**Universidade de São Paulo
Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”**

**Estudo dos pontos críticos na cadeia de beneficiamento e seus efeitos na
qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’**

Thiago Machado da Silva Acioly

Dissertação apresentada para obtenção do título de
Mestre em Ciências. Área de concentração: Fisiologia e
Bioquímica de Plantas

**Piracicaba
2018**

Thiago Machado da Silva Acioly
Engenheiro Agrônomo

**Estudo dos pontos críticos na cadeia de beneficiamento e seus efeitos na qualidade
e conservação de lima ácida ‘Tahiti’**

versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011

Orientador:

Prof. Dr. **ANGELO PEDRO JACOMINO**

Dissertação para obtenção do título de Mestre em
Ciências. Área de concentração: Fisiologia e Bioquímica
de Plantas

Piracicaba
2018

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
DIVISÃO DE BIBLIOTECA – DIBD/ESALQ/USP

Acioly, Thiago Machado da Silva

Estudo dos pontos críticos na cadeia de beneficiamento e seus efeitos na qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’ / Thiago Machado da Silva Acioly. - - versão revisada de acordo com a resolução CoPGr 6018 de 2011. - - Piracicaba, 2018.

85 p.

Dissertação (Mestrado) - - USP / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”.

1. *Citrus latifolia* Tanaka 2. Packing-house 3. Perdas I. Título

AGRADECIMENTOS

A Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz' e ao Programa de Pós-Graduação em Fisiologia e Bioquímica de Plantas pela infraestrutura, apoio e oportunidade.

Ao Professor Doutor Angelo Pedro Jacomino pela orientação, amizade, oportunidade e auxílio no desenvolvimento deste trabalho.

À secretária do PPG Maria Solizete Granziol Silva pela atenção, disponibilidade e amizade.

Ao técnico Marcos José Trevisan e a todos do Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas pelo auxílio nos mais diversos momentos.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, pela concessão da bolsa de mestrado e recursos para auxílio desta pesquisa.

A empresa Citrus Tree e seus funcionários, pela colaboração e fornecimento de limas ácidas 'Tahiti. Obrigado em especial a Graziella Tagliari, por tornar possível a realização deste trabalho.

EPÍGRAFE

*“E, se bem que seja obscuro
Tudo pela estrada fora,
E falso, ele vem seguro,
E, vencendo estrada e muro,
Chega onde em sono ela mora.
E, inda tonto do que houvera,
A cabeça, em maresia,
Ergue a mão, e encontra hera,
E vê que ele mesmo era A Princesa que dormia.”.*

Fernando Pessoa

SUMÁRIO

RESUMO	7
ABSTRACT	8
1. INTRODUÇÃO	9
REFERÊNCIAS	10
2. REVISÃO DE LITERATURA	11
2.1. CITROS: CARACTERÍSTICAS GERAIS	11
2.2. CARACTERIZAÇÃO BOTÂNICA E ASPECTOS GERAIS DA CULTURA DA LIMA ÁCIDA 'TAHITI'	11
2.3. BENEFICIAMENTO, QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA DA LIMA ÁCIDA 'TAHITI'	12
2.4. PERDAS E DANOS PÓS-COLHEITA DE LIMA ÁCIDA 'TAHITI'	13
REFERÊNCIAS	15
3. EFEITOS DA COLHEITA E DO BENEFICIAMENTO PÓS-COLHEITA NA QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE LIMA ÁCIDA 'TAHITI'	19
RESUMO	19
ABSTRACT	20
3.1. INTRODUÇÃO	21
3.2. MATERIAL E MÉTODOS	22
3.2.1. COLETA E AMOSTRAGEM	22
3.2.2. ANÁLISE ESTATÍSTICA	27
3.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	27
3.3.1. PERDA DE MASSA E MURCHAMENTO	27
3.3.2. RENDIMENTO DO SUCO, SÓLIDOS SOLÚVEIS, ACIDEZ TITULÁVEL E ÁCIDO ASCÓRBICO	28
3.3.3. CLOROFILA TOTAL E COLORAÇÃO DA CASCA	32
3.3.4. PERDA E COLORAÇÃO DO CÁLICE, DISTÚRBIOS FISIOLÓGICOS E DOENÇAS	35
3.4. CONCLUSÃO	40
REFERÊNCIAS	40
4. PONTOS CRÍTICOS DE IMPACTO DA LINHA DE BENEFICIAMENTO DE LIMA ÁCIDA 'TAHITI' E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA	47
RESUMO	47
ABSTRACT	48
4.1. INTRODUÇÃO	49
4.2. MATERIAL E MÉTODOS	50
4.2.1. CARACTERIZAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE IMPACTO DA LINHA DE BENEFICIAMENTO	50
4.2.2. SIMULAÇÃO DOS PONTOS CRÍTICOS DE IMPACTO DA LINHA DE BENEFICIAMENTO, EM LABORATÓRIO	51
4.2.3. ANÁLISE SENSORIAL	55
4.2.4. ANÁLISE ESTATÍSTICA	56
4.3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	56
4.3.1. PONTOS CRÍTICOS DE IMPACTO DA LINHA DE BENEFICIAMENTO	56
4.3.2. EFEITO DOS IMPACTOS SIMULADOS EM LABORATÓRIO NA QUALIDADE FÍSICO-QUÍMICA	59
4.3.2.1. Perda de massa e murchamento	59
4.3.2.2. Rendimento do suco, sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico	60
4.3.2.3. Clorofila total e coloração da casca	64
4.3.2.4. Perda de cálice, distúrbios fisiológicos e doenças	68
4.3.3. ANÁLISE SENSORIAL	71
4.3.3.1. Frutos coletados na planta e submetidos a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento	71

