



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

**RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE LIMA ÁCIDA TAHITI
(*Citrus latifolia* Tanaka) ENXERTADA EM 16 VARIEDADES DE PORTA-
ENXERTOS**

Eng. Agr. GABRIELA DA COSTA

ARARAS

2021



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

**RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE LIMA ÁCIDA TAHITI
(*Citrus latifolia* Tanaka) ENXERTADA EM 16 VARIEDADES DE PORTA-
ENXERTOS**

Eng. Agr. GABRIELA DA COSTA

ORIENTADORA: Prof.(a.) Dr.(a.) MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY

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

ARARAS

2021

Costa, Gabriela da

Rendimento e composição de óleo essencial de lima ácida Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka) enxertada em 16 variedades de porta-enxertos / Gabriela da Costa -- 2021. 53f.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, campus Araras, Araras

Orientador (a): Mariângela Cristofani Yaly

Banca Examinadora: Mariângela Cristofani-Yaly, Evandro Henrique Schinor, Fernando Alves de Azevedo

Bibliografia

1. Citrandarins . 2. Rendimento de óleos essenciais. 3. Melhoramento Genético. I. Costa, Gabriela da. II. Título.

Ficha catalográfica desenvolvida pela Secretaria Geral de Informática (SIn)

DADOS FORNECIDOS PELO AUTOR

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



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS

Centro de Ciências Agrárias
Programa de Pós-Graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados

Folha de Aprovação

Defesa de Dissertação de Mestrado da candidata Gabriela da Costa, realizada em 26/08/2021.

Comissão Julgadora:

Profa. Dra. Mariângela Cristofani-Yaly (IAC)

Prof. Dr. Evandro Henrique Schinor (UFSCar)

Prof. Dr. Fernando Alves de Azevedo (IAC)

O presente trabalho foi realizado com apoio da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001.

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

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, que iluminou toda a minha trajetória desde a graduação até o mestrado.

Aos professores da Universidade Federal de São Carlos – Centro de Ciências Agrárias (UFSCar-CCA) que tive a oportunidade de ser aluna e, em especial, aos coordenadores do curso de Pós-graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados (PPGPVBA), Dra. Sandra Regina Ceccato Antonini e Dr. Jean Carlos Cardoso, por todo suporte e empatia com seus discentes neste momento de pandemia.

Ao Dr. Stanislau Bogusz Junior e ao Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da Universidade de São Paulo (USP) pelo auxílio com as extrações e as análises dos óleos essenciais, bem como por ceder os instrumentos para a hidrodestilação.

À Dra. Mariângela Cristofani-Yaly, por ser minha orientadora e por toda paciência, humildade e ensinamentos, que foram tão importantes na minha vida acadêmica e pessoal.

Ao Centro de Citricultura “Sylvio Moreira” – Instituto Agrônomo (CCSM-IAC), por permitir e possibilitar o desenvolvimento deste trabalho, cedendo espaço e materiais. Aos funcionários, pesquisadores e estagiários, por todo auxílio.

Aos meus amigos e companheiros de sala, em especial a Amanda, Caio e Gabrielle, pelas alegrias, tristezas e dores compartilhadas, iluminando de maneira especial os anos de pós-graduação.

Ao programa de pós-graduação em Produção Vegetal e Bioprocessos Associados – UFSCar, Araras, SP, pelos ensinamentos, pelas amizades e oportunidades inesquecíveis.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código de Financiamento 001 - pelo apoio ao presente trabalho.

Aos meus pais e irmã, Eliana, Airton e Ingrid, que são minha base e me ajudaram em toda minha trajetória acadêmica, dando suporte e incentivo. Obrigada por me ensinarem que a educação e o conhecimento é o bem mais precioso do ser humano.

“O sucesso é a soma de pequenos esforços repetidos dia após dia”.

Robert Collier

SUMÁRIO

	Página
ÍNDICE DE TABELAS.....	i
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ii
RESUMO	iii
ABSTRACT	iv
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. OBJETIVOS.....	4
2.1. Objetivo geral	4
2.2. Objetivos específicos.....	4
3. REVISÃO DA LITERATURA	5
3.1. Lima ácida Tahiti	5
3.2. Porta-enxertos.....	6
3.3. Óleos essenciais	7
3.4. Atividade biológica dos óleos essenciais	8
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
4.1. Material vegetal	10
4.2. Desenvolvimento vegetativo.....	10
4.3. Produtividade	11
4.4. Extração do óleo essencial de lima ácida Tahiti	11
4.5. Cálculo de rendimento do óleo essencial	13
4.6. Análise do óleo essencial de lima ácida Tahiti por GC-FID e GC-MS.....	14
4.7. Análises estatísticas	15
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	16
5.1. Desenvolvimento vegetativo de lima ácida Tahiti IAC-5	16
5.2. Produtividade	18
5.3. Rendimento de óleo essencial.....	20
5.4. Composição do óleo essencial	23
6. CONCLUSÕES.....	34
7. LITERATURA CITADA.....	35

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1. Volume, altura e diâmetro de copa de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 porta-enxertos. Pindorama – SP, 2019.	17
Tabela 2. Produtividade real e ajustada da safra (2018) e entressafra (2017) de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Ajustado segundo a equação de De Negri, Stuchi, Blasco (2005). Pindorama – SP. (Adaptada de Bettini et al., 2019).	20
Tabela 3. Rendimento de óleo essencial de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.....	21
Tabela 4. Rendimento de óleo essencial (O.E.) de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.....	23
Tabela 5. Composição química e porcentagem relativa dos componentes dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.....	24

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Preparo das amostras de casca de lima ácida Tahiti para hidrodestilação do óleo essencial.....	12
Figura 2. Hidrodestilação do óleo essencial de lima ácida Tahiti. A – Aparelho de Clevenger modificado. B – óleo essencial de lima ácida Tahiti após destilação.	13
Figura 3. Produtividade por planta da safra (2018) e entressafra (2017) de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Pindorama – SP. (Adaptada de Bettini et al., 2019).....	18
Figura 4. Porcentagem relativa média dos 56 componentes encontrados nos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.....	28
Figura 5. Biplot PC1xPC2 da análise de componentes principais dos 56 componentes dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.....	29
Figura 6. Biplot PC1xPC2 da análise dos álcoois dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 91,47% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 7,21% das variáveis dos dados, acumulando um total de 98,68% da variância dos dados.	31
Figura 7. Biplot PC1xPC2 da análise dos aldeídos dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 75,73% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 2,27% das variáveis dos dados, acumulando um total de 78% da variância dos dados.	31
Figura 8. Biplot PC1xPC2 da análise dos ésteres dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 87,41% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 1,15% das variáveis dos dados, acumulando um total de 88,56% da variância dos dados.	32
Figura 9. Biplot PC1xPC2 da análise dos monoterpenos dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 82,19% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 1,16% das variáveis dos dados, acumulando um total de 83,35% da variância dos dados.	32
Figura 10. Biplot PC1xPC2 da análise dos sesquiterpenos dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 70,06% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 1,81% das variáveis dos dados, acumulando um total de 71,87% da variância dos dados.	33

RENDIMENTO E COMPOSIÇÃO DE ÓLEO ESSENCIAL DE LIMA ÁCIDA TAHITI (*Citrus latifolia* Tanaka) ENXERTADA EM 16 VARIEDADES DE PORTA-ENXERTOS

Autora: GABRIELA DA COSTA

Orientadora: Profa. Dra. MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY

RESUMO

Sabe-se que a copa da planta é a responsável pela produção e características dos frutos, porém o porta-enxerto pode influenciar, visto que as características agrônômicas são resultantes da interação entre ambos. Os óleos essenciais são produtos de alto valor agregado, devido as suas características e moléculas bioativas. Eles são utilizados em vários setores industriais. Há interesse em ampliar estudos nessa área. Portanto, com presente estudo objetivou-se determinar a influência de variedades de porta-enxertos sobre o rendimento e a composição do óleo essencial de lima ácida Tahiti. A produtividade foi avaliada em duas colheitas (2017/2018) e o desenvolvimento vegetativo foi avaliado em 2019. Para a extração do óleo essencial foi utilizado o método de hidrodestilação e para quantificação e identificação dos componentes foi utilizada a análise com GC-MS e GC-FID. Como resultados, as variedades de porta-enxertos que induziram maior volume na copa de lima ácida Tahiti IAC-5 foram os citrandarins H150, limão Cravo, H121, H70, H145, H173 e o H10. Nas análises dos óleos essenciais, os rendimentos por 100g de casca variaram de 0,77 a 1,67%. Com relação ao rendimento por hectare, o citrandarin H10 induziu maior quantidade de óleo por hectare em ambas as colheitas. Foram encontrados 56 compostos, dos quais 48 apresentaram diferenças significativas de porcentagem relativa. Os componentes majoritários foram monoterpenos e monoterpenoides, tais como limoneno (30%), γ -terpineno (11%), geranial (8,4%), β -pineno (6,5%) e neral (6,4%). Foi demonstrada a influência do porta-enxerto na composição e rendimento dos óleos essenciais.

YIELD AND COMPOSITION OF ESSENTIAL OIL OF TAHITI ACID LIME (*Citrus latifolia* Tanaka) GRAFTED ON 16 ROOTSTOCK VARIETIES

Author: GABRIELA DA COSTA

Adviser: Dra. MARIÂNGELA CRISTOFANI-YALY

ABSTRACT

It's known that the canopy of the tree is responsible for the production and characteristics of the fruits, however the rootstock can have an influence, since the agronomic characteristics are the result of the interaction between both. Essential oils are products with high added value, due to their characteristics and bioactive molecules. They're used in various industrial sectors. There is interest in expanding studies in this area. Therefore, the aim of this study was to determine the influence of rootstock varieties on yield and composition of the essential oil of Tahiti acid lime. Yield was evaluated in the two harvests (2017/2018) and vegetative development was evaluated in 2019. The hydrodistillation method was used for extraction of the essential oil and for quantification and identification of the components, analysis with GC-MS and GC-FID was used. As main results, the rootstock varieties that induced the greatest volume in the canopy of Tahiti IAC-5 acid lime were citrandarins H150, Rangpur lime, H121, H70, H145, H173 and H10. In the analysis of essential oils, yields per 100g of Tahiti acid lime peel ranged from 0.77 to 1.67%. Regarding the yield per hectare, citrandarin H10 induced a greater amount of oil per hectare in both crops. A total of 56 compounds were found, of which 48 showed significant differences in relative percentage. The major components were monoterpenes and monoterpenoids, such as limonene (30%), γ -terpinene (11%), geranial (8.4%), β -pinene (6.5%) and neral (6.4%). Demonstrating influence of the rootstock on the composition and yield of essential oils.

1. INTRODUÇÃO

Os citros representam um dos gêneros mais estudados e conhecidos, pertencentes a família Rutaceae. São compostos principalmente por laranjas, tangerinas, limões, limas, pomelos e toranjas. São originados do continente asiático e foram introduzidos em outras regiões pela comercialização. A cultura expandiu-se gradualmente para outras regiões, como a Europa e o Brasil, no qual foi introduzida em 1530, pelas primeiras expedições colonizadoras, tornando-se, assim, uma das culturas mais produzidas no mundo (NEVES; JANK, 2006). No Brasil, as plantas encontraram melhores condições para seu desenvolvimento vegetativo e produção quando comparado com outros países, expandindo-se rapidamente por todo território. Desde então, o setor citrícola tornou-se cada vez mais importante para o país, além de mais competitivo e com potencial para o agronegócio (LOPES et al., 2011; ASATO, 2018).

A citricultura é considerada um setor importante para países de climas tropicais e subtropicais, como China, Brasil e Estados Unidos, sendo atualmente os primeiros países produtores de citros no mundo (SDIRI et al., 2020). Segundo o IBGE (2019), o Brasil detém uma área plantada de citros de aproximadamente 700 mil hectares, uma produção anual de 19,7 milhões de toneladas e emprega cerca de 230 mil funcionários no setor.

As plantas de citros em campo são compostas por duas partes, uma variedade copa, responsável pela produção e uma variedade de porta-enxerto, responsável pelo sistema radicular da planta, com funções de sustentação e absorção de água e nutrientes. O porta-enxerto pode afetar mais de 20 características da variedade copa, desde o desenvolvimento vegetativo, qualidade e composição dos frutos, produtividade e resistência a fatores bióticos e abióticos. Por isso a escolha do porta-enxerto a ser utilizado é importante, principalmente em culturas com caráter perene como na citricultura (DAVIES; ALBRIGO, 1994; SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, 2001).

Apesar da importância econômica dos citros para o Brasil e da grande diversidade e variedade de espécies de citros, a produção comercial de porta-enxertos é restrita a um pequeno número de variedades. Segundo Conceição et al. (2019), citando dados não publicados da Coordenadoria de Defesa Agropecuária do Estado de São Paulo - CDA, o limão Cravo (*Citrus limonia* Osbeck) e citrumelo Swingle [*C. paradisi* Macfad. cv. Duncan x *Poncirus trifoliata* (L.) Raf.] representaram, respectivamente, 34,3% e 45% dos porta-enxertos utilizados para a produção de mudas de citros no Estado de São Paulo em 2017.

