal, rendimento e espessura da casca de frutos de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos, em regime de sequeiro, no período de 2019 a 2021 (três a cinco anos após o plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	Massa (g)	diâmetro equatorial (cm)	diâmetro longitudinal (cm)	Rendimento (%)	Espessura de casca (cm)
Cravo CNPMF-03	99,68 a	5,37 a	6,10 a	48,42 a	2,44 a
Cravo BRS Santa Cruz	87,40 a	5,19 a	5,88 a	49,98 a	2,37 a

Cravo Limeira	92,61	a	5,29	a	6,12	a	49,53	a	2,21	a
Rugoso da Flórida	90,72	a	5,13	a	6,02	a	49,14	a	2,47	a
Rugoso FM	91,60	a	5,21	a	5,90	a	47,42	a	2,42	a
Volkameriano	90,45	a	5,28	a	6,05	a	45,59	a	2,60	a
Cleópatra	91,68	a	5,18	a	5,98	a	47,38	a	2,54	a
Sunki BRS Tropical	90,44	a	5,32	a	6,03	a	47,56	a	2,33	a
Sunki	93,29	a	5,19	a	5,98	a	49,45	a	2,66	a
Swingle 4475	70,95	b	5,00	b	5,56	b	48,88	a	1,49	a
Goutoucheng	89,32	a	5,12	a	5,91	a	50,21	a	2,29	a
Indio	84,17	b	5,12	a	5,88	a	48,06	a	2,40	a
BRS H Montenegro	90,31	a	5,14	a	6,04	a	48,03	a	2,45	a
BRS N Gimenes Fernandes	85,02	a	5,20	a	5,77	a	48,01	a	2,28	a
BRS Ary	91,54	a	5,37	a	6,09	a	47,31	a	2,49	a
Lindcove	79,68	b	5,15	a	5,81	a	46,11	a	1,56	a
BRS Ríos Castaño	81,89	b	5,17	a	5,90	a	48,20	a	1,95	a
BRS San Francisco	85,61	a	5,26	a	5,95	a	47,79	a	2,29	a
BRS Matta	97,07	a	5,36	a	6,06	a	50,14	a	2,22	a
BRS Bravo	83,07	b	5,22	a	6,07	a	49,43	a	2,58	a
TSKC × (LCR × TR)-073	83,43	b	5,24	a	5,85	a	48,73	a	2,44	a
TSKC × CTSW-025	88,87	a	5,15	a	5,95	a	50,01	a	2,25	a
TSKC × CTSW-033	73,06	b	4,72	b	5,30	b	48,43	a	1,48	a
BRS Cunha Sobrinho	87,30	a	5,26	a	5,99	a	48,07	a	2,51	a
BRS Santana	81,02	b	5,14	a	5,94	a	47,80	a	2,30	a
Flying Dragon	60,85	c	4,77	b	5,34	b	51,35	a	1,53	a
Média	86,81		5,18		5,91		48,53		2,25	
CV (%)	13,33		6,96		7,07		11,59		30,34	
P	< 0,0001		0,0003		< 0,0001		0,7816		0,7296	

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Os porta-enxertos influenciaram significativamente na coloração externa dos frutos de 'Tahiti' Ponta Firme. Os valores de luminosidade (L^*) variaram entre 46,64 a 51,46, sendo mais elevados para 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Cravo Limeira', 'BRS Matta', 'BRS Ríos Castaño' e 'BRS San Francisco', respectivamente, indicando frutos com casca mais clara. Os valores de a^* se referem à coloração verde e os de b^* denotam a coloração amarela. Dessa forma, quanto mais negativo o valor de a^* e mais positivo o valor de b^* , mais verdes e amarelos são os frutos, respectivamente. Sendo assim, quando o porta-enxerto era 'Flying Dragon', os frutos foram menos verdes, porém não tão amarelos quando eram os das plantas em 'Cravo CNPMF-03', 'Cravo BRS Santa Cruz', 'Cravo

Limeira', 'Rugoso da Flórida', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS Matta', 'TSKC × (LCR x TR)-073' e 'BRS Santana' (36,74 a 34,44) (Tabela 8). O Índice de Cor (IC) varia entre -20 e +20, sendo que quanto mais negativo o valor, mais verde é a coloração da casca dos frutos (Spósito et al., 2004). Os porta-enxertos avaliados apresentaram valores negativos e não diferenciaram entre si.

Tabela 8. Variáveis colorimétricas da casca dos frutos de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 26 porta-enxertos, em regime de sequeiro, no período de 2019 a 2021 (três a cinco anos após o plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	L*		a*		b*		IC ¹
Cravo CNPMF-03	51,46	a	-19,14	a	36,74	a	-10,53 a
Cravo BRS Santa Cruz	51,23	a	-19,38	a	36,62	a	-10,16 a
Cravo Limeira	50,44	a	-19,24	a	35,64	a	-10,92 a
Rugoso da Flórida	49,97	b	-19,29	a	35,52	a	-11,12 a
Rugoso FM	47,72	b	-18,80	b	32,91	b	-12,24 a
Volkameriano	48,34	b	-18,60	b	33,50	b	-11,97 a
Cleópatra	47,86	b	-19,25	a	33,15	b	-12,22 a
Sunki BRS Tropical	47,37	b	-18,44	b	32,13	b	-12,46 a
Sunki	47,98	b	-19,09	a	33,46	b	-12,07 a
Swingle 4475	47,87	b	-18,78	b	33,08	b	-12,01 a
Goutoucheng	48,37	b	-18,84	b	33,39	b	-12,03 a
Indio	47,83	b	-19,05	a	32,97	b	-12,13 a
BRS H Montenegro	48,62	b	-19,16	a	33,86	b	-11,69 a
BRS N Gimenes Fernandes	48,60	b	-18,95	b	33,32	b	-11,84 a
BRS Ary	47,93	b	-18,60	b	32,85	b	-11,85 a
Lindcove	48,34	b	-19,75	a	33,89	b	-12,13 a
BRS Ríos Castaño	50,14	a	-19,52	a	35,47	a	-11,00 a
BRS San Francisco	49,83	a	-19,10	a	34,88	a	-10,89 a
BRS Matta	50,81	a	-19,25	a	36,07	a	-10,70 a
BRS Bravo	48,32	b	-19,33	a	33,68	b	-11,91 a
TSKC × (LCR x TR)-073	49,17	b	-19,39	a	34,44	a	-11,84 a
TSKC × CTSW-025	47,93	b	-18,75	b	32,54	b	-12,11 a
TSKC × CTSW-033	46,64	b	-19,08	a	31,66	b	-12,93 a
BRS Cunha Sobrinho	47,82	b	-18,80	b	32,69	b	-12,14 a
BRS Santana	48,93	b	-19,42	a	34,59	a	-11,64 a
Flying Dragon	47,53	b	-17,99	c	32,09	b	-11,91 a
Média	48,77		- 19,03		33,92		-11,70
CV (%)	9,61		8,71		16,18		16,49
P	< 0,0001		< 0,0001		< 0,0001		0,9974

L* (luminosidade), a* (balanço entre verde para vermelho) e b* (entre azul para amarelo). ¹Índice de cor (-20 a +20).

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

4.6. Teor e composição de óleo essencial da casca de frutos

Para a análise dos componentes do óleo essencial de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme, consideraram-se apenas os compostos mais importantes para comercialização, conforme a planta de processamento, sendo três monoterpenos (d-limoneno, β -pinene e γ -terpinene) e cinco aldeídos (nonanal, decanal, citronellal, neral e geranial). Os porta-enxertos foram semelhantes em teores percentuais dos principais componentes induzidos nas cascas da lima-ácida 'Tahiti' Ponta Firme, além de equivalentes quanto ao rendimento de óleo em casca. Em geral, o limoeiro 'Volkameriano' apresentou as maiores concentrações de nonanal, decanal e citronellal. O 'BRS Bravo' obteve maior concentração de d-limoneno, enquanto, 'Volkameriano', 'Swingle 4475', 'Indio', 'BRS Matta' e 'Flying Dragon' foram superiores em β -pinene e 'Volkameriano' e 'BRS Matta' induziram maior conteúdo de γ -terpinene (Tabela 9).