4.3.3.2. Frutos coletados nas etapas da linha de beneficiamento.....	74
4.4. CONCLUSÃO	76
REFERÊNCIAS	76
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	85

RESUMO

Estudo dos pontos críticos na cadeia de beneficiamento e seus efeitos na qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’

O Brasil é o maior produtor de lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka), uma fruta de origem tropical pertencente à família Rutaceae. O beneficiamento pós-colheita desta fruta visa conservar a qualidade obtida no campo por mais tempo, entretanto, injúrias mecânicas podem ocorrer neste processo, elevando a perda de qualidade e, reduzindo a vida útil e o valor comercial dos frutos. Este trabalho foi dividido em duas etapas, as quais deram origem a dois artigos que objetivaram: (1) Avaliar a influência da colheita e do beneficiamento pós-colheita na qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’, (2) Identificar os pontos críticos de impacto na linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’, e avaliar a influência desses pontos na qualidade e na conservação pós-colheita. Na etapa 1, os frutos foram coletados na planta e na linha de beneficiamento, sendo os tratamentos denominados: colheita, secagem, fungicida e giberelina, cera e embalagem. Na etapa 2, os frutos foram coletados diretamente das plantas e submetidos a impactos visando simular aqueles da linha de beneficiamento. Foram realizadas análises físico-químicas de rendimento do suco, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico, clorofila total, perda de massa, coloração da casca (colorímetro e escala de cor), incidência e severidade de oleocelose, e avaliação visual (podridões, murchamento, danos físicos, coloração e perda do cálice). Também foram realizados experimentos sensoriais considerando frutos coletados na linha e com os impactos simulados em laboratório, cada qual em duas condições de armazenamento (refrigerado e ambiente). O beneficiamento contribui para a manutenção de características físico-químicas importantes para a lima ácida ‘Tahiti’, todavia, os resultados obtidos nestes trabalhos apontam que as condições da linha e os impactos a que os frutos são submetidos durante o beneficiamento influem negativamente na qualidade. Na etapa 1, constatou-se com o beneficiamento redução no conteúdo de sólidos solúveis no último dia de armazenamento, queda dos cálices e, maior incidência e severidade de oleocelose. Além disto, o beneficiamento completo acarretou numa maior porcentagem de murchamento e perda da coloração verde da casca dos frutos, sobrepujando os efeitos positivos da giberelina e da cera. Na etapa 2, ao realizar a caracterização da linha, constatou-se magnitude total de 1788,6 G, variando de 23,9 G à 147,4 G dependendo do ponto de transferência. Nos frutos com impactos simulados houve perda da cor verde da casca, de sólidos solúveis, e de acidez titulável e, maior teor de ácido ascórbico, perda de massa, murchamento, queda do cálice e, incidência e severidade de oleocelose. Além disto, a análise sensorial apontou que a preferência dos provadores está alinhada aos níveis de impactos, com os frutos injuriados obtendo menor aceitabilidade para a aparência e, maiores intensidades de amargor e gosto de sobremaduro do suco. Os principais motivos que influenciam na tomada de decisão para o atributo aparência do fruto são incidência de distúrbios, turgidez e coloração da casca. A redução dos impactos na linha de beneficiamento pelo controle das alturas de quedas e do uso de tecnologias, como materiais amortecedores, contribui para a conservação de atributos importantes para a comercialização de lima ácida ‘Tahiti’, reduzindo suas perdas pós-colheita e, gerando maiores lucros aos envolvidos na cadeia de produção.

Palavras-chave: *Citrus latifolia* Tanaka; Packing-house; Perdas

ABSTRACT

Study of the critical points of impact on the handling line and its effects on the quality and conservation of 'Tahiti' acid lime

Brazil is the largest producer of 'Tahiti' acid lime (*Citrus latifolia* Tanaka), a fruit of tropical origin belonging to the Rutaceae family. The postharvest handling of this fruit aims to preserve the quality obtained in the field, however, mechanical injuries increase quality loss, reducing the fruit useful life and commercial value. This work was divided into two stages, which gave rise to two articles that objectified: (1) To evaluate the influence of harvest and postharvest handling on the quality and conservation of 'Tahiti' acid lime; (2) Identify the critical impact points of the 'Tahiti' acid lime handling line, and to evaluate the influence of these points on quality and postharvest conservation. In step 1, the fruits were collected in the plant and in the handling line, being the treatments denominated: harvest, drying, fungicide and gibberellin, wax and packaging. In step 2, fruit were collected from the plants, being the same submitted to impacts aiming to simulate those of the handling line. Physicochemical analysis of the juice yield, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid, chlorophyll, weight loss, peel color (colorimeter and color scale), the incidence and severity of oleocellose and visual evaluation (rotting, wilting, physical damage, coloring and loss of the calyx) were performed. Sensory experiments were also performed considering fruits collected in the line and with simulated impacts in the laboratory, each one under two storage conditions (refrigerated and ambient). The handling contributes to the maintenance of important physical and chemical characteristics for the 'Tahiti' acid lime, however, the results obtained in these studies indicate that the conditions of the line and the impacts to which the fruits are submitted during the handling affect negatively the quality. In step 1, it was verified with the handling the reduction was observed in the content of soluble solids on the last day of storage, drop in the calyxes and, greater incidence and severity of oleocellose. In addition, the complete handling resulted in a higher percentage of wilting and loss of the green color of the fruit peel, overcoming the positive effects of gibberellin and wax. In step 2, when performing the line characterization, a magnitude of 1788.6 G was found, varying from 23.9 G to 147.4 G depending on the transfer point. In fruits with simulated impacts there was loss of the green color of the peel, soluble solids, and titratable acidity and higher ascorbic acid content, weight loss, wilting, and drop the calyx, oleocellose incidence and severity. In addition, the sensorial analysis showed that the preference of the tasters agrees with the impact magnitude levels, with the injured fruits obtaining less acceptability for the appearance, higher intensities of bitterness and taste overriper of juice. The main reasons that influence in the decision making for the attribute appearance are incidence of disorders, turgidity and coloration of peel. Reducing impacts on the handling line for control of falls and the use of technologies such as bumpers materials, contributes to the conservation of important attributes for the marketing of 'Tahiti' acid lime, reducing its postharvest losses and generating higher profits to those involved in the production chain.