Por mais desenvolvido que seja o setor citrícola, ainda há gargalos como a diversificação de variedades no campo, tanto relacionada a copa quanto ao porta-enxerto. A falta de diversificação torna a cultura vulnerável a doenças, como ocorrem com os porta-enxertos limão Cravo e Volkameriano (*C. volkameriana* Pasquale) com a morte súbita do citros (MSC), bem como limita a competitividade do setor (BASTOS et al., 2014; SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, 2001). O melhoramento genético é uma das ferramentas para atender a demanda de novas variedades de porta-enxertos. Como exemplos, têm-se os híbridos do cruzamento das tangerinas Sunki ou Cleópatra com *P. trifoliata*, chamados de citrandarins. Os citrandarins reúnem as vantagens dos seus parentais, como a resistência à tristeza dos citros, gomose de *Phytophthora*, resistência a baixas temperaturas e solos alcalinos, além de induzir copa com volume menor, o que facilita o manejo do pomar (SIMONETTI et al., 2015).

Dentro da cadeia citrícola, encontram-se diversos subprodutos, tais como a polpa pasteurizada e congelada, sucos secundários (*pulpwash*), membranas da parte central do fruto (*corewash*), óleos essenciais, essências aromáticas, polpa cítrica peletizada, óleos residuais e melaço (DARROS-BARBOSA; CURTOLO, 2005). Estima-se que a quantidade de resíduos da industrialização dos citros equivale a 50%

do peso da fruta. Alguns subprodutos são utilizados nas indústrias alimentícias, cosméticas, químicas e farmacêuticas, principalmente os óleos essenciais e seus componentes. Os óleos essenciais possuem propriedades antioxidante e antimicrobiana que podem ser estudadas e empregadas na agricultura, diminuindo o uso de produtos sintéticos, bem como desenvolvendo técnicas alternativas para o controle de fitopatógenos, o que poderia diminuir os custos de produção e os impactos ambientais (PAULETTI; SILVESTRE, 2018).

A exploração do óleo essencial na cadeia citrícola agregaria economicamente, principalmente com variedades como a lima ácida Tahiti. O preço médio do quilograma de óleo essencial de lima ácida Tahiti no Brasil é de US\$ 33,00, quase o triplo quando comparado ao valor do óleo essencial de laranja doce, US\$12,50. Segundo estudo de Barbosa et al. (2017), a implementação de uma linha de extração de óleos essenciais a partir de frutas cítricas em uma indústria já existente é viável. A viabilidade do projeto é válida mesmo com a redução dos preços de comercialização do quilograma do óleo essencial em 37,5%.

Explorar os óleos essenciais aumentaria o lucro no primeiro semestre de colheita da lima ácida Tahiti, visto que é o semestre com o menor preço médio pago ao produtor (ULTRA INTERNATIONAL B.V, 2018). O produtor poderia planejar e calcular a viabilidade econômica em seu pomar, potencializando o mercado nacional e internacional destes óleos.

Diante do assunto abordado, entende-se que o óleo essencial tem grande potencial econômico. O presente trabalho contribui para um avanço nos estudos de óleos essenciais de lima ácida Tahiti, apresentando novas possibilidades para aumento de rendimento no campo.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar a influência de variedades de porta-enxertos sobre o rendimento e a composição do óleo essencial produzido pela lima ácida Tahiti.

2.2. Objetivos específicos

Extrair os óleos essenciais da casca de lima ácida Tahiti IAC-5 utilizando o método de hidrodestilação, para estimar o rendimento em litros por hectare.

Determinar se há influência das variedades de porta-enxertos no rendimento e composição do óleo essencial.

Quantificar e identificar os componentes dos óleos essenciais por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas e por cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização em chama para verificar diferenças nas composições químicas dos óleos essenciais em função do tipo de porta-enxerto.

3. REVISÃO DA LITERATURA

3.1. Lima ácida Tahiti

Mesmo o Brasil sendo o maior produtor e exportador mundial de suco de laranja, pode-se destacar outros grupos, como o das limas e limões, que classificam o Brasil como quinto maior produtor mundial, com 1,5 milhões de toneladas (FAOSTAT, 2019). Dentro deste grupo encontram-se diversas variedades, porém a lima ácida Tahiti é a que mais se destaca em produção. Os dois principais clones de lima ácida Tahiti cultivados no Brasil são o IAC-5, que é livre de viróides, também conhecida como Peruano e o Quebra-Galho (STUCHI et al., 2021).

Segundo IBGE (2019) o Brasil possui uma área cultivada de 48.000 ha de lima ácida Tahiti e a região que detém a maior produção de limas e limões é a Sudeste, com São Paulo sendo o estado de maior representatividade desta variedade, com 26.000 ha de área cultivada, além de ser o principal estado exportador. Vale ressaltar que outros estados vêm crescendo em participação, como o caso da Bahia, que em 2006 produziu 41.132 toneladas e em 2016, 148.992 toneladas, com crescimento de 262% na sua produção (IBGE, 2017).

A produção de lima ácida Tahiti tem se destacado pelo interesse na ampliação dos plantios comerciais, o que contribui para que o Brasil ocupe o quinto lugar em

relação à produção de limas e limões (FAOSTAT, 2019). Este interesse está relacionado com o bom comportamento da variedade frente às principais doenças e pragas que causam grandes prejuízos para os produtores de laranja doce (FIGUEIREDO et al., 2002), bem como pela diversidade de seu uso, como fruta fresca, condimento para alimentos ou preparo de refrescos, tanto no mercado nacional como no internacional. Vale ressaltar seu valor industrial para produção de suco concentrado congelado e de óleo essencial extraído da casca dos frutos, muito utilizado nas indústrias químicas, farmacêuticas, alimentícias e de perfumaria (DE NEGRI; MATTOS JUNIOR, 2004).

Com relação às características da lima ácida Tahiti, a planta apresenta porte médio a grande, podendo chegar a quatro metros de altura, com copa densa, folhas verdes e lanceoladas. Os frutos são grandes, arredondados, coloração verde e praticamente desprovidos de semente. A lima ácida Tahiti é triploide ($3n = 27$), o que explica a ausência de sementes em seus frutos (DE NEGRI; MATTOS JUNIOR, 2004).

As plantas dessa variedade apresentam característica marcante quanto ao florescimento, visto que apresentam duas safras bem definidas. No primeiro semestre, a produção de frutos representa 70% da produção anual, quando os preços caem e os frutos são utilizados para exportação *in natura* e processamento industrial, em forma de suco congelado. No segundo semestre, a produção de frutos representa 30% do total produzido, época na qual os preços estão altos e vantajosos, podendo alcançar mais de cinco vezes o valor do primeiro semestre (DE NEGRI; MATTOS JUNIOR, 2004).

3.2. Porta-enxertos

Sabe-se que a combinação de copa e porta-enxerto é a responsável pela produção e características dos frutos para atender as exigências do mercado consumidor, com isso a escolha do porta-enxerto é de extrema importância para produção de um pomar. O porta-enxerto tem influência sobre a copa, demonstrando o quão importante é a sua escolha, visto que as características agrônômicas são resultantes da interação entre ambos. A influência pode ser quanto ao vigor, produtividade, precocidade, composição orgânica e inorgânica de frutos e folhas, tolerância à salinidade e resistência à seca, geada, doenças e pragas, entre outras características (SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, 2001).

O limão Cravo é o porta-enxerto que predomina nos plantios da lima ácida Tahiti, mas este é suscetível à gomose de *Phytophthora*, de modo que estudos sobre novas combinações copa e porta-enxerto são necessários (FIGUEIREDO et al., 2002).

Há estudos acerca de quais porta-enxertos são mais adequados para cada região e copa, mas necessita-se de estudos para avaliar a influência do porta-enxerto sobre os frutos e seus compostos orgânicos, posto que se pode obter diferentes composições e concentrações. Este fato gera a hipótese de que o porta-enxerto pode causar alterações na quantidade produzida e composição dos óleos essenciais extraídos da casca de lima ácida Tahiti.

Um porta-enxerto que agregue qualidade e/ou quantidade nos óleos essenciais seria de grande interesse. Os óleos essenciais são utilizados como matéria-prima e insumo em vários setores industriais, tais como os setores farmacêuticos, cosméticos, perfumarias e limpeza (WOLFFENBUTEL, 2007).

3.3. Óleos essenciais

Os óleos essenciais são produtos voláteis de origem vegetal obtidos por processos físicos, como destilação por arraste com vapor de água ou outro método adequado, como a prensagem a frio. Segundo a Resolução – RDC nº 2, de 15 de janeiro de 2007, são misturas complexas geralmente odoríferas e líquidas (SILVA, 2011).

Movimentando cerca de US\$ 15 bilhões no ano de 2013, os óleos essenciais possuem importância no mercado internacional. O Brasil é destaque no mercado, ao lado da Índia, China e Indonésia e cerca de 90% dessas exportações, são de óleos de cítricos, principalmente os óleos essenciais de laranja. O Brasil é o terceiro maior exportador de óleos essenciais do mundo, exportando 26,6 mil toneladas (FERRAZ et al., 2009; SOUZA et al., 2010; BIZZO, 2013).

São produtos de alto valor agregado, devido as suas características e moléculas bioativas. Os óleos essenciais são utilizados como matéria-prima e insumo em vários setores industriais, tais como os setores farmacêuticos, cosméticos, perfumarias e limpeza (WOLFFENBUTEL, 2007).

Óleos essenciais de citros possuem mais de 200 substâncias e, de acordo com Mehl et al. (2014), os compostos majoritários (85 a 99% do óleo) são terpenos (monoterpenos e sesquiterpenos), derivados oxigenados, ésteres, álcoois, aldeídos,

que são a fração volátil do óleo. Os compostos minoritários são os denominados fração não volátil, como as cumarinas, ceras, ácidos flavonoides e carotenoides, que representam de 1 a 10% da massa total do óleo (MASSON et al., 2016; RUSSO et al., 2015). O limoneno é o componente mais abundante dos óleos essenciais dos citros, representando de 30% a 97%, dependendo da espécie. Outros componentes fazem parte da composição do perfil químico como α e β -pineno, com aproximadamente 0,3% até 15%, γ -terpineno, com 10%, mirceno com 3% e outros (SIMAS et al., 2015).

São chamados de “óleo” pela sua característica físico-química, de líquido com aparência oleosa à temperatura ambiente, normalmente incolores e amarelados quando recém obtidos. Sua densidade é inferior à da água, possuem odor característico e são solúveis em álcool, solventes orgânicos e pouco solúveis em água. Os óleos essenciais estão presentes em diversos órgãos das plantas, como flores, folhas, cascas, tronco, galhos, raízes, frutos ou sementes. A principal função do óleo essencial é adaptar a planta ao meio ambiente no qual está inserida, relacionando-se com o metabolismo secundário dela, por isso podem apresentar variações em sua composição de acordo com o lugar em que foi acumulado, local da planta, idade, espécie, entre outras características (AZAMBUJA, 2012; BUSATTA, 2006; SERAFINI et al., 2002).

3.4. Atividade biológica dos óleos essenciais

Desde a antiguidade os óleos essenciais são conhecidos por possuírem atividades biológicas, com propriedades antibacteriana, antifúngica e antioxidante. Há diversos estudos que comprovam a eficácia do uso de óleos essenciais extraídos de diferentes materiais vegetais para controle de doenças e pragas, visto que os métodos utilizados hoje em dia, podem acarretar efeitos residuais, fitotoxicidade, bem como, possuem restrição de acordo com espectro de ação e resistência pelo patógeno (BASTOS; ALBUQUERQUE, 2004).

Os óleos essenciais possuem potencial no controle de fitopatógenos, visto que apresentam ação fungitóxica e causam alterações fisiológicas que auxiliam as plantas, como indução de enzimas relacionadas à patogênese, fitoalexinas e lignificação da folha (TAKESHITA et al., 2014). Pode-se citar alguns estudos com uso de óleos essenciais que demonstraram eficácia no controle de fitopatógenos, como o trabalho de Souza; Serra; Melo (2012), que avaliaram diferentes óleos essenciais para

inibir o desenvolvimento do fungo causador da Antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) em pimenta; Andrade et al. (2013) estudando o efeito repelente de óleos essenciais sobre pragas do algodoeiro; Mattos (2010), avaliando o uso de óleos essenciais no controle do bolor em laranja (*Penicillium digitatum*) e de mancha preta (*Guinardia citricarpa*).

Por ser constituído de diversos componentes, os óleos essenciais afetam múltiplos alvos em uma célula. A membrana citoplasmática é o principal alvo da atividade biológica destes. Em células de eucariontes, como as dos fungos, os óleos possuem efeito citotóxico, permeabilizando membranas mitocondriais, causando morte por necrose e morte celular programada, conhecida como apoptose, esse efeito, deve-se principalmente por constituintes fenólicos, álcoois e aldeídos (CARSON; HAMMER, 2010; BAKKALI et al., 2008; ARMSTRONG, 2006).

Além de demonstrarem as propriedades citadas anteriormente, a utilização dos óleos essenciais apresenta características importantes, como o fato de se aproveitar resíduos da produção vegetal, assim como o baixo risco para o desenvolvimento de mecanismos de resistência em microrganismos patogênicos por serem substâncias naturais (DAFERERA; ZIOGAS; POLISSIOU, 2003; MORAIS; GONÇALVES; BETTIOL, 2009).