Tabela 9. Porcentagem de componente voláteis de frutos de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme enxertada em 9 porta-enxertos em regime de sequeiro, em março de 2021 (cinco anos após o plantio). Bebedouro-SP.

Porta-enxerto	Compostos Químicos (%)								Óleo g/caixa ¹
	nonanal	decanal	citronellal	neral	geranial	d-limoneno	β -pinene	γ -terpinene	
Limeira	0,03	0,06	0,04	1,22	1,84	57,00	7,00	13,00	172,77 a
Volkameriano	0,04	0,06	0,04	1,12	1,78	56,00	8,00	14,00	181,85 a
Sunki Tropical	0,03	0,01	0,03	1,21	1,88	57,00	7,00	13,00	156,01 a
Swingle 4475	0,03	0,06	0,03	1,22	1,87	56,00	8,00	13,00	177,69 a
Indio	0,01	0,06	0,03	1,21	1,84	56,00	8,00	13,00	179,31 a
BRS San Francisco	0,04	0,01	0,04	1,07	1,64	57,00	7,00	12,00	145,50 a
BRS Matta	0,03	0,01	0,03	1,06	1,69	56,00	8,00	14,00	169,05 a
BRS Bravo	0,02	0,01	0,02	1,03	1,63	58,00	6,00	13,00	166,01 a
Flying Dragon	0,03	0,01	0,04	1,18	1,80	56,00	8,00	13,00	168,78 a
Média	0,03	0,03	0,03	1,15	1,77	56,56	7,44	13,11	168,55
CV	-	-	-	-	-	-	-	-	7,76
P	-	-	-	-	-	-	-	-	0,059

Médias seguidas de mesma letra na coluna pertencem ao mesmo grupo pelo teste Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

5. DISCUSSÃO

No Brasil, predomina o uso do porta-enxerto limoeiro 'Cravo' que induz bom desempenho agrônômico frente às adversidades climáticas, mas propicia elevado vigor às plantas de limeira-ácida 'Tahiti' (Figueiredo et al., 2002). Por outro lado, sabe-se que o trifoliateiro 'Flying Dragon' e alguns híbridos de *P. trifoliata* induzem nanismo e seminanismo às plantas concomitantemente à alta eficiência produtiva e qualidade dos frutos, dependendo das condições de cultivo, principalmente da irrigação (Pompeu e Blumer, 2002; Stuchi et al., 2012; Espinoza-Núñez et al., 2011; Canturias-Avilés et al., 2012). Neste trabalho, embora os porta-enxertos mais vigorosos tenham conferido alta tolerância à seca, produção e precocidade, alguns menos vigorosos como os semipadrões 'Goutoucheng', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS San Francisco', 'TSKC × CTSW-025', 'BRS Cunha Sobrinho', 'BRS Santana' e o semiananicante 'BRS Matta' induziram maior eficiência produtiva, semelhante ao limoeiro 'Cravo Limeira', podendo ser mais interessantes do que o tradicional 'Flying Dragon', que junto com o citrandarin 'BRS Lindcove' apresentaram menor eficiência produtiva e evidente intolerância a seca, destacando a importância da irrigação no cultivo desses porta-enxertos (Stuchi e Silva, 2005). Em Colômbia-SP, como porta-enxerto de laranjeira Valência, o citrandarin 'BRS Matta' também expressou potencial ananicante e redução de volume de copa (Costa et al., 2021). Já o limoeiro 'BRS Ary' pode ser considerado tolerante à seca, visto que foi o único porta-enxerto semelhante ao 'Cravo Limeira' em todos os anos avaliados. Como porta-enxerto de laranjeira 'Pera', esse híbrido apresentou ótimo desempenho e alta eficiência no uso da água em clima As e Aw, tropical quente e úmido com estação seca no verão e inverno, em Sergipe e Acre, respectivamente (Carvalho et al., 2016, Rodrigues et al., 2019).

Plantas de *Citrus* spp. têm demonstrado diferentes níveis de tolerância ao HLB quando enxertadas em *P. trifoliata* e seus híbridos, como citrandarins (*C. reticulata* L. × *P. trifoliata*) e citrumelos (*C. ×paradisi* Macf. × *P. trifoliata*) em algumas condições de campo na Flórida e em São Paulo (Albrecht et al., 2016; Folimonova et al., 2009; Boava et al., 2015; Albrecht e Bowman, 2011; Bowman e Faulkner,

2016). Os resultados do presente trabalho mostraram que o trifoliateiro 'Flying Dragon', citrandarins 'Indio', 'BRS Lindcove', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS San Francisco', citrumelandarins 'TSKC × CTSW-033' e 'BRS Cunha Sobrinho' e citrumelo 'Swingle 4475' não apresentaram incidência de HLB durante o período avaliado do plantio ao quinto ano. A severidade independentemente dos porta-enxertos foi menor ou igual a 1 para a copa de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme. Resultados semelhantes foram encontrados por Viteri et al. (2021), que observaram severidade inferior a 1,5 e nenhum sintoma de clorose em copa de limeira-ácida 'Tahiti' em Porto Rico. No entanto, Lopes (2021), demonstrou que o HLB pode provocar danos expressivos em limeira-ácida 'Tahiti', principalmente em relação à redução do número de frutos em ramos sintomáticos, por isso, estas avaliações devem ser continuadas para acompanhar o progresso da doença, pois ainda são resultados inconclusivos até o momento.

Alguns trabalhos relatam que a tangerineira 'Cleópatra' induz menor rendimento e má afinidade de enxertia com a copa de limeira-ácida 'Tahiti' (Figueiredo et al., 2001; Figueiredo et al., 2002; Stenzel e Neves, 2004; Piña-Dumoulín et al., 2006). Neste trabalho, apesar do menor vigor e eficiência produtiva, não foi constatada incompatibilidade nas plantas aos cinco anos. Porém, notou-se diferenças entre os diâmetros do tronco da copa e do porta-enxerto, sendo maior acima da linha de enxertia. O mesmo aconteceu com as outras tangerineiras, tais como 'Sunki BRS Tropical' e 'Sunki' (Material suplementar D). Por outro lado, houve maior porcentagem de mortalidade para as plantas enxertadas em 'BRS Lindcove' e 'Flying Dragon'. Nestes porta-enxertos, abriu-se a janela de compatibilidade e observou-se que as copas em ambos estavam mortas e os porta-enxertos estavam vivos sem qualquer sinal de incompatibilidade com a copa, indicando que as mortes foram provavelmente provocadas pela seca severa (Material suplementar E).

Os frutos de limeira-ácida 'Tahiti' são aptos para exportação quando atingem calibre entre 46,5 mm e 60,0 mm, massa entre 90 e 125 g e espessura de casca entre 1,5 e 2,5 mm (Gayet, 1995; Cantuarias-avilés et al., 2012; Castricini et al., 2017). Já a CEAGESP (2011) classifica como ideal para a comercialização *in natura*, frutos com rendimento de suco acima de 40%. Dessa forma, os frutos de grande parte dos porta-enxertos avaliados atingiram os padrões comerciais. Para a

espessura da casca, o 'Volkameriano', 'Cleópatra', 'Sunki' e 'BRS Bravo' apresentaram espessura de casca pouco superior ao desejável, mas sem diferir significativamente dos demais tratamentos. Quando a casca de frutas cítricas é mais espessa, ela se torna mais resistente a rachaduras e deformações, porém é comum nesses casos, apresentarem menos rendimento de suco (Li e Chen, 2017). Apesar disso, neste trabalho não houve interferência da maior espessura de casca no rendimento do suco dos frutos desses porta-enxertos.