Keywords: *Citrus latifolia* Tanaka; Packing-house; Losses

1. INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de frutas. A produção é na maior parte absorvida pelo mercado interno, entretanto, muitas frutas têm lugar garantido no mercado externo, como manga, banana, uva e algumas espécies e variedades de citros. Cultivados e comercializados em todo o mundo, os citros vêm se destacando no agronegócio, à medida que movimentam bilhões de dólares por ano em serviços e produtos, podendo ser consumidos *in natura* ou em forma de sucos, néctares, geleias e doces (NEVES et al., 2010).

No ranking geral de produção de limões e limas, o Brasil ocupa a quinta posição, entretanto, considerando apenas a produção de lima ácida ‘Tahiti’, é o primeiro colocado (FAOSTAT, 2016). No mercado interno, os preços praticados se baseiam na disponibilidade da fruta e na lei da oferta e procura, atingindo valores máximos nos meses de entressafra. Quando no período de safra, onde a oferta do fruto é maior, a exportação se torna uma alternativa interessante, devido aos preços serem superiores aos praticados pelo mercado interno (BREMER NETO et al., 2010). Já o processamento industrial, torna-se alternativa quando os frutos não atingem a qualidade exigida pelos mercados interno e externo, contribuindo para absorção do excesso de produção na época de safra (BREMER NETO et al., 2010).

A valorização da lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka) no mercado interno e a expansão da comercialização no mercado internacional do fruto *in natura* promoveram condições favoráveis para o desenvolvimento de uma cadeia produtiva composta por citricultores e indústrias de beneficiamento, nas principais regiões produtoras do Brasil (EUROPEAN COMMISSION, 2017). Em 2010, a lima ácida ‘Tahiti’ representou 97,5% da quantidade total de limas e limões comercializados na Central de Abastecimento Gerais do Estado de São Paulo – CEAGESP (BREMER NETO et al., 2012).

Os principais atributos de qualidade exigidos para lima ácida ‘Tahiti’ visando garantir comercialização rentável são tamanho, forma, brilho, sabor, coloração verde e turgescência (GAYET; SALVO FILHO, 2003). A manutenção da cor verde da casca de limas ácidas é extremamente desejável durante toda vida útil pós-colheita, sendo que à medida que se inicia o aparecimento da coloração amarela, reduz-se sua aceitação pelo mercado consumidor (SPÓSITO et al., 2000).

Em decorrência disto, os objetivos do presente trabalho foram: (1) Avaliar a influência da colheita e do beneficiamento pós-colheita na qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’, (2) Identificar os pontos críticos de impacto na linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’, e avaliar a influência desses pontos na qualidade e conservação pós-colheita.

REFERÊNCIAS

Agricultural Statistics Database - FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

BREMER NETO, H. et al. **Caracterização tecnológica e aptidão mercadológica de clones de lima ácida “Tahiti”.** CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Anais...** Frutas: saúde, inovação e responsabilidade. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/873309>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

BREMER NETO, H. et al. The horticultural performance of five “Tahiti” lime selections grafted onto “Swingle” citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 181–186, 2012.

EUROPEAN COMMISSION. **Trade Helpdesk.** Disponível em: <<http://trade.ec.europa.eu/tradehelp/>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

GAYET, J. P.; SALVO FILHO, A. Colheita e beneficiamento. In: **MATTOS JUNIOR, D. de DE NEGRI, J.D. FIGUEIREDO, J.O.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 147–162.

NEVES, M. F. et al. O retrato da citricultura brasileira. p. 138, 2010.

SPÓSITO, M. B. E. et al. Armazenamento refrigerado de frutos de limeira-ácida “Tahiti” tratados com GA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 3, p. 345–348, 2000.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Citros: características gerais

Os citros estão entre os frutos mais produzidos e consumidos do mundo. Por exemplo, as produções globais de laranja e limão para 2016/17 foram previstas em 2,4 e 7,3 milhões de toneladas, respectivamente (PUTNIK et al., 2017). A citricultura se mostra economicamente importante, principalmente, nas regiões tropicais e subtropicais, onde as condições edafoclimáticas contribuem para o cultivo (NOCE; MOTA, 2004). Em terras brasileiras, os citros encontraram condições climáticas favoráveis para a produção e assim, se expandiram por todo o país (OLIVEIRA; OLIVEIRA; MOURA, 2012). Entre as espécies cultivadas destes frutos, as mais importantes são: *Citrus sinensis* (Laranjas doces), *Citrus limon* (Limões), *Citrus reticulata* (Tangerinas), *Citrus paradisi* (Pomelos), *Citrus medica* (Cidras), *Citrus aurantifolia* (Lima), *Citrus aurantium* (Laranjas azedas ou amargas) e *Citrus latifolia* (Tahiti).