Tem expandido o interesse em produtos antimicrobianos e antifúngicos naturais nos últimos anos, devido à busca de metodologias mais sustentáveis para agricultura, e pela exigência do mercado consumidor, que mudou seu perfil e está à procura de alimentos sem aditivos sintéticos, sem riscos de resíduos ou poluição do meio ambiente e corpos d'água, produtos *clean labels*. Por isso, há interesse em estudos que ampliem a exploração dos óleos essenciais.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Material vegetal

A variedade copa utilizada foi a lima ácida Tahiti clone IAC – 5 [*C. latifolia* (Yu.Tanaka) Tanaka]. O pomar está estabelecido no Pólo Regional Centro Norte da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios (APTA), desde março de 2013, no município de Pindorama, Estado de São Paulo.

A área foi implantada seguindo o delineamento de blocos casualizados (DBC), com três repetições e uma planta por parcela, com espaçamento de 7,0 x 4,0 m. Foram avaliados como porta-enxertos para a lima ácida Tahiti, 13 citrandarins (*C. sunki* x *P. trifoliata*), limão Cravo (*C. limonia*), trifoliata Flying Dragon (*P. trifoliata* (L.) Raf. var. monstrosa) e tangerina Sunki (*C. sunki* Hort. Ex Tan.).

4.2. Desenvolvimento vegetativo

O desenvolvimento vegetativo, representado pelo volume de copa, expresso em metros cúbicos, foi mensurado no ano de 2019. Com auxílio de uma régua graduada, mensurou-se a altura (A) e o diâmetro (D) da planta, para, assim, calcular-se o volume da copa (V) pela equação 1.

$$V = 2/3 \times \pi \times (D/2)^2 \times A \quad (\text{Equação 1})$$

4.3. Produtividade

A produtividade foi mensurada através da colheita manual, da safra no ano de 2018 e a entressafra no ano de 2017. A produção de cada planta foi pesada individualmente em sacolas específicas para colheita com capacidade de 27 kg e a massa total de frutos por planta foi determinada com dinamômetro digital. Os valores de produtividade foram expressos em kg de fruto.planta⁻¹ e analisados em produção média.

A produção ajustada foi estimada e obtida através da densidade de plantio ajustada (DPA), como proposto por De Negri, Stuchi, Blasco (2005) (Equação 2). Na qual Dp representa o diâmetro da copa em metros.

$$DPA = 10.000 / [(Dp \times 0,75) \times (Dp + 2,5)] \quad (\text{Equação 2})$$

Os valores de produtividade foram cedidos e adaptados de Bettini et al. (2019), na qual utilizaram-se o mesmo campo experimental e materiais deste estudo em 2017 e 2018.

4.4. Extração do óleo essencial de lima ácida Tahiti

Coletaram-se amostras contendo 40 frutos da lima ácida Tahiti IAC-5 em julho de 2019, com no mínimo 30 mm de diâmetro. A extração do óleo essencial foi realizada no laboratório de Melhoramento e Qualidade de Frutos (LMQF) do Centro de Citricultura “Sylvio Moreira” do Instituto Agrônômico (IAC), localizado no município de Cordeirópolis em São Paulo.

Para o preparo das amostras, os frutos foram previamente selecionados, escolhendo frutos de coloração verde-escuro, evitando lesões de fitopatógenos ou manchas fisiológicas, como a “barriga-branca”, que pudessem influenciar as características do óleo nas análises posteriores. Os frutos foram higienizados utilizando água corrente e posteriormente pesados com e sem a casca para auxiliar no cálculo do rendimento. As cascas foram picotadas em pedaços de aproximadamente 5 mm (Figura 1) e foram armazenadas em ultra freezer vertical com temperatura de -80 °C até o dia de utilização.



Figura 1. Preparo das amostras de casca de lima ácida Tahiti para hidrodestilação do óleo essencial.

O método utilizado para extração foi a hidrodestilação, para isso, colocaram-se 300 gramas da casca picotada em um balão volumétrico de dois litros, completando metade do volume com água milli-Q. O balão foi colocado no aparelho de Clevenger modificado (Figura 2A) e manteve-se a água milli-Q em ebulição por meio de aquecedor externo. A hidrodestilação ocorreu durante quatro horas e a contagem do tempo iniciou-se a partir da condensação da primeira gota (Figura 2B). O equipamento e vidrarias eram previamente lavadas com detergente Extran à 5% entre as destilações para garantir que não houvesse resíduos de amostras anteriores. O óleo extraído foi seco em sulfato de sódio anidro, quantificado e mantido sob atmosfera de nitrogênio e refrigeração de $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ até a realização das análises de composição.



Figura 2. Hidrodestilação do óleo essencial de lima ácida Tahiti. A – Aparelho de Clevenger modificado. B – óleo essencial de lima ácida Tahiti após destilação.

4.5. Cálculo de rendimento do óleo essencial

Para obtenção do rendimento (R) do óleo essencial em mililitros a cada 100g de casca de fruto, utilizou-se a equação 3. Na qual a quantidade de óleo essencial refere-se à quantidade obtida após as quatro horas de extração e a quantidade de casca, refere-se à quantidade utilizada para extrair, no caso deste estudo, utilizaram-se 300 gramas de casca de lima ácida Tahiti.

$$R = \frac{\text{Quantidade de óleo extraído (mL)}}{\text{Quantidade de casca (mg)}} \times 100 \quad (\text{Equação 3})$$

O rendimento do óleo essencial por hectare foi obtido considerando-se a quantidade de casca por fruto, produtividade de cada planta e rendimento do óleo essencial (mL.100 gramas de casca⁻¹). O cálculo de porcentagem de casca por frutos foi obtido através da equação 4, na qual considerou-se o peso do fruto antes e depois de descascado.

$$\text{Casca (\%)} = \frac{\text{Fruto descascado}}{\text{Fruto inteiro}} \times 100 \quad (\text{Equação 4})$$

Com a porcentagem equivalente de casca por fruto e a produtividade (kg.ha⁻¹), foi calculado a quantidade de casca por hectare para obter o rendimento de campo (RC) através da equação 5, representado em litros de óleo essencial por hectare.

$$\text{RC (L/ha)} = \frac{\text{Casca} \times \text{Produtividade}}{100} \times R \quad (\text{Equação 5})$$

4.6. Análise do óleo essencial de lima ácida Tahiti por GC-FID e GC-MS

As amostras de óleo essencial que foram advindas de coletas das diferentes combinações de copa/porta-enxerto de lima ácida Tahiti, foram analisadas para conhecimento de sua composição química por cromatografia gasosa acoplada a espectrometria de massas (GC-MS) e por cromatografia gasosa acoplada a detector de ionização em chama (GC-FID). As análises foram feitas no Instituto de Química de São Carlos (IQSC) da Universidade de São Paulo (USP).

Previamente às análises cromatográficas, o óleo essencial foi diluído em diclorometano (10% v/v) e injetou-se 1 µL da solução em um GC-MS, da marca Shimadzu, modelo GCMS-QP2010 Plus, equipado com uma coluna capilar de sílica fundida DB-5ms (30 m x 0,25 mm d.i. x 0,25 µm), sob as seguintes condições cromatográficas: injetor a 220 °C, operando em modo *split* 1:20 por 1,0 min; gás de arraste hélio a 1,0 mL min⁻¹; rampa de temperatura do forno: 60 °C, com incremento de 3 °C min⁻¹ até 240 °C; temperatura de interface: 240 °C, fonte de ionização por elétrons +70 eV, modo de varredura entre 35 e 350 m/z. Uma solução de n-alcanos (C₇-C₃₀) foi injetada no GC-MS sob as mesmas condições da amostra, com a finalidade de obter os índices de retenção de temperatura programada (LTPRI – *linear temperature programmed retention index*) dos compostos voláteis.

A identificação tentativa dos analitos foi realizada comparando-se os LTPRI e os espectros de massa obtidos para a amostra com os espectros de massa e LTPRI da literatura (NIST, 1990), com similaridade de, no mínimo, 85 % para os espectros de massa, e variação máxima nos LTPRI de ± 10 . A confirmação da identidade dos analitos foi realizada com padrões autênticos. A análise semi-quantitativa (% relativa) dos componentes do óleo essencial foi realizada no mesmo equipamento (GCMS-QP2010 Plus) sob as mesmas condições cromatográficas, porém utilizando o detector de ionização em chama (FID). Para esta última análise, os fatores de resposta diferencial do FID foram considerados como iguais a 1 (BICCHI et al., 2008). Todas as análises cromatográficas foram realizadas em triplicata.

4.7. Análises estatísticas

Os dados coletados em campo e em laboratório foram submetidos à análise de variância (ANOVA), aplicando-se o teste F. Posteriormente, foi aplicado o teste de comparações múltiplas Skott-Knott, para detectar diferenças de efeitos entre os tratamentos. O software utilizado para aplicação dos testes foi o SASM Agri (CANTERI et al., 2001) e os resultados estão expressos a um nível de 5% de significância.

A fim de reduzir a quantidade de variáveis (componentes) e melhorar a interpretação dos dados, os 56 componentes encontrados na análise química dos óleos essenciais foram submetidos a uma análise multivariada, a análise de componentes principais (ACP) (SILVA; SBRISSIA, 2010). O software utilizado para o teste ACP foi o PAST (HAMMER, 2017).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Desenvolvimento vegetativo de lima ácida Tahiti IAC-5

Os porta-enxertos que induziram menores alturas de planta foram a tangerina Sunki, o trifoliata Flying Dragon e os citrandarins H135, H152, H73, H47 e H14, variando de 2,97 a 1,95 metros de altura. Com relação aos porta-enxertos que induziram maiores alturas de plantas, temos os citrandarins H150, H121, H70, H145, H173, H5, H42 e H10, que variaram de 3,37 a 3,27 metros de altura e não diferiram estatisticamente do porta-enxerto limão Cravo (Tabela 1).

Com relação ao volume de copa, os porta-enxertos citrandarins H150, LC, H121, H70, H145, H173 e o H10 induziram maiores volumes de copa, variando entre 41,55 a 28,53 metros cúbicos. Os porta-enxertos que induziram menores volumes de copa foram a tangerina Sunki, o trifoliata Flying Dragon e os citrandarins H5, H42, H135, H152, H73, H47 e H14, variando de 24,24 a 9,04 metros cúbicos. Constata-se uma redução de 73% de volume de copa quando comparado o limão Cravo com o trifoliata Flying Dragon e uma redução média de 54% quando comparado com os citrandarins.

O trifoliata Flying Dragon é conhecido por induzir características ananicas às copas, podendo se expressar em diferentes intensidades conforme condições

edafoclimáticas, variedades copa e manejo do pomar (POMPEU JUNIOR, 2005). Pode-se confirmar a indução de nanismo e semi-nanismo deste e dos porta-enxertos que não diferiram estatisticamente do trifoliata Flying Dragon. Os resultados obtidos no presente trabalho corroboram com os resultados obtidos por outros autores, como Bettini et al. (2019), que encontraram resultados similares de indução de nanismo e semi-nanismo utilizando os mesmos materiais vegetais de copa e porta-enxerto e Portella et al. (2016) quando comparou o volume de copa de lima ácida Tahiti enxertada em limão Cravo e trifoliata Flying Dragon.

Tabela 1. Volume, altura e diâmetro de copa de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 porta-enxertos. Pindorama – SP, 2019.