As cores de frutas e vegetais são um dos principais parâmetros de qualidade, pois influenciam diretamente na aparência e qualidade visual (Schifferstein et al., 2019). O mercado de lima-ácida 'Tahiti' exige que a casca dos frutos seja verde-escura, o que significa valores de L^* baixos e de a^* e b^* negativos e baixos, respectivamente (García-Muñoz et al., 2021). Os resultados deste trabalho confirmam que limoeiro 'Cravo' reduz o número de frutos exportáveis devido a uma coloração de casca mais amarelada em relação ao trifoliata 'Flying Dragon', o que pode estar associado à maturação precoce dos frutos do primeiro (Cantuarias-Avilés et al., 2012).

De acordo com Dugo e Mondello (2011), o óleo essencial de 'Tahiti' comercial é composto, dentre outros componentes, por nonanal (0,01-0,05%), decanal (0,04-0,09%), citronellal (0,03-0,06%), neral (0,5-1,0%), geranial (0,3-4,9%), d-limoneno (43,7-56,5%), β -pinene (4,3-23%) e γ -terpinene (2,5-16,6%). Dessa forma, os porta-enxertos que propiciaram valores da maioria desses compostos em níveis adequados foram 'Volkameriano', 'Swingle 4475' e 'Indio'. Em baixas concentrações, esses monoterpenos e aldeídos são responsáveis pela sinalização e indução de defesa das plantas (Sariga et al., 2021), indicando que esses porta-enxertos talvez possam induzir maior tolerância ao ataque de pragas e doenças. As diferenças de concentrações de compostos entre os porta-enxertos encontradas neste trabalho, podem estar associadas às combinações específicas de copa/porta-enxerto, no que diz respeito a translocação de água, nutrientes, reguladores de crescimento e de fotoassimilados, influenciando diretamente nos compostos voláteis do aroma das frutas cítricas (Aguilar-Hernández et al., 2020). Dessa forma, os voláteis de aroma podem ser considerados um dos parâmetros para avaliação dos efeitos induzidos

pelos porta-enxertos, visto que é umas das principais características de qualidade dos frutos de limeira-ácida 'Tahiti'.

Tomados em conjunto, esses resultados demonstram que os porta-enxertos modificam o vigor vegetativo, a produção das plantas, a coloração dos frutos e a composição do óleo essencial da sua casca, bem como a incidência inicial de HLB e a tolerância à seca de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme. Na citricultura atual, essas variáveis fazem parte das principais características utilizadas para escolha de um porta-enxerto. Dessa forma, novos híbridos como o 'BRS Ary', 'BRS Ríos Castaño', 'BRS San Francisco', 'BRS Bravo', 'BRS Matta', 'TSKC × (LCR x TR)-073', 'TSKC × CTSW-025', 'BRS Cunha Sobrinho' e 'BRS Santana' podem ser alternativas aos porta-enxertos tradicionais, promovendo maior diversidade aos pomares.

6. CONCLUSÕES

Os porta-enxertos mais conhecidos como os limoeiros 'Cravos CNPMF-03', 'BRS Santa Cruz' e 'Limeira', 'Rugoso da Flórida', 'Rugoso FM', 'Volkameriano', as tangerineiras 'Sunki BRS Tropical' e 'Sunki' e laranjeira-azeda 'Goutoucheng' induziram para limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme até cinco anos alta eficiência produtiva, boa qualidade de frutos e compatibilidade de enxertia em condições de pressão de HLB e seca severa.

Laranjeira azeda 'Goutoucheng' e os híbridos 'BRS Ary' e 'BRS Bravo' induziram desempenho semelhante em árvores menores sem irrigação, e o citrandarin 'BRS Matta' tem potencial como porta-enxerto alternativo ao trifoliata 'Flying Dragon em pomares de alta densidade.

7. REFERÊNCIAS

Aguilar-Hernández, M. G., Sánchez-Bravo, P., Hernández, F., Carbonell-Barrachina, A. A., Pastor-Pérez, J., Legua, P., 2020. Determination of the volatile profile of lemon

peel oils as affected by rootstock. **Foods.** 9 (2) 241. <https://doi.org/10.3390/foods9020241>.

Ahmed, D., Curk, F., Evrard, J. C., Froelicher, Y., Ollitrault, P., 2020. Preferential disomic segregation and *C. micrantha*/*C. medica* interspecific recombination in tetraploid 'Giant Key' Lime; outlook for triploid lime breeding. **Frontiers in Plant Science.** 11, 939-. doi: 10.3389/fpls.2020.00939.

Albrecht, U., Bowman, K. D., 2011. Tolerance of the trifoliolate citrus hybrid US-897 (*Citrus reticulata* Blanco x *Poncirus trifoliata* L. Raf.) to Huanglongbing. **HortScience.** 46 (1) 16-22. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.46.1.16>

Albrecht, U., Fiehn, O., & Bowman, K. D., 2016. Metabolic variations in different citrus rootstock cultivars associated with different responses to huanglongbing. **Plant Physiology and Biochemistry.** 107, 33–44. doi: 10.1016/j.plaphy.2016.05.030.

Amorim, J. L., Simas, D. L. R., Pinheiro, M. M. G., Moreno, D. S. A., Alviano, C. S., Silva, A. J. R., Fernandes, P. D., 2016. Anti-Inflammatory properties and chemical characterization of the essential oils of four citrus species. **Plos One.** 11 (4) 1-18. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0153643>.

Appezato-da-Gloria, B., Carmello-Guerreiro, S. M., 2006. **Anatomia Vegetal.** 2^a ed. Editora UFV: Viçosa.

Arce, A., Soto, A., 2008. Citrus essential oils: extraction and deterpenation. **Tree and Forestry Science and Biotechnoloy.** 2 1-9. doi: 10.1002 / cjce.5450830226.

Azevedo, F. A., Lanza, N. B., Sales, C. R. G., Silva, K. I., Barros, A. L., De Negri, J. D., 2013. **Poda na citriculutra.** Citrus Research & Technology, 34 (1) 17-30. doi: <http://dx.doi.org/10.5935/2236-3122.20130003>.

Badazadeh-Darjazi, B., 2011. The effects of rootstocks on the volatile mandarin flavor components of page mandarin flower and leaf. **African Journal of Agricultural Research.** 6 (7) 1884-1896. doi: 10.5897/AJAR11.063.

Barry, G. H., 2020. **The Genus Citrus:** Comercial scion varieties. p. 83-104. doi:10.1016/B978-0-12-812163-4.00005-X.

Bassanezi, R. B., Montesino, L. H., Gasparoto, M. C. G. et al, 2011. Yield loss caused by huanglongbing in different sweet orange cultivars in São Paulo, Brazil. **European Journal Plant Pathology**. 130, 577–586. <https://doi.org/10.1007/s10658-011-9779-1>.

Bastos, D. C., Sombra, K. E. S., Loureiro, F. L. C., Silva, A. C. C., Passos, O. S., 2017. Initial development of Tahiti acid lime trees on different rootstocks in the semiarid region of Ceará, Brazil. **Citrus R&T**. 38 (1) 77-82. <http://dx.doi.org/10.4322/crt.ICC045>.

Bettini, B. A., Cavichioli, T. M., Cristofani-Yaly, M., Azevedo, F. A., Martins, A. L. M., Schinor, E. H., 2019. Performance and reaction to huanglongbing of ‘Tahiti’ acid lime grafted on citrandarins. **Acta Horticulturae**. 1230 101-108. [doi:10.17660/ActaHortic.2019.1230.13](https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2019.1230.13).

Boava, L. P., Sagawa, C. H. D., Cristofani-Yaly, M., Machado, M. A., 2015. Incidence of ‘*Candidatus Liberibacter asiaticus*’-Infected plants among citrandarins as rootstock and scion under field conditions. **The American Phytopathological Society**. 105 (4) 518-524. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-14-0211-R>.