2.2. Caracterização botânica e aspectos gerais da cultura da lima ácida ‘Tahiti’

A lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka), mais conhecida como limão ‘Tahiti’, é uma fruta de origem tropical pertencente à família Rutaceae (ALMEIDA, 2014). Pertence ao pequeno grupo das limas, que se subdivide em limas doces (*Citrus limettioides* Tanaka), com pouca importância comercial e limas ácidas, composto pelas limas ácidas ‘Galego’ e ‘Tahiti’ (AGUSTÍ, 2003). Não se tem certeza da origem da lima ácida ‘Tahiti’, entretanto, provavelmente, surgiu nos Estados Unidos, a partir de sementes de limão introduzidas do Taiti (BARBOZA et al., 2008). Estas plantas são perenes do tipo arbórea, e apresentam porte médio, copa arredondada e espinhos axilares de cor cinza. A limeira ‘Tahiti’ pode atingir até quatro metros de altura, sendo caracterizada por uma copa densa e vigorosa, com folhas em contínua reposição, podendo permanecer na planta por até 3 anos (JUNQUEIRA, 2009). A folhagem é verde e densa, com folhas coriáceas de tamanho médio, lanceoladas, alternadas, simples e com pecíolos alados. Suas folhas são mesofíticas, todavia também podem apresentar características xeromórficas, não mostram atividade estomatal na parte adaxial, possuem uma camada de cera, e o murchamento em folhas maduras ocorre apenas com potenciais de água baixos (GUARDIOLA, 1992).

Suas flores são hermafroditas, normalmente com 5 pétalas, com botões avermelhados, pétalas branco-amareladas e aromáticas que nascem em grupos de 2 a 20 unidades. No Brasil, o florescimento ocorre durante quase todo o ano, com um grande número de flores nos meses antes da safra, que corresponde de janeiro a junho. Existem fatores que implicam no

abortamento de flores, merecendo destaque aqueles de ordem fisiológica, os quais são influenciados por temperaturas muito altas ou muito baixas, e pela competição por metabólitos (BATISTA, 2010). Entretanto, o estado nutricional e a ocorrência de doenças são os fatores mais relevantes (JUNQUEIRA, 2009). Seus frutos são grandes, ovais, oblongos ou levemente elípticos, do tipo baga, contendo vesículas preenchidas por líquido e apresentam sabor ácido e doce; pesam em média de 70 a 100 g, com comprimento que varia de 5,5 a 7,0 cm e diâmetro entre 4,7 e 6,3 cm (BATISTA, 2010). O suco representa, aproximadamente metade da massa total do fruto e apresenta teor médio de sólidos solúveis de 8,6 °Brix, acidez titulável de 5,55% e conteúdo de ácido ascórbico (vitamina C) entre 33,58 mg 100 g⁻¹ (BASSAN et al., 2016; BATISTA, 2010).

A produção de lima ácida ‘Tahiti’ é precoce, mostrando produção significativa a partir do terceiro ano, e expressando rendimentos econômicos a partir do quinto ano em diante em relação ao capital investido (COELHO, 1993). Desde a floração até a fase de maturação, o período é de até 170 dias, variando de acordo com as condições edafoclimáticas da região (MARCONDES, 1991). De acordo com SEAGRI, o suco da lima ácida ‘Tahiti’ é usado na limpeza e, na culinária com o preparo de alimentos (carnes, massas, bolos, confeitos) e de sucos (JUNQUEIRA, 2009). Ademais seus metabólicos possuem atividades biológicas protetoras, incluindo propriedades anticancerígenas, antivirais e anti-inflamatórias (EMIM; OLIVEIRA; LAPA, 1994; MANTHEY; GUTHRIE; GROHMANN, 2001).

2.3. Beneficiamento, qualidade e conservação pós-colheita da lima ácida ‘Tahiti’

A qualidade da lima ácida ‘Tahiti’ depende de uma série de fatores relacionados ao cultivo, como clima, tratos culturais, colheita, manejo de pragas e doenças. Entretanto, cabe ao processo de beneficiamento proporcionar a conservação das características de qualidade provenientes do campo para que o produto seja comercializado com o padrão exigido. Para a lima ácida ‘Tahiti’, a turgescência do fruto e a coloração verde da casca estão entre os principais atributos de qualidade que devem ser mantidos, além disto a redução na incidência de podridões contribui para a conservação dos frutos (BASSAN, 2012).

As exigências quanto aos atributos de qualidade também variam em função do mercado alvo. Para o mercado interno há preferência pela lima ‘Tahiti’ com muito suco e de casca lisa, enquanto para o mercado externo a casca deve ter coloração verde intensa. Diante disto, o beneficiamento busca separar as frutas nas categorias exportação, mercado interno e industrialização, para garantir que cada mercado terá os frutos com a qualidade exigida e que seus respectivos frutos recebam os tratamentos pós-colheita necessários. Este processo de

beneficiamento se inicia com a recepção/ descarregamento dos frutos na área suja, seguido pela limpeza, secagem, classificação por tamanho e cor, aplicação de fungicida e giberelina, repouso, seleção para retirada de frutos indesejáveis, secagem, aplicação de cera, secagem, nova classificação por tamanho e cor, embalagem e paletização.

Apesar dos benefícios do beneficiamento pós-colheita, os frutos são expostos a uma maior quantidade de danos físicos durante essas etapas adicionais de manipulação, movimentação e transporte. De acordo com SARDI (2018), danos físicos podem ocorrer numa linha de beneficiamento principalmente devido a queda de frutos, fluxo inadequado, transferência de frutos entre os componentes da linha, resíduos de cera, falta de manutenção nos equipamentos da linha, velocidades elevadas dos frutos e superfícies rígidas.