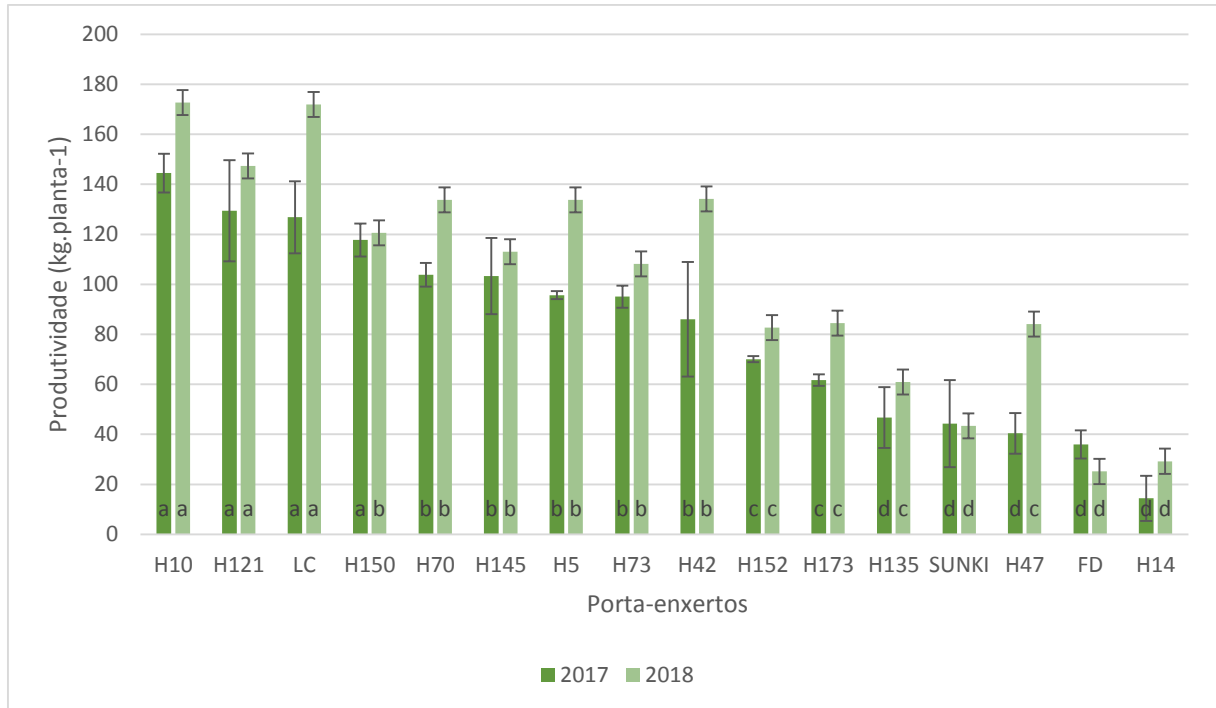
Variedade P.E.	Volume (m ³)	Altura (m)	Diâmetro (m)
H150	41,55 a	3,37 a	4,20 a
L.C.	39,72 a	3,87 a	4,83 a
H121	39,72 a	3,80 a	4,20 a
H70	36,95 a	3,93 a	4,13 a
H145	35,90 a	3,85 a	4,48 a
H173	33,58 a	3,78 a	4,03 a
H10	28,53 a	3,27 a	4,08 a
H5	24,24 b	3,38 a	4,03 a
H42	23,11 b	3,62 a	3,73 a
H135	21,00 b	2,97 b	3,53 a
H152	20,90 b	2,38 b	3,65 a
H73	16,45 b	2,57 b	3,75 a
SUNKI	15,21 b	2,67 b	3,35 a
H47	14,56 b	2,68 b	3,63 a
F.D.	10,50 b	2,72 b	2,72 b
H14	9,04 b	1,95 b	2,18 b
CV (%)	17,54	16,78	13,12

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si (Scott-Knott 5%).

L.C – Limão Cravo, SUNKI – Tangerina Sunki, F.D. – Trifoliata Flying Dragon.

5.2. Produtividade

A copa enxertada em citrandarins H10, H121 (na safra e entressafra) e H150 (na entressafra) não se diferiram estatisticamente da copa enxertada em limão Cravo, induzindo as maiores produções, com médias de 164 kg por planta na safra principal e 130 kg por planta na safra secundária.



Médias seguidas da mesma letra nas colunas da mesma cor não diferem entre si (Scott-Knott 5%).

L.C – Limão Cravo, SUNKI – Tangerina Sunki, F.D. – Trifoliata Flying Dragon.

Figura 3. Produtividade por planta da safra (2018) e entressafra (2017) de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Pindorama – SP. (Adaptada de Bettini et al., 2019).

A produção real, ou seja, a qual utilizou-se espaçamento de 7,0 x 4,0 metros e densidade de plantio de 357 plantas, variou entre 51,59 a 5,13 toneladas de frutos por hectare para a entressafra (2017) e entre 62,65 a 8,97 toneladas de frutos por hectare para a safra (2018) (Tabela 2).

A produtividade ajustada, ou seja, a qual leva-se em consideração a densidade de plantio adequada para cada volume de copa, variou entre 57,37 a 16,30 toneladas de frutos por hectare para a entressafra (2017) e entre 68,56 a 28,49 toneladas de frutos por hectare para a safra (2018) (Tabela 2). Os destaques, quando se observa a produção real do campo, são para os citrandarins H10, H121 que induziram, na safra e entressafra, produtividades superiores ao porta-enxerto comumente utilizado,

o limão Cravo. Já os citrandarins H135, H47, H14, a tangerina Sunki e o trifoliata Flying Dragon não se diferiram estatisticamente e induziram os menores valores de produtividade na safra e entressafra.

A produção de citros é proporcional ao tamanho da copa e as combinações de porta-enxertos afetam diretamente o vigor da planta, visto que porta-enxertos vigorosos tem maior capacidade de absorver água e nutrientes, elevando os níveis nutricionais das plantas e aumentando seu crescimento, como observado no porta-enxerto H121 e no limão Cravo (SCHINOR et al., 2013; SCHÄFER; BASTIANEL; DORNELLES, 2001). Entretanto, atualmente há possibilidade do aumento de densidade de plantio quando se utilizam porta-enxertos ananizantes.

De Negri, Stuchi, Blasco (2005) sugerem o ajuste do espaçamento conforme o diâmetro da planta, no qual se consegue inferir o espaçamento adequado para determinada combinação copa/porta-enxerto. Com ajuste e densidade de plantio adequado para cada porta-enxerto, pode-se observar um incremento na produtividade de cada variedade (Tabela 2). Destaca-se na entressafra (2017) as variedades de citrandarins H70, H5, H73, H42, H145, H152 e o trifoliata Flying Dragon e na safra (2018) as variedades H150, H70, H145, H5, H73, H42 e H152 nas quais este incremento foi bastante significativo e não as diferiram das variedades com maiores produções, visto que o volume de copa dessas variedades permitiu diminuir o espaçamento do pomar e aumentar sua densidade, apresentando um ganho quando se observa produção por hectare.

Há variedades super ananizantes nas quais mesmo com alta densidade de plantas no pomar, a produção por área não foi elevada, como, por exemplo, as variedades H14, H47, H135, o trifoliata Flying Dragon e a tangerina Sunki. Além disso, ao optar pelo aumento de densidade no pomar deve-se levar em conta a viabilidade de todo o processo, com custos de muda e manutenção do pomar, principalmente os custos com as podas. Pode-se observar que a viabilidade de condução das variedades trifoliata Flying Dragon e H14 seria baixa pelo alto número de mudas por hectare e baixo incremento em produtividade.

Deve-se destacar que o pomar deste trabalho não possui irrigação e este fato reflete diretamente no desempenho dos porta-enxertos que são suscetíveis à seca, como o caso do trifoliata Flying Dragon, tangerina Sunki e H14, descritos por Bettini et al., 2019.

Tabela 2. Produtividade real e ajustada da safra (2018) e entressafra (2017) de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Ajustado segundo a equação de De Negri, Stuchi, Blasco (2005). Pindorama – SP. (Adaptada de Bettini, 2019).

Variedade porta- enxerto	Entressafra (2017)		Safra (2018)	
	Produtividade (t.ha ⁻¹)	Produtividade ajustada (t.ha ⁻¹)	Produtividade (t.ha ⁻¹)	Produtividade ajustada (t.ha ⁻¹)
H10	51,59 a	57,37 a	61,65 a	68,56 a
H121	46,20 a	49,31 a	52,61 a	56,15 a
L.C.	45,27 a	45,27 a	61,40 a	61,40 a
H150	42,04 a	49,46 a	43,04 b	50,64 a
H70	37,05 b	41,72 a	47,74 b	53,76 a
H145	36,87 b	41,00 a	40,35 b	44,88 a
H5	34,15 b	38,46 a	47,76 b	53,78 a
H73	33,93 b	51,23 a	38,63 b	58,32 a
H42	30,71 b	36,13 a	47,90 b	56,35 a
H152	25,01 c	40,35 a	29,53 c	47,64 a
H173	22,03 c	26,72 b	30,15 c	36,56 b
H135	16,67 d	28,34 b	21,75 c	36,98 b
T.S.	15,81 d	29,54 b	15,50 d	28,96 b
H47	14,41 d	24,51 b	30,02 c	51,05 a
F.D.	12,84 d	40,78 a	8,97 d	28,49 b
H14	5,13 d	16,30 b	10,43 d	33,13 b
C.V. (%)	14,13	16,03	14,68	14,48

Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si (Scott-Knott 5%).

L.C – Limão Cravo, SUNKI – Tangerina Sunki, F.D. – Trifoliata Flying Dragon.

5.3. Rendimento de óleo essencial

As amostras de frutos coletadas para extração em hidrodestilação, foram utilizadas para estimar a porcentagem correspondente ao peso da casca em cada variedade. Nas variedades H70, H150 e H42 a casca corresponde a 14% do peso do fruto, nas variedades H10, H73, H5, H47, H135, H145, limão Cravo e tangerina

Sunki corresponde a 15%, nas variedades H121, H152, H173, H14 correspondem a 16% e no trifoliata Flying Dragon corresponde a 17% do peso do fruto. Baseando-se na produtividade de frutos por hectare, na quantidade de casca por fruto e juntamente com o rendimento obtido (Tabela 3), foi possível estimar o rendimento de óleo essencial por hectare (Tabela 4).

Tabela 3. Rendimento de óleo essencial de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.

Variedade Porta- enxerto	Rendimento (mL.100g casca ⁻¹)
H10	1,67
H135	1,57
SUNKI	1,40
H152	1,33
H70	1,30
H150	1,30
H5	1,27
F.D.	1,20
H47	1,17
H121	1,17
H145	1,17
H173	1,07
H42	0,97
H14	0,83
H73	0,83
L.C.	0,77

L.C – Limão Cravo, SUNKI – Tangerina Sunki, F.D. – Trifoliata Flying Dragon.

A variedade de porta-enxerto que induziu maior rendimento de óleo essencial na safra e entressafra de lima ácida Tahiti foi o citrandarin H10. Os citrandarins H121, H150, H70, H5 e H145 induziram rendimentos intermediários, porém superiores ao limão Cravo, à tangerina Sunki e ao trifoliata Flying Dragon. O óleo com menor rendimento foi o citrandarin H14, o fato pode ser explicado pelo seu baixo rendimento

na extração do óleo essencial e baixa produtividade no campo experimental. Dentre as variedades estudadas, pode-se recomendar como nova alternativa o porta-enxerto citrandarin H10, pois ele apresenta melhor produtividade e melhor rendimento de óleo essencial por hectare, seu uso agregaria valor à produção do pomar.

Quando observado o rendimento baseado na produtividade ajustada, o resultado se mantém na superioridade dos citrandarins. Quando se compara a produção com espaçamento de 7,0 x 4,0 metros com a produção ajustada, nota-se um acréscimo médio de aproximadamente 55% no rendimento de cada tratamento.

Os rendimentos das variedades de porta-enxertos H10, H135, H152, H70, H150, H5, H47, H121, H145, H173, tangerina Sunki e trifoliata Flying Dragon superam os valores obtidos por Simas et al. (2015) e Estevam et al. (2016), que utilizaram a mesma variedade copa e o mesmo método de destilação, obtendo rendimento de 1,06% e 0,8%, respectivamente.

Segundo Neto; Lopes (2007) são encontradas variações de rendimento dos óleos essenciais devido a características morfológicas da espécie ou variedade, sazonalidade ou data da colheita da amostra, bem como tempo entre a coleta e a extração do óleo. Neste estudo, todas as amostras foram padronizadas quanto à coleta, época, variedade copa, condições edafoclimáticas, tamanho e cor dos frutos, bem como extraídas no mesmo período, portanto a variação encontrada neste experimento, pode ser explicada pelos diferentes porta-enxertos utilizados.

Tabela 4. Rendimento de óleo essencial (O.E.) de lima ácida Tahiti IAC-5 enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.

Variedade P.E.	Entressafra (2017)		Safrá (2018)	
	Rendimento (L.ha ⁻¹)	Rendimento ajustado (L.ha ⁻¹)	Rendimento (L.ha ⁻¹)	Rendimento ajustado (L.ha ⁻¹)
H10	130,76 a	145,41 a	129,75 a	173,78 a
H121	84,65 b	90,34 b	89,91 b	102,87 b
H150	76,57 b	90,08 b	64,18 c	92,24 b
H70	67,53 c	76,05 b	70,20 c	97,97 b
H5	66,39 c	74,76 b	91,43 b	104,54 b
H145	62,93 c	69,98 c	59,58 c	76,60 c
L.C.	52,43 d	52,43 c	69,80 c	71,10 c
H152	52,12 d	84,09 b	54,59 c	99,29 b
H42	42,48 d	49,98 c	58,33 c	77,94 c
H73	41,66 d	62,90 c	43,23 c	71,60 c
H135	40,01 d	68,02 c	50,25 c	88,75 b
H173	38,13 d	46,25 c	46,56 c	63,28 c
T.S.	34,05 d	63,61 c	24,51 d	62,37 c
F.D.	25,96 e	82,47 b	15,16 d	57,61 c
H47	25,71 e	43,73 c	43,05 c	91,07 b
H14	6,65 f	21,12 d	9,61 d	42,94 c
C.V. (%)	13,82	16,72	33,13	14,90

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si (Scott-Knott 5%).

L.C – Limão Cravo, SUNKI – Tangerina Sunki, F.D. – Trifoliata Flying Dragon.

5.4. Composição do óleo essencial

Os 16 óleos essenciais de lima ácida Tahiti passaram por análises de cromatografia e espectrometria e foi possível identificar 56 componentes nos óleos essenciais de lima ácida Tahiti (Tabela 5).

Tabela 5. Composição química e porcentagem relativa dos componentes dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.