Bonaccorsi, I., Sciarrone, D., Schipilliti, L., Dugo, P., Mondello, L., Dugo, G., 2012. Multidimensional enantio gas chromatography/mass spectrometry and gas chromatography–combustion-isotopic ratio mass spectrometry for the authenticity assessment of lime essential oils (*C. aurantifolia* Swingle and *C. latifolia* Tanaka). **Journal of Chromatography A**. 1226 (24) 87-95. <https://doi.org/10.1016/j.chroma.2011.10.038>.

Bowman, K. D., & Faulkner, L., 2016. New citrus rootstocks released by USDA 2001-2010: Field performance and nursery characteristics. **Horticultural Science**. 51, 1208–1214.

Bowman, K. D., Joubert, J., 2020. Citrus rootstocks. In: Talon, M., Caruso, M., Gmitter, F. G. (Eds.), **The Genus Citrus**, Woodhead Publishing, p.105-127. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI10970-16>.

Bremer Neto, H., Mourão Filho, F. A. A., Stuchi, E. S., Espinoza-Núñez, E., Cantuarias-Avilés, T., 2013. The horticultural performance of five ‘Tahiti’ lime selections grafted onto ‘Swingle’ citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**. 150 181-186. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scienta.2012.10.010>.

Campbell, C.W. 1991. Rootstocks for the 'Tahiti' lime. **Proceedings on the Florida State Horticultural Society**. 104 28-30.

Cantuarias-Avilés, T., Mourão Filho, F. A. A., Stuchi, E. S., Silva, S. R., Espinoza-Núñez E., Neto, H. B., 2012. Rootstocks for high fruit yield and quality of 'Tahiti' lime under rain-fed conditions. **Scientia Horticulturae**. 142 105-111. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2012.05.008>.

Carvalho, L. M., Carvalho, H. W. L., Soares Filho, W. S., Martins, C. R., Passos, O. S., 2016. Porta-enxertos promissores, alternativos ao limoeiro 'Cravo', nos Tabuleiros Costeiros de Sergipe. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília. 51 (2) 132-141. doi: 10.1590/S0100-204X2016000200005.

Castle, W. S., Phillips, R. L., 1977. Potentially dwarfing rootstocks for Florida citrus. **Proceedings of the International Society of Citriculture**. 2 558-561.

Castle, W.S., J.W. Grosser, F.G. Gmitter, Jr., R.J. Schnell, T. Ayala-Silva, J.H. Crane, and K.D. Boman., 2004. Evaluation of new citrus rootstocks for 'Tahiti' lime production in south Florida. **Proceedings of the Florida State Horticultural Society**. 117 174-181.

Castricini, A., Silva, J. T. A., Silva, I. P., Rodrigues, M. G. V., 2017. Quality of 'Tahiti' acid lime fertilized with nitrogen and potassium in the semiarid region of Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 39 (2) 1-10. <https://doi.org/10.1590/0100-29452017288>.

Ceagesp 2011. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Normas de classificação**. 11p. Disponível em: <<http://ceagesp.gov.br/wp-content/uploads/2015/07/citros.pdf>>. Acesso em: 21 nov. 2021.

Ceagesp 2021. Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo. **Limão Tahiti – Ceasas**. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/cotacoes/frutas/limao-tahiti-ceasas/2021-04-26>>. Acesso em: 25 nov, 2021.

Cepea 2021: **Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada**. ESALQ. Disponível em: <https://www.hfbrasil.org.br/br/banco-de-dados-precos-medios-dos-hortifruticolas.aspx?produto=9®iao%5B%5D=111®iao%5B%5D=110®iao%5B%5D=109®iao%5B%5D=112®iao%5B%5D=113&todos_regiao=1&periodici>

dade=mensal&ano_inicial=2021&ano_final=2021&pagina=20>. Acesso em: 25 nov, 2021.

Comission International de l'Eclairaige, CIE, 1986. **Colorimetry**. 2 ed. Vienna: Central Bureau of the CIE. (Publication CIE, 15.2)

Costa, D. P., Stuchi, E. S., Girardi, E. A., Moreira, A. S., Gesteira, A. S., Coelho Filho, M. A., Passos, O. S., Soares Filho, W. S., 2021. Less is more: a hard way to get potential dwarfing hybrid rootstocks for Valencia sweet orange. **Agriculture**. 11 (4) 354. <https://doi.org/10.3390/agriculture11040354>.

Curti-Díaz, S. A., Hernández-Guerra, C., Loredó-Salazar, R. X., 2012. Productividad del limón 'Persa' injertado en cuatro portainjertos en una huerta comercial de Veracruz, México. **Revista Chapingo Serie Horticultura**. 18 (3) 291-305. <https://doi.org/10.5154/r.rchsh.2010.11.109>.

Deng, H., Achor, D., Exteberria, E., Yu, Q., Du, D., Stanton, D., et al., 2019. Phloem regeneration is a mechanism for huanglongbing-tolerance of “bearss” lemon and “LB8-9” sugar belleopenspisupspi® closespisupspi mandarin. **Frontiers Plant Science**. 10 277. <http://doi.org/10.3389/fpls.2019.00277>.

Di Giacomo, A., 2002. The market of citrus oils around the world. 532-538. In: G. Dugo and A. Di Giacomo (eds.), **Citrus: the Genus Citrus**. Taylor & Francis, New York.

Donadio, L. C., Figueiredo, J. O., Pio, R. M., 1995. **Variedades cítricas brasileiras**. Jaboticabal: FUNEP. 228p.

Dugo, G., Mondello, L., 2011. **Citrus oils**. Composition, Advanced analytical techniques, Contaminants, and BiologicalActivity, CRC Press, Taylor and Francis group, Boca Raton, FL, USA.

Eiras, M., Silva, S. R., Stuchi, E. S., Flores, R., Daros, J. A., 2010. Viroid species associated with the bark-cracking phenotype of ‘Tahiti’ acid lime in the State of São Paulo, Brazil. **Tropical Plant Pathology**. 35 (5) 303-309. <https://doi.org/10.1590/S1982-56762010000500005>.

Embrapa 2006. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília, Embrapa, SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 306 p.

Espinoza-Núñez, E., Mourão Filho, F. A. A., Stuchi, E. S., Cantuarias-Avilés, T., Dias, C. T. S., 2011. Performance of 'Tahiti' lime on twelve rootstocks under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**. 129 (2) 227-231. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.03.032>.

Evans, E. A., Ballen, F. H., Crane, J. H., 2014. Economic potential of producing Tahiti limes in Southern Florida in the presence of citrus canker and citrus greening. **HortTechnology**. 24 (1) 99-106. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.24.1.99>.

FAO 2022a: **Food and agriculture organization of the United Nations**. FAOSTAT. Disponível em: <<https://www.fao.org/faostat/en/#search/lemon%20and%20lime>>. Acesso em: 21 nov, 2021.

FAO 2022b: **Food and agriculture organization of the United Nations**. FAOSTAT. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodit>. Acesso em: 25 nov, 2021.

Farias, A. P., Santos, M. C., Jumbo, L. O. V., Oliveira, E. E., Nogueira, P. C. L., Sena Filho, J. G., Teodoro, A. V., 2020. Citrus essential oils control the cassava green mite, *Mononychellus tanajoa*, and induce higher predatory responses by the lacewing *Ceraeochrysa caligata*. **Industrial Crops & Products**. 145 112151. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112151>.

Ferreira, D. F., 2011. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia (UFLA)**. 35 (6) 1039-1041. <https://doi.org/10.1590/S1413-70542011000600001>.

Figueiredo, J. O., Stuchi, E. S., Laranjeira, F. F., Donadio, L. C., Sobrinho, J. T., Sempionato, O. R., Müller, G. W., 2001. Rootstocks for Tahiti lime in two regions of São Paulo state, Brazil. **Laranja, Cordeirópolis**. 22 (1), 203–213.

Figueiredo, J. O., Stuchi, E. S., Donadio, L. C., Sobrinho, J. T., Laranjeira, F. F., Pio, R. M., Sempionato, O. R., 2002. Porta-enxertos para a lima-ácida 'Tahiti' na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira Fruticultura**. 24 (1) 155-159. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452002000100034>.