As principais mudanças pós-colheita na lima ácida ‘Tahiti’ estão relacionadas à perda de massa, que ocorre pelo processo de transpiração, e a mudança de coloração da casca (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para garantir o elevado nível de exigência dos consumidores, seus produtores e comerciantes devem manejá-los de forma cuidadosa tanto no campo, como no transporte e beneficiamento. Uma vez que, para a lima ácida ‘Tahiti’ um bom aspecto visual é imprescindível, com a presença de irregularidades na casca, como defeitos, manchas e cicatrizes sendo suficientes para desvalorizar o produto (BASSAN, 2012).

2.4. Perdas e danos pós-colheita de lima ácida ‘Tahiti’

Desde a colheita até chegarem ao consumidor final, os frutos sofrem diversas injúrias que, dependendo da sensibilidade e do nível de qualidade exigido, podem levar a perdas pós-colheita. As deteriorações resultantes de injúrias mecânicas, ocorrem geralmente devido ao impacto, à compressão e/ou à vibração, comuns durante o manuseio, transporte e armazenamento inadequados, além de uma exposição prolongada no varejo (MONTERO et al., 2012). As lesões por impacto afetam a qualidade dos frutos de lima ácida ‘Tahiti’, comprometendo tanto aparência dos frutos como facilitando a incidência de doenças pós-colheita (DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005). A severidade dos danos causados por impactos em uma linha de beneficiamento pode ser reduzida diminuindo a altura de queda entre as etapas ou através da utilização de protetores, que dissipam a força do impacto (FERREIRA et al., 2009; FERREIRA; HENRIQUE NETTO, 2007; VALENTINI et al., 2009).

Os distúrbios fisiológicos são caracterizados como alterações de origem não patogênica, decorrentes de modificações no metabolismo normal de um vegetal ou na

integridade estrutural de seus tecidos. Os distúrbios fisiológicos podem levar a depreciação visual, elevação na taxa respiratória, maior produção de etileno e atividade metabólica, perda de massa, perda do flavor e do valor nutritivo (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MARÍA; FERNANDO; PACO, 2014; MONTERO et al., 2009, 2012). A incidência e a severidade do distúrbio fisiológico dependem da energia, do número de impactos e do estágio de amadurecimento. Na lima ácida ‘Tahiti’, os distúrbios fisiológicos mais encontrados são a oleocelose e a podridão estilar.

A oleocelose é caracterizada pelo rompimento das glândulas de óleo da casca do fruto por fortes pressões e impacto, o que leva ao extravasamento do seu conteúdo (MONTERO et al., 2012; ZHENG et al., 2010). A oleocelose provoca injúrias nas células da epiderme, que com o tempo se tornam escuras e ressecadas, trazendo perdas financeiras aos produtores (MONTERO et al., 2012; ZHENG et al., 2010). A incidência deste distúrbio é agravada nos meses mais quentes e favorecida quando as glândulas de óleo estão túrgidas, podendo ser amenizada ao evitar a colheita nos períodos da manhã, em dias chuvosos ou após uma irrigação, quando o fruto fica mais túrgido.

A podridão estilar é caracterizada por rompimento das vesículas de suco, o qual é liberado na casca pelo eixo central, causando a podridão dos tecidos nas extremidades do fruto, inicialmente forma uma lesão de coloração parda, todavia se expande até atingir uma grande área do fruto (DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005). Sua ocorrência está associada ao estágio de maturação, que quanto mais avançado maior a susceptibilidade, e a temperatura do fruto, visto que temperaturas ideais favorecem o seu surgimento. A colheita dos frutos deve ser realizada antes de atingirem seu tamanho máximo e fora do período de máxima turgescência das vesículas de suco a fim de amenizar a ocorrência da podridão estilar (AGUILAR-VOLDOSO, C.I. MÜLLER; TARGON; SCHINOR, 2003).

Além dos distúrbios, as doenças podem propiciar elevadas perdas pós-colheita, como no caso das podridões causadas por uma infecção pré-colheita ou pós-colheita. As infecções pré-colheita, normalmente ocorrem quando o patógeno alcança a flor ou o fruto em campo e permanece dormente até a pós-colheita, quando condições adequadas permitem o seu desenvolvimento (ECKERT; EAKS, 1989). Já as infecções pós-colheita, ocorrem geralmente pela entrada de patógenos por ferimentos causados durante ou após a colheita. Em lima ácida ‘Tahiti’, as doenças mais comumente encontradas são os bolores azul e verde, causadas pelos patógenos *Penicillium italicum* e *Penicillium digitatum*, respectivamente. Com destaque para podridão peduncular, causada pelo patógeno *Phomopsis citri*, que se caracteriza pela necrose

no tecido de frutos amadurecidos ou em amadurecimento, iniciando no ponto de inserção do pedúnculo e se estendendo no sentido da extremidade estilar (GAYET et al., 1995).

Todas estas fontes de perdas atuam de forma cumulativa durante toda a cadeia de comercialização da lima ácida ‘Tahiti’, desde a colheita até o consumidor final. Assim, cabe aos envolvidos na cadeia procurar formas de reduzir o impacto de cada etapa na qualidade do produto final.

REFERÊNCIAS

AGUILAR-VOLDOSO, C.I. MÜLLER, G. W.; TARGON, M. L. P. N.; SCHINOR, E. H. Proteção integrada de doenças de Lima ácida ‘Tahiti’. In: **MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.** Campinas: Instituto agrônômico, 2003. p. 147–162.