	Porcentagem relativa (%)																																
	H 10	H 70	H 135	H 42	H 121	H 145	T.S.	H 47	H 73	H 152	H 5	L.C.	H 173	H 150	F.D.	H 14	CV (%)																
Álcoois																																	
linalool	1,49	e	1,81	c	1,64	d	1,91	b	1,80	c	1,89	c	1,66	d	1,66	d	1,85	c	1,45	e	1,58	d	1,93	b	1,85	c	1,60	d	1,53	e	2,03	a	3,5
fenchol	0,02	b	0,01	c	0,02	b	0,02	b	0,02	b	0,02	b	0,00	c	0,02	b	0,01	c	0,00	c	0,00	c	0,01	c	0,01	c	0,01	c	0,00	c	0,06	a	57,5
cis-p-menth-2-en-1-ol	0,11	c	0,11	c	0,12	c	0,14	b	0,13	b	0,14	b	0,09	d	0,12	c	0,11	c	0,08	e	0,10	d	0,12	c	0,11	c	0,09	d	0,07	e	0,19	a	9,1
(E)-p-2,8-menthadien-1-ol	0,04	a	0,02	b	0,06	a	0,02	b	0,08	a	0,06	a	0,00	b	0,05	a	0,01	b	0,00	b	0,00	b	0,01	b	0,01	b	0,00	b	0,00	b	0,06	a	64,5
trans-pinocarveol	0,09	b	0,07	c	0,11	b	0,10	b	0,14	a	0,12	a	0,05	d	0,10	b	0,09	b	0,04	d	0,05	d	0,07	c	0,06	c	0,05	d	0,04	d	0,14	a	14,5
methyl camphenilol	0,04	a	0,01	b	0,06	a	0,03	b	0,07	a	0,04	a	0,00	b	0,06	a	0,01	b	0,08	a	0,00	b	0,02	b	0,01	b	0,01	b	0,00	b	0,04	a	75,6
borneol	0,33	a	0,16	b	0,38	a	0,19	b	0,30	a	0,33	a	0,29	a	0,30	a	0,19	b	0,09	b	0,33	a	0,37	a	0,40	a	0,33	a	0,31	a	0,32	a	28,0
terpinen-4-ol	1,87	f	2,04	e	2,00	e	2,31	b	2,13	d	2,17	d	1,98	e	1,87	f	2,23	c	1,81	f	1,95	e	2,35	b	2,28	b	2,02	e	2,00	e	2,44	a	2,0
α -terpineol	3,10	d	3,12	d	3,13	d	3,64	b	3,42	c	3,41	c	3,22	d	3,11	d	3,51	c	2,96	e	3,17	d	3,80	a	3,56	c	3,23	d	3,03	e	3,79	a	2,6
cis-carveol	0,03	b	0,01	b	0,04	b	0,05	b	0,04	b	0,05	b	0,00	b	0,04	b	0,01	b	0,00	b	0,00	b	0,01	b	0,01	b	0,03	b	1,83	a	0,08	b	26,1
cis-geraniol	1,52	g	1,67	f	1,75	f	2,25	d	2,24	d	1,86	e	1,27	h	1,91	e	2,22	d	1,35	h	1,95	e	2,55	c	2,17	d	1,89	e	8,05	a	2,73	b	3,3
geraniol	0,87	f	1,14	e	1,09	e	1,38	c	1,41	c	1,40	c	0,85	f	1,15	e	1,18	e	0,89	f	1,17	e	1,55	b	1,30	d	1,14	e	1,19	e	1,88	a	4,6
α -bisabolol	0,34	e	0,29	f	0,52	c	0,53	c	0,46	d	0,60	b	0,35	e	0,29	f	0,51	c	0,50	d	0,48	d	0,52	c	0,44	d	0,52	c	0,25	f	0,91	a	7,9
Aldeídos																																	
citronellal	0,21	c	0,13	c	0,28	b	0,23	c	0,15	c	0,30	b	0,18	c	0,19	c	0,15	c	0,20	c	0,17	c	0,13	c	0,15	c	0,13	c	0,17	c	0,42	a	26,2
isogeraniol	0,24	b	0,03	d	0,25	b	0,53	a	0,20	b	0,31	b	0,16	c	0,28	b	0,08	d	0,23	b	0,28	b	0,24	b	0,31	b	0,25	b	0,24	b	0,59	a	15,6
Decanal	0,10	b	0,03	c	0,12	b	0,25	a	0,10	b	0,13	b	0,02	c	0,13	b	0,06	c	0,08	c	0,03	c	0,11	b	0,03	c	0,03	c	0,02	c	0,17	b	52,8
neral	6,19	c	6,32	c	5,98	c	7,82	a	7,09	b	7,05	b	6,09	c	6,82	b	6,83	b	6,15	c	6,97	b	7,30	b	7,73	a	6,40	c	0,00	d	7,81	a	2,8
geraniol	7,53	e	7,62	e	7,08	e	9,63	a	8,74	c	9,29	b	7,21	e	8,33	d	8,12	d	7,42	e	8,42	d	8,72	c	9,23	b	7,64	e	9,84	a	10,19	a	3,5
perillaldehide	0,52	a	0,69	a	0,67	a	0,72	a	0,46	a	0,00	b	0,78	a	0,58	a	0,69	a	0,61	a	0,61	a	0,84	a	0,84	a	0,73	a	0,59	a	0,02	b	24,9
dodecanal	0,05	c	0,01	d	0,07	b	0,10	b	0,09	b	0,14	a	0,00	d	0,06	c	0,01	d	0,02	d	0,02	d	0,05	c	0,05	c	0,06	c	0,00	d	0,14	a	40,8

Ésteres

bornyl acetate	0,02	b	0,06	a	0,02	b	0,02	b	0,04	a	0,02	b	0,01	b	0,02	b	0,01	b	0,00	b	0,00	b	0,01	b	0,02	b	0,01	b	0,02	b	0,04	a	83,0
citronellyl acetate	0,06	a	0,00	b	0,08	a	0,06	a	0,05	a	0,06	a	0,01	b	0,05	a	0,01	b	0,00	b	0,00	b	0,02	b	0,04	a	0,01	b	0,03	b	0,07	a	74,4
neryl acetate	2,84	e	2,69	f	3,28	c	3,09	d	3,17	d	3,13	d	2,94	e	2,73	f	3,40	b	3,24	c	3,36	b	2,87	e	3,26	c	3,28	c	3,64	a	3,42	b	2,5
geranyl acetate	0,88	a	0,68	a	1,11	a	0,92	a	0,95	a	0,67	a	0,95	a	0,79	a	0,78	a	1,03	a	0,97	a	0,79	a	0,95	a	0,98	a	0,96	a	0,99	a	29,2

Monoterpenos

thujene	0,72	a	0,72	a	0,67	b	0,63	c	0,62	c	0,61	c	0,59	c	0,59	c	0,58	c	0,57	c	0,55	d	0,53	d	0,53	d	0,52	d	0,50	d	0,40	e	4,8		
α -pinene	2,23	a	2,16	a	1,96	b	1,81	b	1,86	b	1,68	c	1,89	b	1,92	b	1,79	b	1,86	b	1,81	b	1,73	c	1,71	c	1,68	c	1,69	c	1,12	d	3,9		
camphene	0,09	a	0,08	a	0,08	a	0,08	a	0,07	a	0,08	a	0,07	b	0,07	b	0,07	a	0,06	b	0,06	b	0,07	b	0,06	b	0,06	b	0,06	b	0,06	b	9,3		
sabinene	2,13	a	1,97	b	1,90	c	1,73	d	1,77	d	1,77	d	1,85	c	1,83	c	1,61	e	1,70	d	1,73	d	1,45	f	1,39	f	1,64	e	1,58	e	1,24	g	3,6		
β -pinene	5,94	b	7,72	a	6,90	a	6,31	a	6,70	a	5,94	b	7,21	a	5,78	b	6,87	a	6,93	a	6,87	a	6,68	a	6,46	a	6,74	a	6,86	a	4,81	c	9,1		
β -myrcene	2,33	a	2,02	b	2,20	a	2,05	b	2,01	b	2,10	b	2,17	a	2,21	a	1,80	d	2,15	a	2,03	b	1,80	d	1,88	c	1,93	c	1,89	c	1,68	d	4,1		
α -phellandrene	0,12	a	0,08	b	0,11	a	0,14	a	0,07	b	0,12	a	0,09	b	0,13	a	0,08	b	0,10	b	0,09	b	0,09	b	0,09	b	0,09	b	0,09	b	0,08	b	0,12	a	21,2
α -terpinene	0,82	a	0,74	a	0,83	a	0,92	a	0,49	a	0,81	a	0,81	a	0,73	a	0,65	a	0,80	a	0,79	a	0,71	a	0,75	a	0,77	a	0,71	a	0,80	a	12,0		
p-cymene	0,26	g	2,04	c	1,47	d	0,42	g	2,41	b	1,21	e	0,40	g	1,04	e	2,94	a	0,64	f	0,61	f	1,54	d	0,87	f	0,70	f	0,81	f	0,00	g	19,2		
limonene	34,49	a	31,58	c	29,71	e	26,86	g	28,48	f	27,27	g	33,27	b	33,05	b	28,69	f	31,50	c	29,70	e	28,54	f	29,08	f	30,60	d	30,75	d	26,26	g	1,8		
β -cis-ocimene	0,07	a	0,02	b	0,06	a	0,08	a	0,06	a	0,10	a	0,02	b	0,08	a	0,03	b	0,07	a	0,08	a	0,06	a	0,06	a	0,02	b	0,09	a	0,00	b	35,7		
β -trans-ocimene	0,09	c	0,07	c	0,08	c	0,11	b	0,09	c	0,13	b	0,07	c	0,08	c	0,02	d	0,08	c	0,12	b	0,02	d	0,02	d	0,08	c	0,13	b	0,17	a	23,9		
γ -terpinene	11,63	a	11,31	a	11,37	a	10,73	b	10,45	b	10,47	b	11,92	a	11,14	a	10,81	b	12,09	a	11,33	a	10,39	b	10,65	b	11,65	a	10,73	b	9,60	b	5,1		
terpinolene	1,50	a	1,34	c	1,53	a	1,50	a	1,39	b	1,50	a	1,43	b	1,32	c	1,33	c	1,48	a	1,40	b	1,27	d	1,31	c	1,44	b	1,24	d	1,29	d	2,9		
camphor	0,04	b	0,03	b	0,04	b	0,05	b	0,05	b	0,07	b	0,03	b	0,04	b	0,04	b	0,02	b	0,02	b	0,05	b	0,03	b	0,03	b	0,03	b	0,13	a	42,1		
cis-pinocamphone	0,03	c	0,03	c	0,03	c	0,04	b	0,04	c	0,05	b	0,03	c	0,04	c	0,03	c	0,03	c	0,03	c	0,03	c	0,03	c	0,03	c	0,03	c	0,06	a	13,2		

Sesquiterpenos

δ -elemene	0,08	c	0,03	c	0,10	c	0,17	a	0,07	c	0,16	a	0,09	c	0,08	c	0,08	c	0,12	b	0,12	b	0,09	c	0,09	c	0,12	b	0,09	c	0,16	a	27,2
β -elemene	0,12	f	0,16	d	0,16	d	0,21	c	0,13	f	0,23	b	0,16	d	0,13	f	0,15	d	0,17	d	0,16	d	0,15	d	0,15	d	0,20	c	0,14	e	0,30	a	4,9
α -cis-bergamotene	0,19	d	0,18	d	0,24	b	0,23	b	0,22	c	0,24	b	0,19	d	0,18	d	0,21	c	0,22	c	0,20	c	0,21	c	0,20	c	0,25	b	0,17	d	0,30	a	6,9
(E)-caryophyllene	1,07	f	1,27	e	1,42	c	1,53	b	1,36	d	1,62	a	1,48	c	1,23	e	1,35	d	1,57	b	1,49	c	1,43	c	1,31	e	1,54	b	1,29	e	1,61	a	2,7

2-norpinene	2,28	e	2,39	d	2,71	b	2,54	c	2,51	c	2,62	c	2,48	d	2,33	d	2,60	c	2,84	a	2,65	c	2,54	c	2,41	d	2,81	a	2,16	f	2,56	c	2,6
α -humulene	0,10	a	0,13	a	0,15	a	0,07	a	0,15	a	0,13	a	0,15	a	0,12	a	0,14	a	0,16	a	0,15	a	0,15	a	0,14	a	0,16	a	0,13	a	0,11	a	30,0
β -(E)-farnesene	0,21	a	0,19	a	0,29	a	0,31	a	0,21	a	0,29	a	0,20	a	0,22	a	0,23	a	0,27	a	0,25	a	0,24	a	0,21	a	0,26	a	0,15	a	0,17	a	32,7
β -santalene	0,11	b	0,13	b	0,15	b	0,15	b	0,16	b	0,21	b	0,14	b	0,12	b	0,15	b	0,15	b	0,14	b	0,15	b	0,14	b	0,17	b	0,13	b	0,54	a	44,6
germacrene D	0,14	a	0,17	a	0,23	a	0,13	a	0,19	a	0,20	a	0,20	a	0,16	a	0,17	a	0,23	a	0,23	a	0,20	a	0,21	a	0,24	a	0,17	a	0,19	a	26,5
β -trans-bergamotene	0,17	b	0,20	b	0,25	b	0,23	b	0,17	b	0,26	b	0,20	b	0,18	b	0,21	b	0,21	b	0,21	b	0,22	b	0,21	b	0,24	b	0,17	b	0,74	a	37,4
α -selinene	0,06	a	0,06	a	0,10	a	0,10	a	0,18	a	0,12	a	0,05	a	0,07	a	0,08	a	0,07	a	0,07	a	0,17	a	0,09	a	0,08	a	0,04	a	0,21	a	76,3
α -(Z)-bisabolene	0,30	c	0,31	c	0,43	b	0,41	b	0,36	b	0,45	b	0,23	c	0,32	c	0,37	b	0,39	b	0,36	b	0,13	d	0,36	b	0,41	b	0,29	c	0,63	a	19,8
β -bisabolene	3,72	e	3,79	d	4,41	b	4,15	c	4,09	c	4,27	c	3,93	d	3,89	d	4,21	c	4,64	a	4,32	b	4,36	b	4,13	c	4,43	b	3,56	e	4,32	b	3,1
γ -(Z)-bisabolene	0,03	c	0,04	c	0,09	b	0,07	b	0,08	b	0,08	b	0,05	c	0,06	c	0,05	c	0,07	b	0,08	b	0,07	b	0,06	b	0,07	b	0,06	b	0,19	a	22,1
α -(E)-bisabolene	0,09	a	0,18	a	0,13	a	0,13	a	0,18	a	0,15	a	0,07	a	0,05	a	0,12	a	0,11	a	0,12	a	0,12	a	0,10	a	0,11	a	0,07	a	0,23	a	54,0
germacrene B	0,33	c	0,27	c	0,46	b	0,52	b	0,21	d	0,56	a	0,41	b	0,16	d	0,44	b	0,49	b	0,47	b	0,48	b	0,46	b	0,49	b	0,36	c	0,67	a	18,2

Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si (Scott-Knott 5%).