Folimonova, S. Y., Robertson, C. J., Garnsey, S. M., Gowda, S., Dawson, W. O., 2009. Examination of the responses of diferente genotypes of citrus to Huanglonbing

(citrus greening) under diferente conditions. **Phytopathology**. 99 1346-1354. doi: 10.1094/PHYTO-99-12-1346.

Fundecitrus 2021: Fundo de Defesa da Citricultura. **Inventário de árvores e estimativa da safra de laranja do cinturão citrícola de São Paulo e Triângulo/Sudoeste Mineiro**. Araraquara, São Paulo, 139p. Disponível em: <https://www.fundecitrus.com.br/pdf/pes_relatorios/2020_06_25_Invent%C3%A1rio_e_Estimativa_do_Cinturao_Citricola_2020-20211.pdf>. Acesso em: 21 nov, 2021.

Fundecitrus 2020: Fundo de Defesa da Citricultura. **Levantamento da incidência das doenças dos citros: greening, CVC e cancro cítrico**. Araraquara, São Paulo, 67p. Disponível em: < <https://www.fundecitrus.com.br/levantamentos/greening>>. Acesso em: 21 nov, 2021.

Gaona-Ponce, M., Almaguer-Vargas, G., Barrientos-Priego, A., Rosa, M. A. M. B., 2021. Relationship of rootstock xylem anatomy with the initial growth of 'Tahiti' lime (*Citrus xlatifolia* Tanaka ex Q. Jiménez). **Revista Chapingo**. 24 (3) 359-370. <https://doi.org/10.5154/r.rchscfa.2017.12.071>.

García-Muñoz, M. C., Henao-Rojas, J. C., Moreno-Rodríguez, J. M., Botina-Azain, B. L., Romero-Barrera, Y., 2021. Effect of rootstock and environmental factors on fruit quality of Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) grown in tropical regions. **Journal of Food Composition and Analysis**. 103 104081. <https://doi.org/10.1016/j.jfca.2021.104081>.

Gayet, J. P., Bleinroth, E. W., Matallo, M., Garcia, E. C., Garcia, A. E., Ardito, E. F. G., Bordin, M. R. 1995. **Lima ácida 'tahiti' para exportação**: procedimentos de colheita e pós-colheita. Ministério da Agricultura, do Abastecimento e da Reforma Agrária; Secretaria de Desenvolvimento Rural; Programa de Apoio à Produção e Exportação de Frutas, Hortaliças, Flores e Plantas Ornamentais. Brasília: EMBRAPA-SPI, 36p. (Série Publicações Técnicas FRUPEX, 12).

Girardi, A. E., Pompeu Junior, J., Teófilo Sobrinho, J., Soares Filho, W. S., Passos, O. S., Cristofani-Yaly, M., Sempionato, O. R., Stuchi, E. S., Donadio, L. C., Mattos Junior, D., Bassanezi, R. B., Garcia, L. A. P., Ayres, A. J., 2021. **Guia de reconhecimento dos citros em campo: um guia prático para o reconhecimento em campo de variedades de laranjeira-doce e outras espécies de citros cultivadas no estado de São Paulo e Triângulo Mineiro**. Araraquara: Fundecitrus. 158p.

Gmitter, F. G. Jr., Castle, W. S., and Grosser, J. W., 2010. **Mandarin Tree Named 'LB8-9'**. U.S. Patent Application No. 12/313,081.

Grings, M. B., 2004. **Estudo do comportamento de fases dos óleos essenciais de limão Tahiti e Bergamota em CO₂ supercrítico**. Dissertação de Mestrado. Programa de Mestrado em Engenharia de Alimentos.

Hodgson, R.W. 1967. Horticultural varieties of Citrus. in: Reuther, W., Webber, H.J., Batchelor, L.D. (Eds.), **The citrus industry**. Riverside: University of California, Berkeley, pp.431–591.

Jimenez-Cuesta, M., 1983. **Teoria y practica de la desverdización de los cítricos**. Madrid: INIP. 22p.

Jiménez, R., García E. F. E., 2009. Estudio de siete patrones para el cultivar limero Persa SRA-58 (*Citrus latifolia* (L.) Tan.) en las condiciones de Cuba. **Revista CitriFrut**. 26 (2) 47-52.
http://www.actaf.co.cu/revistas/revista_citrifruta/Citrus%202009/RCA8_26_2_%202009%20bn.pdf.

Khankahdani, H. H., Rastegar, S., Golein, B., Golmohammadi, M., Jahromi A. A., 2019. Effect of rootstock on vegetative growth and mineral elements in scion of different Persian lime (*Citrus latifolia* Tanaka) genotypes. **Scientia Horticulturae**. 246 136-145. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.10.066>.

Kruskal, W. H., Wallis, W. A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. **Journal of the American Statistical Association**. 47 583–621.

Kummer, R., Fachini-Queiroz, F. C., Estevão-Silva, C. F., Grespan, R., Silva, E. L., Bersani-Amado, C. A., Cuman, R. K. N., 2013. Evaluation of anti-inflammatory activity of citrus latifolia tanaka essential oil and limonene in experimental mouse models. **Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine**. 859083. <https://doi.org/10.1155/2013/859083>.

Levene, H., 1960. Robust tests for equality of variance. In.: Olkin I (Ed.) **Contributions to Probability and Statistics**. Palo Alto, CA: Stanford University Press, p. 278-292.

Li, W., Hartung, J. S., Levy, L., 2006. Quantitative real-time PCR for detection and identification of *Candidatus Liberibacter* species associates with citrus huanglongbing. **Journal of Microbiological Methods**. 66 (1) 104-115. <https://doi.org/10.1016/j.mimet.2005.10.018>.

Li, J., Chen, J., 2017. Citrus Fruit-Cracking: Causes and Occurrence. **Horticultural Plant Journal**. 3 (6) 255-260. <https://doi.org/10.1016/j.hpj.2017.08.002>.

Lopes, S. A., 2021. Importância do HLB para a lima ácida Tahiti. **Revista Técnica do Limão Tahiti**. 36-41.

Lu, Q.; Huang, N.; Peng, Y.; Zhu, C.; Pan, S., 2019. Peel oils from three Citrus species: Volatile constituents, antioxidant activities and related contributions of individual components. **Journal of Food Science and Technology**. 56 4492–4502. doi: 10.1007/s13197-019-03937-w.

Lupe, F. A., 2007. **Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia**. Dissertação de Mestrado. Instituto de Química. Universidade de Campinas.

Machado, D. L. M., Siqueira, D. L., Salomão, L. C. C., Cecon, P. R., Silva, D. F. A., 2017. Evaluation of rootstocks for ‘Tahiti’ acid lime in Northern State of Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 39 (1) 1-12. doi: 10.1590/0100-29452017 790.

Mademba-Sy, François., Lemerre-Desprez, Z., Lebegin, S., 2012. Use of Flying Dragon trifoliolate orange as dwarfing rootstock for Citrus under tropical climatic conditions. **HortScience**. 47 (1) 11-17. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.47.1.11>.

Martínez-Alcántara B., Rodriguez-Gamir, J., Martínez-Cuenca, M. R., Iglesias, D. J., Primo-Millo, E., Forner-Giner, M. A., 2013. Relationship between hydraulic conductance and citrus dwarfing by the Flying Dragon rootstock (*Poncirus trifoliata* L. Raft var. *monstruosa*). **Trees**. 27 629-638. <https://doi.org/10.1007/s00468-012-0817-1>.

Martínez-Ballesta, M. C., Alcaraz-López, C., Muries, B., Mota-Cadenas, C., Carvajal, M., 2010. Physiological aspects of rootstock–scion interactions. **Scientia Horticulturae**. 127 (2) 112-118. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2010.08.002>.