AGUSTÍ, M. **Citricultura**. Madrid: Mundi-Prensa, 2003. 422 p.

ALMEIDA, M. B. DE. **Determinação do estágio ótimo de maturação a colheita do limão “Siciliano”, produzidos no estado do Ceará**. [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2014.

BARBOZA, C. R. A. J. et al. Coeficiente de cultura da Lima- ácida Tahiti no outono-inverno determinado por lisimetria de pesagem em Piracicaba-SP. **Engenharia Agrícola**, v. 28, n. 4, p. 691–698, 2008.

BASSAN, M. M. **Qualidade e conservação de lima ácida “Tahiti” em função dos métodos de colheita e das etapas de beneficiamento pós-colheita**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 3 set. 2012.

BATISTA, E. A. **Caracterização da produção e comercialização da lima ácida tahiti (*Citrus latifolia* TANAKA) no município de cruz das almas no estado da bahia**. [s.l.] Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2 ed. ed. [s.l.] Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COELHO, Y. **Lima ácida “Tahiti” para exportação: aspectos técnicos da produção**.

Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993. 35p.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B.-H.; DURIGAN, J. F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida “Tahiti” armazenada sob condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 369–372, dez. 2005.

ECKERT, J. W.; EAKS, I. L. Postharvest disorders and diseases of citrus fruits. In: **REUTER, W. CALAVAN, E.C. CARMAN, G.E.** Berkeley: University of California Press, 1989. p. 179–260.

EMIM, J. A. D. S.; OLIVEIRA, A. B.; LAPA, A. J. Pharmacological Evaluation of the Anti-inflammatory Activity of a Citrus Bioflavonoid, Hesperidin, and the Isoflavonoids, Duartin and Claussequinone, in Rats and Mice. **Journal of Pharmacy and Pharmacology**, v. 46, n. 2, p. 118–122, 1 fev. 1994.

FERREIRA, M. D. et al. Determinação em tempo real da magnitude de danos físicos por impacto em linhas de beneficiamento e em condições de laboratório e seus efeitos na qualidade de tomate. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 630–641, 2009.

FERREIRA, M. D.; HENRIQUE NETTO, L. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 279–285, jun. 2007.

GAYET, J. P. et al. **Lima ácida “Tahiti” para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.

GUARDIOLA, J. L. **Frutificação e crescimento**. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS-FISIOLOGIA. **Anais...**Campinas: Fundação Cargill, 1992.

JUNQUEIRA, L. P. **Fenologia e características físicas da lima ácida “Tahiti” cultivada sob irrigação no Distrito Federal**. [s.l.] Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2009.

MANTHEY, J. A.; GUTHRIE, N.; GROHMANN, K. Biological Properties of Citrus

Flavonoids Pertaining to Cancer and Inflammation. **Current Medicinal Chemistry**, v. 8, n. 2, p. 135–153, 1 fev. 2001.

MARCONDES, P. T. S. **Manejo do florescimento e da produção da lima ácida “Tahiti” com reguladores de crescimento e derriça**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1991.

MARÍA, T. L.; FERNANDO, A.; PACO, R. Postharvest ethylene conditioning as a tool to reduce quality loss of stored mature sweet oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 94, p. 104–111, 1 ago. 2014.

MONTERO, C. R. S. et al. Postharvest mechanical damage affects fruit quality of “Montenegrina” and “Rainha” tangerines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1636–1640, dez. 2009.

MONTERO, C. R. S. et al. Oleocellosis incidence in citrus fruit in response to mechanical injuries. **Scientia Horticulturae**, v. 134, p. 227–231, fev. 2012.

NOCE, R.; MOTA, J. H. Dinâmica da Produção de Laranja na Década de 1990. **Revista Laranja**, v. 25, n. 1, p. 37–44, 2004.

OLIVEIRA, I. P. DE; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. DE. Frutas cítricas. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n. 4, 2012.

PUTNIK, P. et al. Innovative “Green” and Novel Strategies for the Extraction of Bioactive Added Value Compounds from Citrus Wastes—A Review. **Molecules**, v. 22, n. 5, p. 680, 27 abr. 2017.

SARDI. Horticulture: **Mechanical Injury**. South Australian Research and Development Institute. Disponível em: <<http://pir.sa.gov.au/research>>. Acesso em: 19 fev. 2018.

VALENTINI, S. R. DE T. et al. Avaliação de linhas de beneficiamento e impactos de queda na qualidade de caqui “Rama Forte”. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 642–655, 2009.

ZHENG, Y. et al. Characteristics and oleocellosis sensitivity of citrus fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 312–317, 2010.

3. EFEITOS DA COLHEITA E DO BENEFICIAMENTO PÓS-COLHEITA NA QUALIDADE E CONSERVAÇÃO DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’