L.C – Limão Cravo, T.S. – Tangerina Sunki, F.D. – Trifoliata Flying Dragon, H – Híbridos (Citrandarins).

Os óleos essenciais apresentaram diferenças significativas com relação à quantidade de cada componente nas variedades de porta-enxertos utilizadas, esta diferença pode ser observada em 48 componentes (Tabela 5). Deve-se destacar que, segundo Lupe (2007), a composição do óleo essencial pode variar de acordo com a espécie, parte da planta da qual foi extraído, tipo de extração, características da planta e do estágio de desenvolvimento. Neste estudo, todas as amostras foram padronizadas quanto à coleta, época, variedade copa, condições edafoclimáticas, tamanho e cor dos frutos, bem como extraídas no mesmo período, portanto estes dados podem evidenciar uma variação pela utilização de diferentes porta-enxertos, resultante da influência do porta-enxerto na composição dos óleos essenciais advindos da casca do fruto.

Como classes químicas majoritárias temos os monoterpenos e monoterpenoides, tais como limoneno, γ -terpineno, geranial, β -pineno e neral, com porcentagens relativas de 30%, 11%, 8,4%, 6,5% e 6,4% do volume total do óleo, respectivamente (Figura 4). Estudos semelhantes de Atti-Santos et al. (2005), Teixeira et al. (2013), Simas et al. (2015) e Ruiz-Pérez et al. (2016) corroboram com os resultados encontrados, visto que os autores encontraram como componentes majoritários nos óleos essenciais de lima ácida o limoneno, γ -terpineno e β -pineno. Atti-Santos *et al.* (2005), Simas et al. (2015) e Ruiz-Pérez et al. (2016) apresentaram valores de aproximadamente 50% para o composto limoneno em amostras de lima ácida Tahiti, superior ao observado neste estudo, porém foram encontrados valores semelhantes de γ -terpineno e β -pineno.

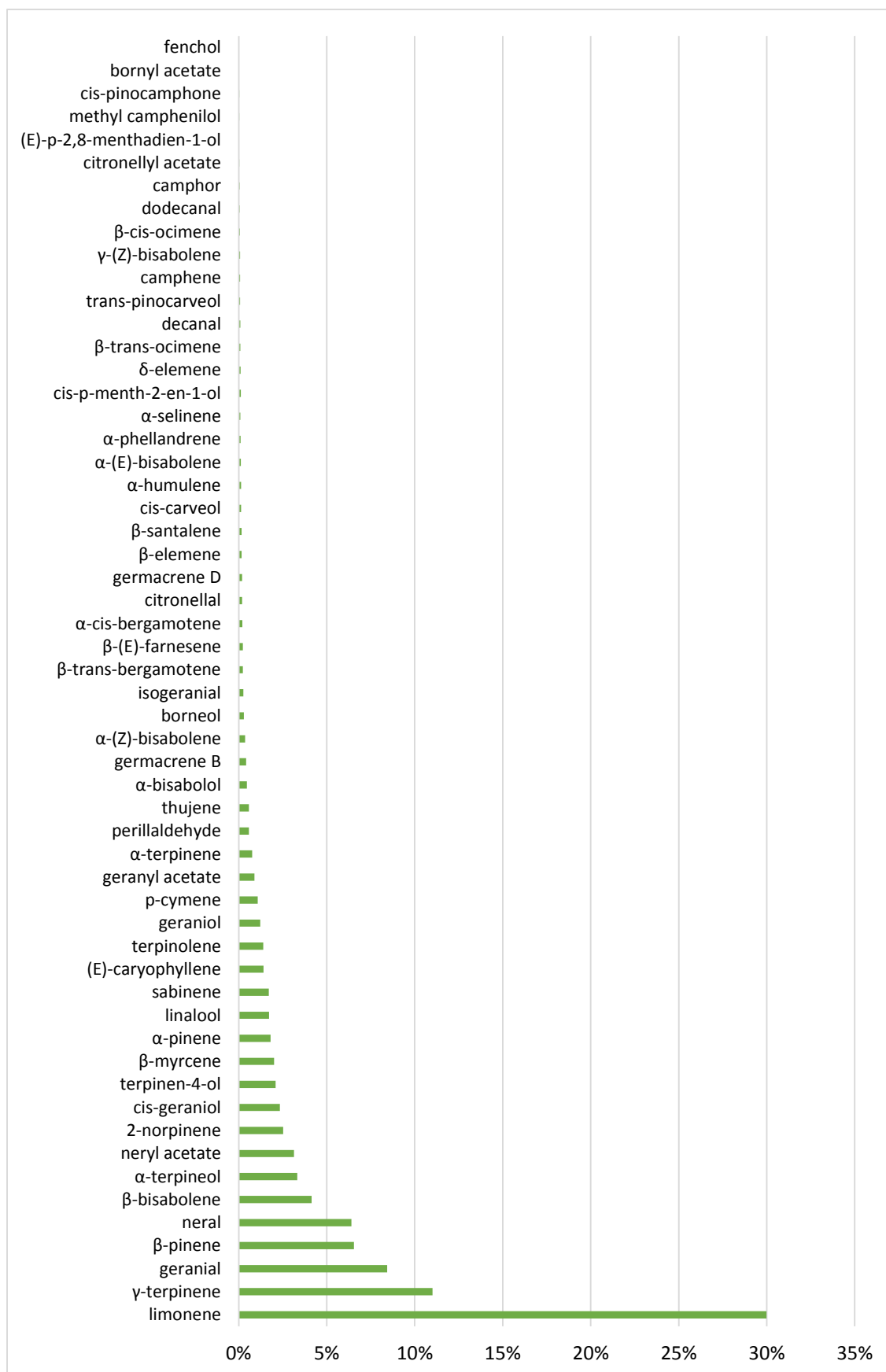


Figura 4. Porcentagem relativa média dos 56 componentes encontrados nos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.

Os óleos essenciais foram submetidos a uma análise multivariada, o primeiro eixo (PC 1) explica 49,26% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 37,14% das variáveis dos dados, acumulando um total de 86,40% da variância dos dados (Figura 5). Analisando o gráfico biplot, pode-se observar que os compostos que mais diferenciam os óleos essenciais extraídos da casca são: o limoneno, neral, cis-geraniol e geraniol.

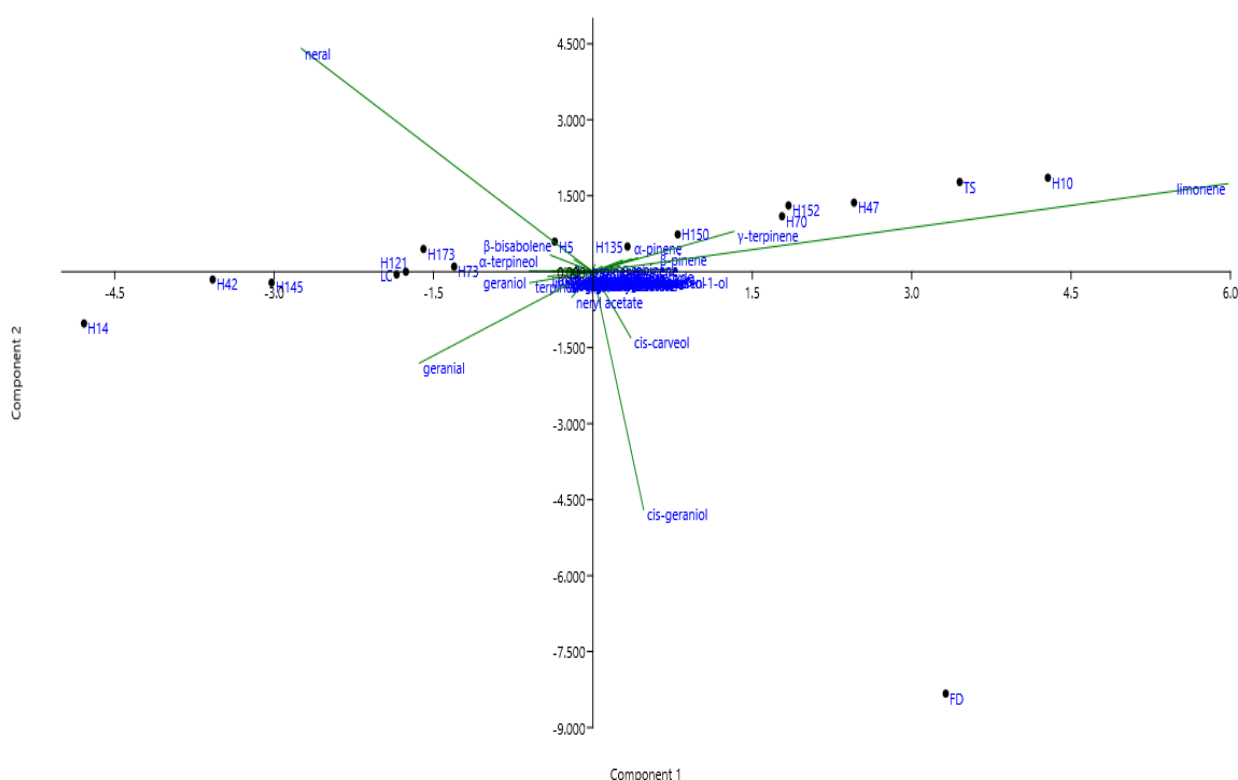


Figura 5. Biplot PC1xPC2 da análise de componentes principais dos 56 componentes dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos.

O limoneno é um monoterpene monocíclico que faz parte de mais de 300 vegetais, são os mais abundantes na natureza, por isso foi encontrado em todos os óleos essenciais de lima ácida Tahiti, indiferente da variedade de porta-enxerto utilizado. Este monoterpene tem como funções naturais a prevenção da desidratação, atividade antioxidante e a inibição de crescimento microbiano (JUNIOR; PASTORE, 2007; DEMYTTENAERE, BELLEGHEM, KIMPE, 2001).

O cis-geraniol é um álcool caracterizado por possuir um grupo de hidroxila em sua estrutura. É abundante em tecidos vegetais e encontrado juntamente com o

composto neral e geranial, que são produtos da oxidação do geraniol. Este monoterpene possui odor agradável e atividade antimicrobiana, antioxidante e propriedades inseticidas e repelentes, bem como apresenta baixa toxicidade (IJIMA et al., 2004; CHEN; VILJOEN, 2010).

Caracterizando os óleos essenciais por grupos funcionais tem-se que foram encontrados 13 álcoois, dentre estes, os responsáveis por diferenciar os óleos são cis-geraniol, geraniol, α -terpineol e cis-carveol. Destaca-se o porta-enxerto Flying Dragon (FD), que induziu maiores concentrações de cis-carveol e cis-geraniol, diferindo-se dos outros porta-enxertos (Figura 6). No grupo dos aldeídos, foram encontrados 7 componentes, dos quais neral e geranial foram responsáveis por diferenciar os óleos. Destaca-se o citrandarin H14 que induziu maiores concentrações destes dois componentes no óleo de lima acida Tahiti. Em contraste observa-se uma menor concentração destes componentes no óleo de lima acida Tahiti enxertada em trifoliata Flying Dragon (Figura 7). No grupo dos ésteres, foram encontrados 4 componentes, dos quais acetato de geranial e acetato de nerila foram os responsáveis por diferenciar os óleos (Figura 8).