Mattos Junior, D., De Negri, J. D., Figueiredo, J. O., Pompeu Junior, J., 2014. Citros: principais informações e recomendações de cultivo. In: Aguiar, A.T.E.; Gonçalves,

C.; Paterniani, M.E.A.G.Z.; Tucci, M.L.S; Castro, C.E.F. (Org.). **Boletim IAC**, n. 200. 7a.ed. Campinas/SP. : IAC. p.140-149.

Medina-Urrutia, V. M., Robles-González, M. M., Rocha-Peña, M. A., Virgen-Calleros, G., Reis-Hernández, J., Fernández-Rivera, E., 2014. Growth, yield and fruit quality of tahiti lime on eight standard rootstocks affected by soil depth. **Journal of Agricultural Science and Technology**. 4 793-803. <https://doi.org/10.17265/2161-6264/2014.10.006>.

Moore, G. A., 2001. Oranges and lemons: clues to the taxonomy of Citrus from molecular markers. **Trend Genet**. 17 536-540.

Moraes, L., A., C., Moreira, A., Pereira, J. C. R., 2011. Incompatibility of 'Cleopatra' mandarin rootstock for grafting citrus in Central Amazon, State of Amazonas, Brazil. **Revista Ciências Agrárias**. 51 (3) 299-306. doi: 10.4322/rca.2012.026.

Müller, G. W., Teófilo Sobrinho, J. e Domingues, E. T. 1996. Compatibilidade da laranjeira Pêra clone Bianchi, sobre doze porta-enxertos, após 23 anos de plantio. **Laranja**. 17, 1, 123-141.

Palma, C. E., Cruz, P. S., Cruz, D. T. C., Bugayongf, M. A. S., Castillo, A. L., 2019. Chemical composition and cytotoxicity of *Philippine calamansi* essential oil. **Industrial Crops and Products**. 128, 108–114. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.11.010>.

Parolin, L. G., Girardi, E. A., Stuchi, E. S., Costa, D. P., Jesus, C. A. S., Reiff, E. T., Sempionato, O. R., Dobre, R. P., Mingotte, F. L., Passos, O. S., Soares Filho, W. S., 2017. **Produção de mudas de citros em viveiro protegido, utilizando diferentes combinações de copa e porta-enxerto**. Cruz das Almas: Embrapa Mandioca e Fruticultura. 33p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 84).

Piña-Dumoulin, G. J., Laborem, E. G., Monteverde, E. E., Magaña-Lemus, S., Espinoza, M., Rangel, L. A., 2006. Crecimiento, producción y calidad de frutos em limeiros Persa sobre 11 portainjertos. **Agronomia Tropical**. 56 (3) 433-449.

Pompeu Júnior, J., Blumer, S., 2002. Comportamento de dezessete seleções de trifoliata como porta-enxerto para laranjeira Valencia. **Citros R&T**. 27 (2) 288-295.

Pompeu Junior, J., Blumer, S., Resende, M. D. V., 2013. Avaliação genética de seleções e híbridos de limões Cravo, Volkameriano e Rugoso como porta-enxertos para laranjeiras valência na presença da morte súbita dos citros. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 35 (1) 199-209.

Portella, C. R., Marinho, C. S., Amaral, B. D., Carvalho, W. S. G., Campos, G. S., Silva, M. P. S., Sousa, M. C., 2016. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliato 'Flying Dragon' e limoeiro 'Cravo' em fase de formação do pomar. **Bragantia**. 75 (1) 70-75. <https://doi.org/10.1590/1678-4499.267>.

Raddatz-Mota, D., Franco-Mora, O., Mendoza-Espinoza, J. A., Rodríguez-Verástegui, L. L., León Sánchez, F. D., Rivera-Cabrera, F., 2019. Effect of different rootstocks on Persian lime (*Citrus latifolia* T.) postharvest quality. **Scientia Horticulturae**. 257. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108716>.

Ramadugu, C., Keremane, M. L., Halbert, S. E., Duan, Y. P., Roose, M. L., Stover, E., Lee, R. F., 2016. Long-term field evaluation reveals Huanglongbing resistance in citrus relatives. **Plant Disease**. 100 (9) 1858-1869.

Reda, S. Y., Leal, E. S., Batista, E. A. C., Barana, A. C., Schnitzel, E., Carneiro, P. I. B., 2005. Caracterização dos óleos das sementes de limão rosa (*Citrus limonia* Osbeck) e limão siciliano (*Citrus limon*), em resíduo agroindustrial. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. 25 (4) 672-676. <https://doi.org/10.1590/S0101-20612005000400008>.

Redd, J. B.; Hendrix, C. M.; Jr. E Hendrix, D. L., 1987. **Quality Control Manual for Citrus Processing Plants**, v.1, Intercit, Inc., Safety Harbor, FL.

Reuss, L., Feng, S., Hung, W., Yu, Q., Gmitter Jr, F. G., Wang, Y., 2020. Analysis of flavor and other metabolites in lemon juice (*Citrus limon*) from Huanglongbing-affected trees grafted on different rootstocks. **Journal of Food and Drug Analysis**. 28, 67-78. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.1060>.

Rodrigues, M. J. S., Araújo Neto, S. E., Andrade Neto, R. C., Soares Filho, W. S., Girardi, E. A., Lessa, L. S., Almeida, U. O., Araújo, J. M., 2019. Agronomic performance of the Pera orange grafts onto nine rootstocks under the conditions of Rio Branco, Acre, Brasil. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. 14 (4) e6642. doi:10.5039/agraria.v14i4a6642.

Rolim, G. D. S., Camargo, M. B. P. D., Lania, D. G., Moraes, J. F. L. D., 2007. Classificação climática de Köppen e de Thornthwaite e sua aplicabilidade na

determinação de zonas agroclimáticas para o estado de São Paulo. **Bragantia**. 4 711-720.

Rouiss, H., Bakry, F., Froelicher, Y., Navarro, L., Aleza, P. Ollitrault, P., 2017. Origin of *C. latifolia* and *C. aurantiifolia* triploid limes: the preferential disomic inheritance of double-diploid 'Mexican' lime is consistent with an interploid hybridization hypothesis. **Annals of Botany**. 00 1-15. doi: 10.1093/aob/mcx179.

Ruiz-Pérez, N., González-Ávila, M., Sánchez-Navarrete, J., Toscano-Garibay, J. D., Moreno-Eutimio, M. A., Sandoval-Hernández, T., Arriaga-Alba, M., 2016. Antimycotic activity and genotoxic evaluation of *Citrus sinensis* and *Citrus latifolia* essential oils. **Scientific Reports**. 6 25371. <https://doi.org/10.1038/srep25371>.

Saeed, M., Dodd, P. B., Sohail, L., 2010. Anatomical studies of stems, roots and leaves of selected citrus rootstock varieties in relation to their vigour. **Journal of Horticulture and Forestry**. 2 (4) 87-94. <https://doi.org/10.5897/JHF.9000006>.

Salem, A., 2003. **Extraction and identification of essential oil componentes of the peel, leaf and flower of Tangerine "*Citrus nobilis* loureior var deliciosa swingle"** cultivated at the north of Iran. Master of Science Thesis. Islamic Azad University-Pharmaceutical sciences Branch.

Salibe, A. A., 2009. Clones nucelares de citros no Estado de São Paulo. **Laranja, Cordeirópolis**. 1 (2) 117-136.

Sariga, R., Manonmani, K., Akila, R., Vellaikumar, S., Ayyandurai, M., Theradimani, M., 2021. Huanglongbing disease induced changes in volatile profile of acid lime (*Citrus aurantifolia*. Swingle) trees. **The Pharma Innovation**. 10 (10) 1785-1790.

Sawamura, M., 2010. **Citrus Essential oils: flavor and fragrance**. John Wiley & Sons. ISBN: 978-0- 470-37218-0.

Schifferstein, H. N. J., Wehrle, T., Carbon, C-C., 2019. Consumer expectations for vegetables with typical and atypical colors: The case of carrots. **Food Quality and Preference**. 72 98-108. <https://doi.org/10.1016/j.foodqual.2018.10.002>.