Resumo

O Brasil ocupa a quinta posição no ranking mundial de produção de limões e limas, com aproximadamente 1,1 milhões de toneladas produzidas em 2014. Entretanto, sua exportação no mesmo ano foi de apenas 8,38% do total produzido. Uma das dificuldades para a exportação é a falta de qualidade dos frutos, que tendem a perder coloração verde da casca e massa fresca após a colheita. A qualidade pós-colheita pode ser afetada por processos de deterioração mecânicos, fisiológicos e causados por patógenos, decorrentes de práticas inadequadas de condução da cultura no campo, durante a colheita, transporte e beneficiamento. Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a influência da colheita e das etapas de beneficiamento pós-colheita na qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’. Os frutos foram coletados em pomar comercial localizado no município de Mogi Mirim-SP, beneficiados em packing-house e armazenados durante 40 dias sob refrigeração mais 15 dias em temperatura ambiente. Os frutos foram amostrados nas etapas de colheita, secagem, fungicida e giberelina, cera e embalagem. Foram realizadas análises físico-químicas de rendimento do suco, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico, clorofila total, perda de massa, coloração da casca (colorímetro e escala de cor), incidência e severidade de oleocelose, e avaliação visual (podridões, murchamento, danos físicos, coloração e perda do cálice). O delineamento utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial com 5 pontos de coleta de frutos na linha de beneficiamento e 3 ou 8 dias de análises para as variáveis destrutivas e não destrutivas, respectivamente. No último dia de armazenamento, o beneficiamento promoveu a queda de sólidos solúveis, onde os frutos da colheita apresentaram 8,89 °Brix, enquanto aqueles da cera e embalagem 8,40 °Brix e 8,44 °Brix, respectivamente. Os frutos da cera sofreram menos perda da coloração verde da casca, com base no índice de cor, visto que, apresentaram média de -7,93, enquanto aqueles coletados na planta -5,03. Todavia, os impactos adicionais dos frutos da embalagem contribuíram para maior perda de coloração verde da casca quando comparados aos frutos da cera, uma vez que o acréscimo na produção de etileno, pode ter sobrepôsto à função da giberelina e da cera na manutenção da coloração. A aplicação de cera também favoreceu a conservação da massa e a menor ocorrência do murchamento, contudo no último dia de armazenamento as injúrias mecânicas do beneficiamento completo sobrepuseram seu efeito positivo. Além disto, o beneficiamento influenciou na queda dos cálices com os frutos da cera e embalagem perdendo 15,00% e 16,25% de seus cálices, respectivamente, enquanto aqueles coletados na planta somente 5%. Os tratamentos pós-colheita contribuem para a manutenção da qualidade de lima ácida ‘Tahiti’, todavia, o beneficiamento afetou negativamente características físico-químicas importantes para sua comercialização.

Palavras-chave: *Citrus latifolia* Tanaka; Packing-house; Perdas

Abstract

Brazil ranks fifth in the world ranking of lemons and limes production, with approximately 1.1 million tons produced in 2014. However, its export in the same year was only 8.38% of the total produced. One of the difficulties for export is the lack of fruit quality, which tend to lose green coloration of the peel and fresh dough after harvest. The postharvest quality can be affected by mechanical, physiological and pathogenic deterioration process resulting from improper practices of conducting the crop in the field during harvesting, transporting and handling. In view of the above, this work aimed to evaluate the influence of the harvest and postharvest handling stages on the quality and conservation of 'Tahiti' acid lime. In view of the above, this work aimed to evaluate the influence of harvesting and postharvest handling stages on the quality and conservation of 'Tahiti' acid lime. The fruits were collected in commercial orchards, benefited in packing house and stored for 40 days under refrigeration plus 15 days at room temperature. The fruits were sampled in the harvesting, drying, fungicide and gibberellin, wax and packaging stages. Physicochemical analyzes of juice yield, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid, total chlorophyll, mass loss, peel color (colorimeter and color scale), incidence and severity of oleocellose, and visual evaluation (rotting, wilting, physical damage, coloring and loss of the calyx) were performed. The experimental design was a completely randomized design, with a 5 collection points in the handling line and 3 or 8 days of analysis for the destructive and non-destructive variables, respectively. On the last day of storage, the beneficiation promoted the drop of soluble solids, where the fruits of the harvest presented 8.89 ° Brix, while those of the wax and packaging 8,40 ° Brix and 8,44 ° Brix, respectively. The wax fruits suffered less loss of the green coloration of the peel, based on the color index, since, they presented an average of -7.93, while those collected at the plant -5.03. However, the additional impacts of packaging fruits to greater loss of green peel dye when compared to wax fruits, since it is a process of ethylene production, may have superimposed on the function of gibberellin and wax in maintaining the coloration. The application of wax also favored the preservation of the mass and the lower occurrence of wilting, however on the last day of storage the mechanical damages of the complete processing overcame its positive effect. In addition, the beneficiation influenced the drop of the calyx with the fruits of the wax and packaging losing 15.00% and 16.25% of their calyces, respectively, while those collected in the plant only 5%. Postharvest treatments contribute to the maintenance of 'Tahiti' acid lime quality, however, the handling negatively affected physicochemical characteristics important for commercialization.

Keywords: *Citrus latifolia* Tanaka; Packing-house; Losses

3.1. Introdução

O Brasil ocupa a quinta posição no ranking mundial de produção de limões e limas, com aproximadamente 1,1 milhões de toneladas produzidas em 2014, perdendo somente para Índia, México, China e Argentina (FAOSTAT, 2016). Entretanto, sua exportação no mesmo ano foi de apenas 8,38% do total produzido (ALICEWEB, 2017). Uma das dificuldades para a exportação é a falta de qualidade dos frutos, que tendem a perder coloração verde da casca e massa fresca após a colheita (BREMER NETO et al., 2012; DOTTO et al., 2015).

Os frutos de lima ácida ‘Tahiti’ são os únicos frutos cítricos em que a cor para comercialização é preferencialmente verde; onde frutos de coloração amarelada tem aceitabilidade reduzida, assim limitando a abertura de novos mercados internacionais (DA SILVA et al., 2016; KAEWSUKSAENG et al., 2015; NASCIMENTO; SANTOS, 2013; RODRIGO et al., 2013; STUCHI et al., 2009). A qualidade pós-colheita de um fruto pode ser afetada por processos de deterioração mecânicos, fisiológicos e causados por patógenos, decorrentes de práticas inadequadas de condução da cultura no campo, durante a colheita, transporte e beneficiamento (BASSAN et al., 2016; FERREIRA, 2008; KLUGE et al., 2001).