Os grupos majoritários, monoterpenos e sesquiterpenos, representam 57% dos componentes do óleo essencial de lima acida Tahiti. Nos monoterpenos, observa-se importância para classificação dos óleos nos componentes limoneno, p-cimeno, β -pineno e γ -terpineno. Nos sesquiterpenos, destacam-se os componentes β -bisaboleno, 2-norpinene e β -trans-bergamotene (Figura 9 e 10).

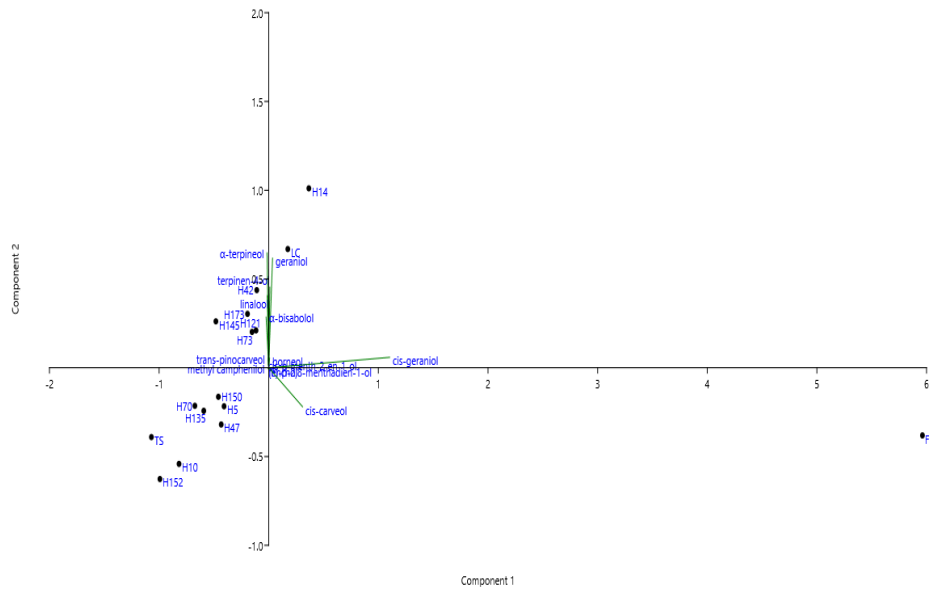


Figura 6. Biplot PC1xPC2 da análise dos álcoois dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 91,47% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 7,21% das variáveis dos dados, acumulando um total de 98,68% da variância dos dados.

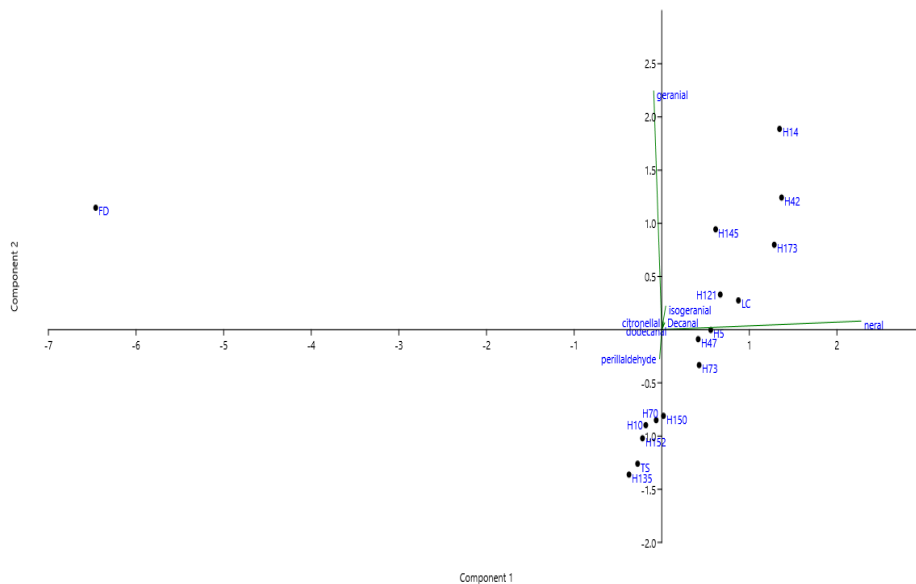


Figura 7. Biplot PC1xPC2 da análise dos aldeídos dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 75,73% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 2,27% das variáveis dos dados, acumulando um total de 78% da variância dos dados.

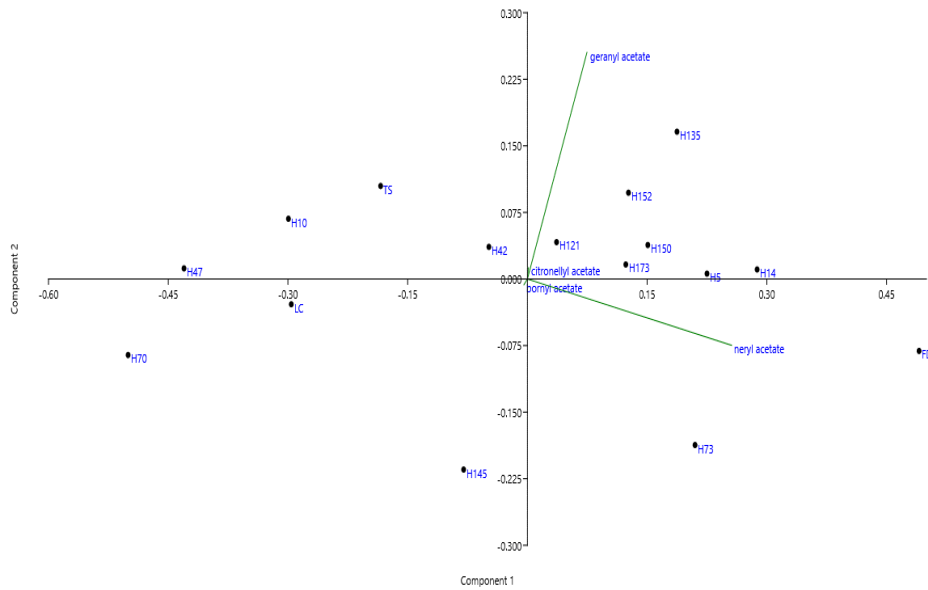


Figura 8. Biplot PC1xPC2 da análise dos ésteres dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 87,41% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 1,15% das variáveis dos dados, acumulando um total de 88,56% da variância dos dados.

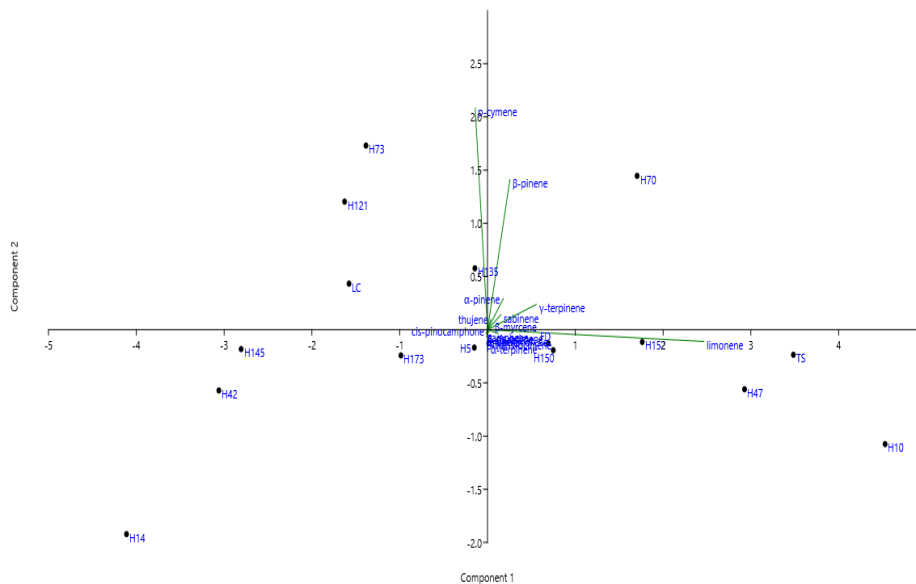


Figura 9. Biplot PC1xPC2 da análise dos monoterpenos dos óleos essenciais de lima ácida Tahiti enxertada em 16 variedades de porta-enxertos. Primeiro eixo (PC 1) explica 82,19% das variáveis e o segundo eixo (PC 2) 1,16% das variáveis dos dados, acumulando um total de 83,35% da variância dos dados.

6. CONCLUSÕES

As variedades de porta-enxertos que induziram maior volume na copa de lima ácida Tahiti IAC-5 foram os citrandarins H150, limão Cravo, H121, H70, H145, H173 e o H10.

As variedades de porta-enxertos que induziram maiores rendimentos por 100g de casca de lima ácida Tahiti foram os citrandarins H10, H135 e a tangerina Sunki. O citrandarin H10 induziu maior rendimento de óleo por hectare na safra e entressafra.

Na análise de composição química dos óleos essenciais encontraram-se 56 compostos. Os compostos majoritários encontrados foram limoneno, γ -terpineno e geranial.

Os óleos essenciais apresentaram composições químicas diferentes entre si. As diferenças foram notadas em 48 dos 56 componentes encontrados. Confirmando a influência do porta-enxerto em características de metabólitos secundário da planta.

7. LITERATURA CITADA

- ANDRADE, L.H.; OLIVEIRA, J.V.; LIMA, I.M.M.; SANTANA, M.F.; BREDA, M.O. Efeito repelente de azadiractina e óleos essenciais sobre *Aphis gossypii* Glover (Hemiptera: *Aphididae*) em algodoeiro. **Revista Ciência Agrária**, v. 44, n. 3, p. 628-634, 2013.
- ARMSTRONG, J.S. Mitochondrial membrane permeabilization: the sine qua non for cell death. **BioEssays**, v. 28, n. 3, p. 253-260, 2006.
- ASATO, F.P. **Eficiência da pulverização de inseticida na borda dos talhões no manejo do Huanglongbing**. 2018. 45 f. Dissertação (Mestrado em controle de doenças e pragas dos citros), Fundo de Defesa da Citricultura, 2018.
- ATTI-SANTOS, A.C.; ROSSATO, M.; SERAFINI, L.A.; CASSEL, E.; MOYNA, P. Extraction of essential oils from lime (*Citrus latifolia* Tanaka) by hydrodistillation and supercritical carbon dioxide. **Brazilian Archives of Biology and Technology**, v. 48, n.1, p. 155-160, 2005.
- AZAMBUJA, J. **Produção e extração de óleos essenciais em pequenas propriedades rurais**. 2012, p. 40. Pós-Graduação em MBA em Gestão no Agronegócio do Departamento de Economia Rural e Extensão. Universidade Federal do Paraná, 2012.

- BAKKALI, F.; AVERBECK, S.; AVERBECK, D.; IDAOMAR, M. Biological effects of essential oils – a review. **Food and Chemical Toxicology**, v. 46, p. 446-475, 2008.
- BARBOSA, K.R.; WINKE, L.O.L; DA LUZ, M.L.G.S., DA LUZ, C.A.S; GADOTTI, G.I.; GOMES, M.C.; NAVROSKI, R. Análise econômica de indústria de extração de óleos essenciais a partir de frutas cítricas. **Revista Técnico-Científica do CREA-PR**, v. 7, p. 9-11, 2017.
- BASTOS, C.N.; ALBUQUERQUE, P.S.B. Efeito do óleo de *Piper aduncum* no controle em pós-colheita de *Colletotricum musae* em banana. **Fitopatologia Brasileira**, v. 29, n. 5, p. 555-557, 2004.
- BETTINI, B.A.; CAVICHIOLI, T.M.; CRISTOFANI-YALY, M.; AZEVEDO, F.A.; MARTINS, A.L.M.; SCHINOR, E.H. Performance and reaction to *Huanglongbing* of Tahiti acid lime grafted on citrandarins. **Acta Horticulturae**, v. 1, p. 101-108, 2019.
- BICCHI, C.; LIBERTO, E.; MATTEODO, M.; SGORBINI, B.; MONDELLO, L.; ZELLNER, B.A.; COSTA, R.; RUBIOLO, P. Quantitative analysis of essential oils: a complex task. **Flavour and Fragrance Journal**, v. 23, p. 382-391, 2008.
- BIZZO, H.R.; HOVELL, A.M.C.; REZENDE, C.M. Óleos essenciais no Brasil: aspectos gerais, desenvolvimento e perspectivas. **Química Nova**, v. 32, n. 3, p. 588-594, 2009.
- BIZZO, H.R. Oleos essenciais: uma fonte de divisas a ser mais explorada no Brasil. Café mais demanda pela qualidade. **Revista a Lavoura**, v. 116, n. 699, p. 48-51, 2013.
- BUSATTA, C. **Caracterização química e atividade antimicrobiana *in vitro* e em alimentos dos extratos de orégano e manjerona**. 2006. 110 f. Dissertação (Mestrado em engenharia de alimentos), Universidade Regional Integrada do Alto Uruguai das Missões, 2006.
- CANTERI, M.G., ALTHAUS, R.A., VIRGENS FILHO, J.S., GIGLIOTI, E.A., GODOY, C.V. SASM-Agri – Sistema para análise e separação de medias em experimentos agrícolas pelos métodos Scott-Knott, Tukey e Duncan. **Revista Brasileira de Agrocomputação**, v. 1, n. 2, p. 18-24, 2001.
- CARSON, C.F.; HAMMER, K.A. Chemistry and bioactivity of essential oils. In: THORMAR, H. (Ed.), **Lipids and Essential Oils as Antimicrobial Agents**. John Wiley & Sons, p. 203-238, 2010.