Secex 2021: **Secretaria do Comércio Exterior. Ministério da Economia**. Disponível em: <<https://www.gov.br/produtividade-e-comercio-exterior/pt-br/assuntos/comercio-exterior>>. Acesso em: 21 nov, 2021.

Shapiro, S. S., Wilk, M. B., 1965. An analysis of variance test for normality (complete samples). **Biometrika**. 52 591-611.

Silva, S. R., 2007. **Caracterização fitossanitária e seleção de limeiras ácidas 'Tahiti' clone Quebra-galho candidatas a matrizes**. Tese de Doutorado. Universidade Estadual Paulista. Jaboticabal, SP.

Sinclair, W. B., 1984. **The biochemistry and physiology of the lemon**. California: University of Florida. Division of Agriculture and Natural Resources.

Spósito, M. B., Bassanezi, R. B., Amorim, L., 2004. Resistência à mancha preta dos citros avaliada por curvas de progresso da doença. **Fitopatologia Brasileira**. 29 (5) 532-537. <https://doi.org/10.1590/S0100-41582004000500010>.

Stenzel, N. M. C., Neves, C. S. V. J., 2004. Rootstocks for 'Tahiti' lime. **Scientia Agricola (Piracicaba, Braz.)**. 61 (2) 151-155. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162004000200005>.

Stoeva T., Iliev, L., 1997. Influence of some phenyl urea cytokinins on spearmint essential oil composition. **Bulgarian Journal Plant Physiology**. 23 (3-4) 66-71.

Stuchi, E. S., Donadio, L. C. e Sempionato, O. R., 2000. Avaliação de laranjeira 'Folha Murcha' sobre dez porta-enxertos em Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**. 22 446-453.

Stuchi, E. S., Donadio, L. C., Sempionato, O. R., 2002. Produtividade e tamanho das plantas do clone cnpmf-01, premunizado contra a tristeza dos citros, da limeira-ácida 'tahiti' em Bebedouro (SP). **Laranja**. 23 (1) 221-230.

Stuchi, E. S., Donadio, L. C., Sempionato, O. R., 2003. Performance of Tahiti lime on *Poncirus trifoliata* var. *monstrosa* Flying Dragon in four densities. **Fruits**. 58 13-17. <https://doi.org/10.1051/fruits:2002032>.

Stuchi, E. S., Silva, S. R., 2005. **Plantio Adensado da Limeira-ácida 'Tahiti'**. Cruz das Almas: Embrapa, 2p. (Citros em foco, nº 29).

Stuchi, E. S., Martins, A. B. G., Lemo, R. R., Cantuarias-Avilés, T., 2009. Fruit quality of 'Tahiti' lime (*Citrus latifolia* Tanak) grafted on twelve different rootstocks. **Revista**

Brasileira Fruticultura. 31 (2) 454-460. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452009000200020>.

Stuchi, E. S., Girardi, E. A., Sempionato, O. R., Reiff, E. T., Silva, S. R., Parolin, L. G., 2012. **Trifoliata ‘Flying Dragon’**: Porta-enxerto para plantios adensados e irrigados de laranjeiras doces de alta produtividade e sustentabilidade. Brasília: Embrapa 7p. (Comunicado Técnico, 152). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2657.9684>.

Taiz, L., Zeiger, R., 2004. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 719p.

Tan, Q. L. P., Kieu, X. N. T., Kim, N. H. T., Hong, X. N. T., 2012. Application of response surface methodology (RSM) in condition optimization for essential oil production from *Citrus latifolia*. Emir. **Journal of the Science of Food and Agriculture**. 24 (1) 25-30.

Thornthwaite, C.W., Mather, R.J., 1955. **The Water Balance**. Drexel Institute of Technology, New Jersey, p. 104.

USDA 2020: United States Department of Agriculture. **Citrus: World Markets and Trade**. Disponível em: <<https://downloads.usda.library.cornell.edu/usda-esmis/files/w66343603/gf06gq220/rx914c158/citrus.pdf>>. Acesso em: 25 nov, 2021.

Vékey, K., 2001. Mass spectrometry and mass-selective detection in q chromatography. **Journal of Chromatography A**. 921, 227–236. [https://doi.org/10.1016/s0021-9673\(01\)00825-1](https://doi.org/10.1016/s0021-9673(01)00825-1).

Viteri, D.M., Estévez de Jensen, C. & Hernández, E., 2021. Response of *Citrus spp.* germplasm from Puerto Rico grafted on two rootstocks to early infection of Huanglongbing. **European Journal Plant Pathology**. 160 589–597. <https://doi.org/10.1007/s10658-021-02267-y>.

APÊNDICES

Apêndice A

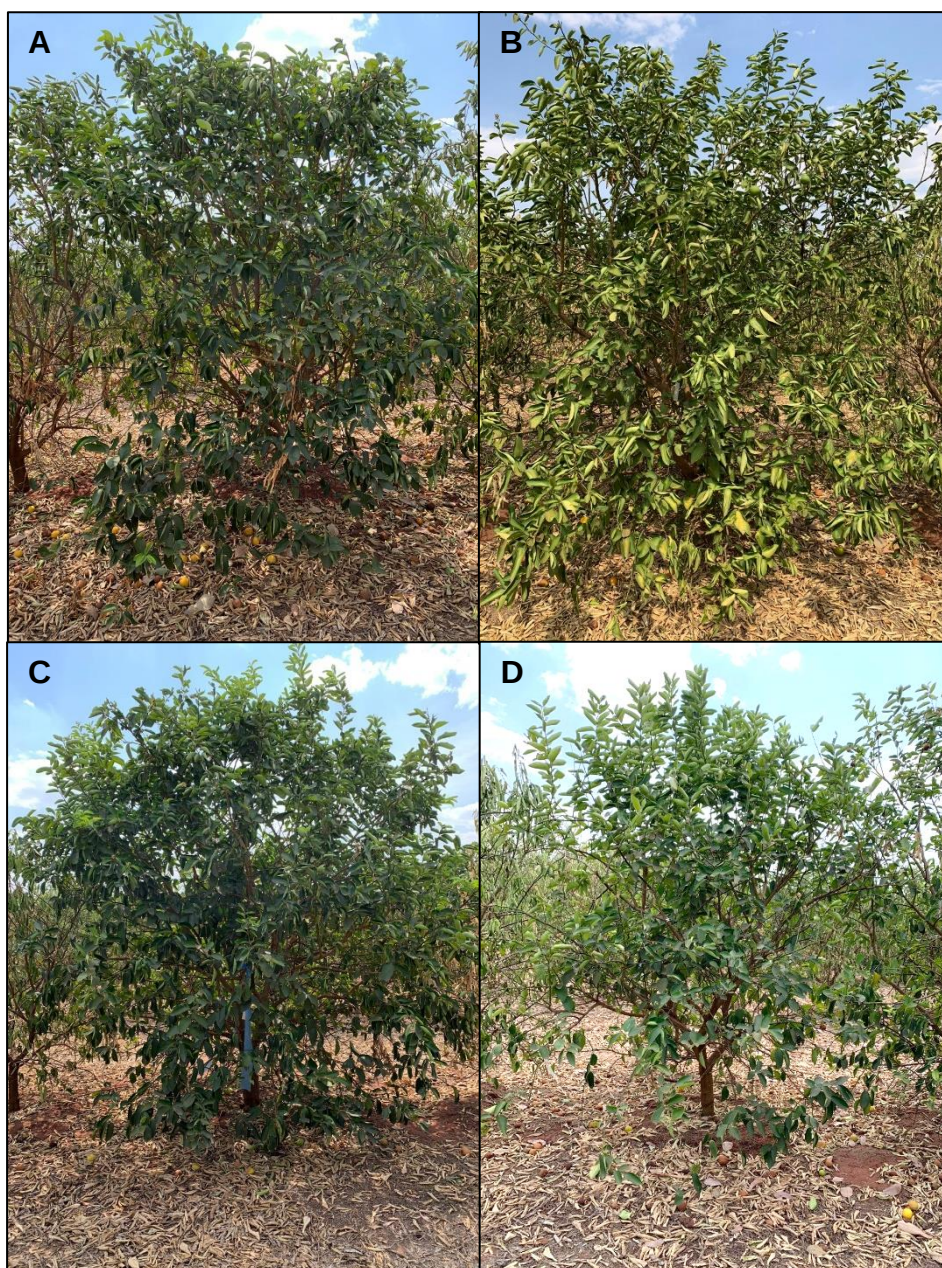


Figura 2. Porta-enxertos tolerantes ao déficit hídrico em 2020: (A) 'Cravo CNPMF-03', (B) 'Cravo BRS Santa Cruz', (C) 'Cravo Limeira' e (D) 'BRS Ary'.

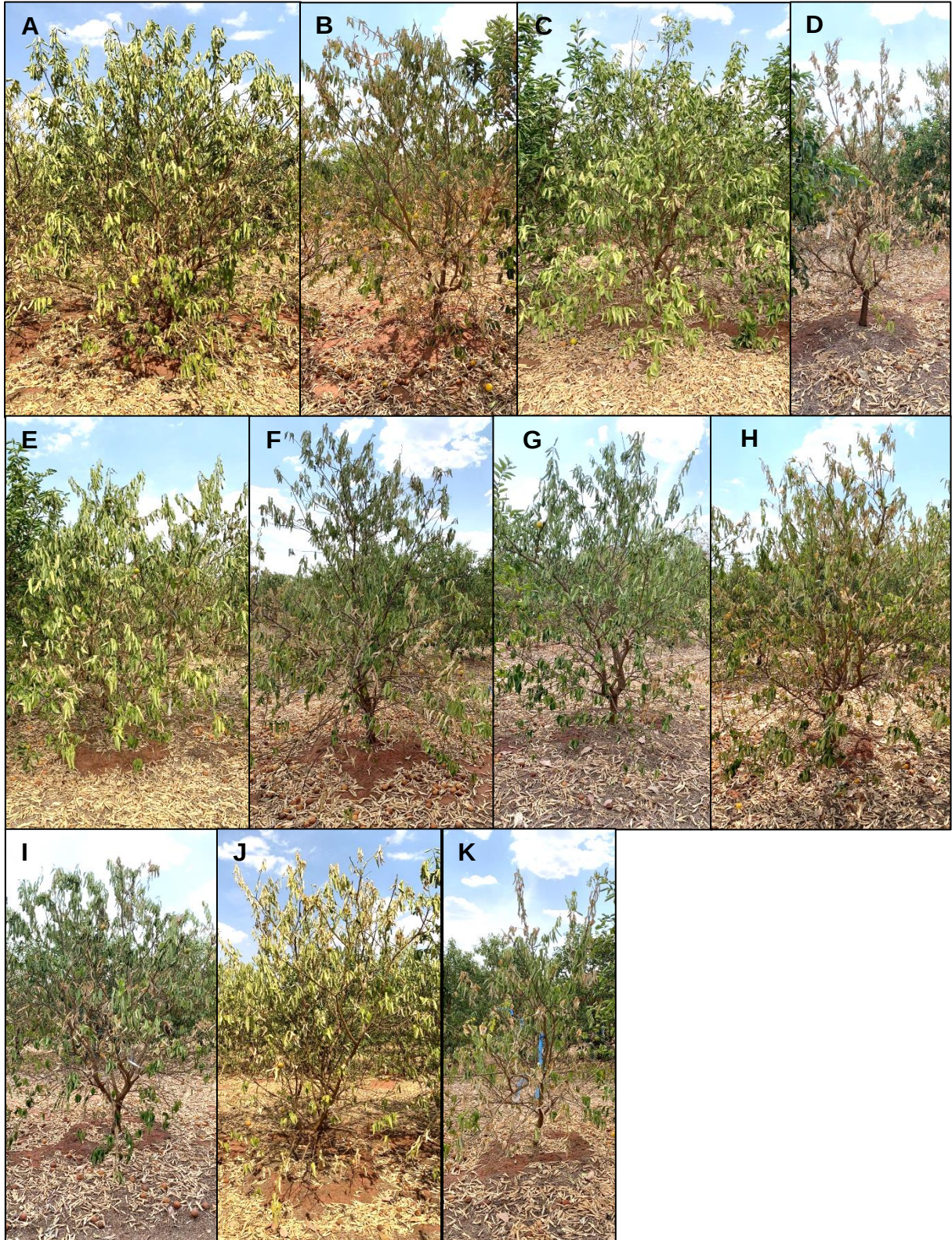
Apêndice B

Figura 3. Porta-enxertos intolerantes ao deficit hídrico em 2020: (A) 'Cleópatra', (B) 'Swingle 4475', (C) 'BRS N Gimenes Fernandes', (D) 'BRS Lindicove', (E) 'BRS Ríos Castaño', (F) 'BRS San Francisco', (G) 'TSKC × CTSW-025', (H) 'TSKC × CTSW-033', (I) 'BRS Cunha Sobrinho', (J) 'BRS Santana' e (K) 'Flying Dragon'.

Apêndice C



Figura 4. Presença de linha necrótica com resina entre limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme e 'BRS Cunha Sobrinho', em Bebedouro, SP.

Apêndice D

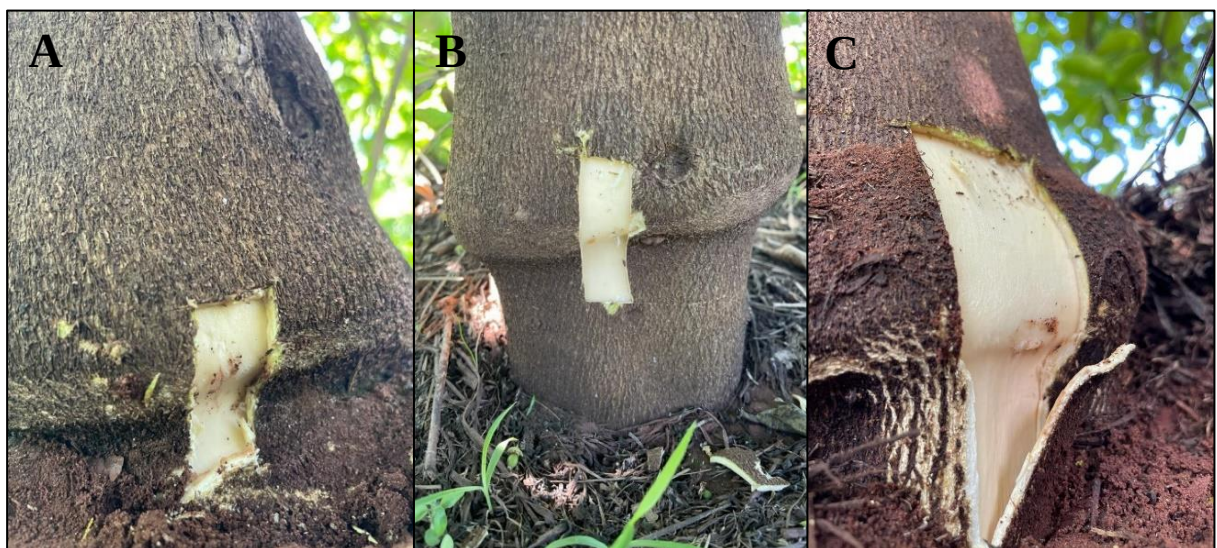


Figura 5. Desenvolvimento superior do tronco de limeira-ácida 'Tahiti' Ponta Firme em relação ao porta-enxerto: (A) 'Cleópatra'; (B) Sunki 'BRS Tropical'; (C) 'Sunki'.

Apêndice E



Figura 6. Morte da copa de limeira ácida 'Tahiti' Ponta Firme em 'BRS Lindcove'.