- CHEN W.; VILJOEN, A. M. A review of a commercially important fragrance material. **South African Journal of Botany**, v. 76, n. 4, p. 643-651, 2010.
- CONCEIÇÃO, P.M.; AZEVEDO, F.A.; ECKER, G.V.; MORELLI, M.; CRISTOFANI-YALY, M. Physiological quality of citrandarins, *Poncirus trifoliata* and Sunki mandarin seeds. **Comunicata Scientiae**, v. 10, p. 461-466, 2019.
- DAFERERA, D.J.; ZIOGAS, B.N.; POLISSIOU, M.G. The effectiveness of plant essential oils on the growth of *Botrytis cinerea*, *Fusarium sp.* and *Clavibacter michiganensis subsp. Michiganensis*. **Crop Protection**, v. 22, n. 01, p. 39- 44, 2003.
- DARROS-BARBOSA, R.; CURTOLO, J.E. Produção industrial de suco e subprodutos cítricos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.) **Citros**. Campinas: Instituto Agrônômico/FUNDAG, p. 839-870, 2005.
- DAVIES, F.S.; ALBRIGO, G. Rootstocks. In: **Citrus**. Wallingford: CABI International, p. 83107, 1994.
- DEMYTTENAERE, J.C.R; BELLEGHEM, K.V.; KIMPE, N.D. Biotransformation of (R)-(+)- and (S)-(-)-limonene by fungi and the use of solid phase microextraction for screening. **Phytochemistry**, v. 57, n. 2, p. 199-208, 2001.
- DE NEGRI, J.D.; MATTOS JUNIOR, D., Lima ácida Tahiti. In: PINTO A.C.Q.; SOUZA, E.S.; RAMOS, V.H.V. (Ed.), **Tecnologia de produção e a comercialização de lima ácida Tahiti, da Goiaba e do Maracujá-azedo para o Cerrado**. EMBRAPA informação Tecnológica, (Documentos, 111), 69 p. 2004.
- DE NEGRI, J.D.; STUCHI, E.S.; BLASCO, E.E.A. Planejamento e implantação do pomar cítrico. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. (Ed.) **Citros**, p. 411-427, 2005.
- ESTEVA, E.B.B.; MIRANDA, M.L.D.; ALVES, J.M.; EGEA, M.B.; PEREIRA, P.S.; MARTINS, C.H.G.; ESPERANDIM, V.R.; MAGALHÃES, L.G.; BOLELA, A.C.; CAZAL, C.M.; SOUZA, A.F.; ALVES, C.C.F. Composição química e atividades biológicas dos óleos essenciais das folhas frescas de *Citrus limonia* Osbeck e *Citrus latifolia* Tanaka (Rutaceae). **Revista Virtual de Química**, v. 8, n. 6, p. 1842-1854, 2016.
- FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Statistics. 2019. Disponível em: <https://www.fao.org/faostat/en/#rankings/countries_by_commodity>. Acesso em outubro de 2021.

- FERRAZ, J.B.S.; BARATA, L.E.S.; SAMPAIO, P.B.; GUIMARÃES, G.P. Perfumes da floresta Amazônica: em busca de uma alternativa sustentável. **Ciência e Cultura**, v. 61, n. 3, p. 45-53, 2009.
- FIGUEIREDO, J.O.; STUCHI, E.S.; DONADIO, L.C.; SOBRINHO, J.T.; LARANJEIRA, F.F.; PIO, R.M.; SEMPIONATO, O.R. Porta-enxertos para a lima-ácida Tahiti na região de Bebedouro, SP. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24, n. 1, p. 155-159, 2002.
- HAMMER, O. Paleontological Statistics Version 3.15. PAST. Reference manual. Natural History Museum. University of Oslo, 253p. 2017.
- IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Produção Agrícola Municipal, 2019. Disponível em: http://www.cnpmf.embrapa.br/Base_de_Dados/index_pdf/dados/brasil/laranja/b_1_laranja.pdf. Acesso em 02 de abril 2021.
- IJIMA, Y.; GANG, D.R.; FRIDMAN, E.; LEWINSOHN, E.; PICHESKY, E. Characterization of geraniol synthase from the peltate glands of Sweet Basil. **Plant Physiology**, v. 134, n. 1, p. 370-379, 2004.
- JÚNIOR, M.R.M.; PASTORE, G.M. Biotransformação do limoneno: uma revisão das principais rotas metabólicas. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 382-387, 2007.
- LOPES, M.V. **Mapas de zonas de risco de epidemias para doenças dos citros no Estado de São Paulo**. 2007. 55 f. Dissertação (Mestrado em ciências agrárias e veterinárias), Universidade Estadual Paulista, 2007.
- LOPES, J.M.S.; DÉO, T.F.G.; ANDRADE, B.J.M.; GIROTO, M.; FELIPE, A.L.S.; JUNIOR, C.E.I.; BUENO, C.E.M.S.; SILVA, T.F.; LIMA, F.C.C. Importância econômica do Citros no Brasil. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, n. 20, 3p., 2011.
- LUPE, F. A. **Estudo da composição química de óleos essenciais de plantas aromáticas da Amazônia**. 2007. 120 f. Dissertação (Mestrado em química orgânica), Instituto de Química, Universidade Estadual de Campinas, 2007.
- MATTOS, L.P.V. **Controle de *Guignardia citricarpa* e *Penicillium digitatum* em laranja com óleos essenciais e agentes de biocontrole**. 2010. 106 f. Tese (Doutorado em agronomia), Universidade Estadual Paulista, 2010.
- MASSON, J.; LIBERTO, E.; BEOLOR, J.C.; BREVARD, H.; BICCHI, C.; RUBIOLO, C. Oxygenated heterocyclic compounds to differentiate *Citrus spp.* essential oils through metabolomic strategies. **Food Chemistry**, v. 206, p. 223-233, 2016.

- MEHL, F.; MARTI, G.; BOCCARD, J.; DEBRUS, B.; MERLE, P.; DELORT, E.; BAROUX, L.; RAYMO, V.; VELAZCO, M.I.; SOMMER, H.; WOLFENDER, J.L.; RUDAZ, S. Differentiation of lemon essential oil based on volatile and non-volatile fractions with various analytical techniques: a metabolomic approach. **Food Chemistry** v. 143, p. 325- 335, 2014.
- MORAIS, L.A.S.; GONÇALVES, G.G.; BETTIOL, W. Óleos essenciais no controle de doenças de plantas. **Revisão Anual de Patologia de Plantas**, v. 17, p. 257-304, 2009.
- NETO, L.G.; LOPES, N.P. Plantas medicinais: Fatores de influência no conteúdo de metabólitos secundários. **Química Nova**, v. 30, n. 2, p. 374-381, 2007.
- NEVES, M.F.; JANK, M.S. Perspectivas da cadeia produtiva de laranja no Brasil: Agenda 2015. In: **Pensa boletim online**, 2006.
- NIST. 05 Spectral Library. NIST Mass Spectrometry, 1990.
- PAULETTI, G.F.; SILVESTRE, W.P. Óleo essencial cítrico: Produção, composição e fracionamento. EFROM, C.F.S.; DE SOUZA P.V.D. (Eds.), **Citricultura do Rio Grande do Sul: Indicações técnicas**. Porto Alegre: Secretaria de Agricultura, Pecuária e Irrigação, p. 245-269, 2018.
- POMPEU JUNIOR, J. Porta-enxertos. In: MATTOS JUNIOR, D.; DE NEGRI, J.D.; PIO, R.M.; POMPEU JUNIOR, J. **Citros**. Cordeirópolis: Centro APTA Citros Sylvio Moreira, p. 63-94, 2005.
- PORTELLA, C.R., MARINHO, C.S., AMARAL, B.D., CARVALHO, W.S.G., CAMPOS, G.S., SILVA, M.P.S., SOUSA, M.C. Desempenho de cultivares de citros enxertadas sobre o trifoliato Flying Dragon e limoeiro Cravo em fase de formação do pomar. **Bragantia**, v. 75, p. 70-75, 2016.
- RUIZ-PÉREZ, N.; GONZÁLEZ-ÁVILA, M.; SÁNCHEZ-NAVARRETE, J. Antimycotic Activity and Genotoxic Evaluation of *Citrus sinensis* and *Citrus latifolia* Essential Oils. **Scientific Reports**, v. 6, n. 25371, 9 p., 2016.
- RUSSO, M.; BONACCORSI, I. L.; COSTA, R.; TROZZI, A.; DUGO, P.; MONDELLO, L. Reduced time HPLC analyses for fast quality control of citrus essential oils. **Journal of Essential Oil Research**, v. 27, p. 307-315, 2015.
- SCHÄFER, G.; BASTIANEL, M.; DORNELLES, A.L.C. Porta-enxertos utilizados na citricultura. **Ciência Rural**, v. 31, n. 4, p. 723-733, 2001.

- SCHINOR, E.H.; CRISTOFANI-YALY, M.; BASTIANEL, M.; MACHADO, M.A. Sunki Mandarin vs *Poncirus trifoliata* Hybrids as Rootstocks for Pera Sweet Orange. **Journal of Agricultural Science**, v. 5, n. 6, p. 190-200, 2013.
- SDIRI, S.; CUENCA, J.; NAVARRO, P.; SALVADOR, A.; BERMEJO, A. New triploids late-maturing mandarins as a rich source of antioxidant compounds. **European Food Research and Technology**, v. 246, n. 1, p. 225-237, 2020.
- SERAFINI, L.A.; SANTOS, A.C.A.; TOUGUINHA, L.A.; AGOSTINI, G.; DALFOVO, V. **Extrações e aplicações de óleos essenciais de plantas aromáticas e medicinais**, 1. ed., EDUCS, 54 p., 2002.
- SILVA, M.G.F. Atividade antioxidante e antimicrobiana *in vitro* de óleos essenciais e extratos hidroalcoólicos de manjerona (*Origanum majorana L.*) e manjeriço (*Ocimum basilicum L.*). 2011. 70 f. Dissertação (Bacharel em química), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2011.
- SILVA, S.C., SBRISSIA, A.F. Análise de componentes principais entre características morfogênicas e estruturais em capim-marandu sob lotação contínua. **Ciência Rural**, v. 40, n. 3, p. 690-693, 2010.
- SIMAS, D. L.R.; DE AMORIM, S.H.B.M.; OLIVEIRA, J.M.; ALVIANO, D.S.; SILVA, A.J.R. Caracterização dos óleos essenciais de frutas cítricas. **Citrus Research & Technology**, v. 36, n. 1, p. 1526, 2015.
- SIMONETTI, L.M.; CRISTOFANI-YALY, M.; DE BARROS, V.L.N.P.; SCHINOR, E.H.; FADEL, A.L.; SOUSA, M.C.; LEONEL, S.; TECCHIO, M.A. Porta-enxertos alternativos para cultivo de laranja Valência na região sudoeste do estado de São Paulo. **Citrus Research & Technology**, v. 36, n. 2, p. 49-58, 2015.
- SOUZA; S.A.M.; MEIRA, M.R.; FIGUEIREDO, L.S.; MARTINS E.R. Óleos essenciais: aspectos econômicos e sustentáveis. **Enciclopédia Biosfera**, v. 6, n. 10, p.1-11, 2010.
- SOUZA, R.M.S; SERRA, I.M.R.S; MELO, T.A. Efeito de óleos essenciais como alternativa no controle de *Colletotrichum gloeosporioides*, em pimenta. **Summa Phytopathologica**, v. 38, n. 1, p. 42-47, 2012.
- STUCHI, E.S.; SILVA, S.R.; SEMPIONATO, O.R.; REIFF, E.T.; PAROLIN, L.G.; PERECIN, D. Viroids and rootstocks on field performance of Tahiti acid lime. **Citrus Research & Technology**, 41, e1063. <https://doi.org/10.4322/crt.20420>, 2021.

- TAKESHITA, V.; DE OLIVEIRA, F.F.; WITT, F.A.P.; RIBEIRO, L.F.C. Efeito inibitório de extratos vegetais da família *allioidae* sobre *Guinardia citricarpa* – agente causal da mancha preta em citrus. **Enciclopédia Biosfera**, v. 10, n. 19, p. 906-919, 2014.
- TEIXEIRA, J.P.F.; MARQUES, M.O.M.; FIGUEIREDO, J.O. Composição química de óleos essenciais de quinze genótipos de limão em duas épocas de colheita. **Citrus Research & Technology**, v. 34, n. 2, p. 65-74, 2013.
- ULTRA INTERNATIONAL B.V. Market Report – Winter 2017/18. Disponível em: <<http://ultranl.com/market/market-report-winter-2018/#scrollspy-256>>. Acesso em nov de 2020.
- WOLFFENBÜTTEL, A.N. Óleos essenciais. **Informativo CRQ-V**, v. 11, n. 105, p. 6-7, 2007.