As deteriorações resultantes de injúrias mecânicas ocorrem devido ao impacto, à compressão e à vibração; sendo extremamente comuns durante o manuseio pós-colheita de citros (MONTERO et al., 2012). As injúrias por impacto são as causas mais comuns de dano mecânico, sendo caracterizadas por deformações que podem causar rompimento celular, amassamento e encharcamento (BAUTISTA; PEREA; LÓPEZ, 2011; MONTERO et al., 2009). Defeitos na casca, como manchas e cicatrizes, são suficientes para promover a desvalorização da lima ácida ‘Tahiti’, dada a importância de seu aspecto visual, ademais danos mecânicos se relacionam a perda de qualidade interna, como modificação do sabor e do valor nutricional (BASSAN, 2012; DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005).

A incidência de danos mecânicos no campo, durante a colheita, no armazenamento e no transporte pode favorecer a contaminação microbiológica ao permitir a entrada de patógenos (SIMAS et al., 2017). As principais doenças pós-colheita em lima ácida ‘Tahiti’ são os bolores azul e verde causados pelos patógenos *Penicillium italicum* e *Penicillium digitatum*, respectivamente (KHAMIS et al., 2012). Destaca-se a podridão peduncular, causada pelo patógeno *Phomopsis citri*, que se caracteriza pela necrose no tecido de frutos amadurecidos ou em amadurecimento, iniciando no ponto de inserção do pedúnculo e se estendendo no sentido da extremidade estilar (GAYET et al., 1995).

Por sua vez, os distúrbios fisiológicos mais comuns em lima ácida ‘Tahiti’ são a oleocelose e a podridão estilar. A oleocelose ocorre devido ao rompimento das glândulas de

óleo da casca do fruto por fortes pressões e impacto, o que leva ao extravasamento do seu conteúdo (MONTERO et al., 2012; ZHENG et al., 2010). A oleocelose provoca injúrias nas células da epiderme, que com o tempo se tornam escuras e ressecadas, trazendo extensas perdas financeiras aos produtores (MONTERO et al., 2012; ZHENG et al., 2010). A ocorrência desse distúrbio varia em função da precipitação, umidade relativa do ar e temperatura, sendo associada a injúrias mecânicas e causando grandes perdas pós-colheita (HERMOSILLA, 2008; MONTERO et al., 2012). Já a podridão estilar é caracterizada por um rompimento das vesículas de suco, o qual é liberado na casca pelo eixo central, causando a podridão dos tecidos nas extremidades do fruto (DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005).

Para minimizar o aparecimento desses processos de deterioração e garantir o elevado nível de exigência dos consumidores, produtores e comerciantes de lima ácida ‘Tahiti’ devem manejá-la de forma cuidadosa no campo, transporte e beneficiamento. Apesar do processo de beneficiamento visar manter as características de qualidade do campo por mais tempo, produtores e exportadores de lima ácida ‘Tahiti’ têm observado redução na qualidade dos frutos durante esta etapa, principalmente devido a ocorrência de injúrias e distúrbios fisiológicos (BASSAN et al., 2016).

Pesquisas realizadas com lima ácida ‘Tahiti’ (BASSAN et al., 2013, 2016), laranjas ‘Valencia’, ‘Lima’, ‘Pêra’ e ‘Natal’, tangor ‘Murcott’ (FISCHER et al., 2007, 2009) e, tangerinas ‘Montenegrina’ e ‘Rainha’ (MONTERO et al., 2009) mostraram que a qualidade e conservação dos frutos foram prejudicados pela movimentação, manipulação e consequentes injúrias características do beneficiamento. Diante do exposto, este trabalho objetivou avaliar a influência da colheita e das etapas de beneficiamento pós-colheita na qualidade e conservação de lima ácida ‘Tahiti’.

3.2. Material e métodos

3.2.1. Coleta e amostragem

A colheita de limas ácidas ‘Tahiti’ foi realizada, no mês de junho de 2016, em pomar comercial localizado em Mogi Mirim-SP (22° 25' 55" S, 46° 57' 30" W). Mogi Mirim está inserida em uma das principais regiões produtoras de lima ácida ‘Tahiti’ do Brasil, sendo o quarto maior produtor no estado de São Paulo em 2013 (BAPTISTELLA; COELHO; CASER, 2014). Os frutos foram beneficiados em packing-house nas etapas de recepção, limpeza, secagem, classificação por tamanho e cor, aplicação de fungicida e giberelina, repouso, seleção para retirada de frutos indesejáveis, secagem, aplicação de cera, secagem, nova classificação por tamanho e cor, embalagem e paletização.

No packing-house, os frutos foram sanitizados com água clorada (200 mg L⁻¹ de oxicleto de cálcio) numa balsa de 2200 L de capacidade, escovados com detergente neutro (escovas de polietileno) e enxaguados em água corrente. Em seguida, os frutos foram secos em túnel de ar quente (50 °C ± 5 °C por 1 minuto) e classificados de acordo com o tamanho e a coloração da casca em classificador eletrônico (marca Fomesa). Desta forma, de acordo com a cor foram separados em quatro categorias denominadas '*premium*', 'exportação', 'mercado interno' e 'indústria'. Na etapa seguinte, os frutos foram tratados com fungicida (3 mL L⁻¹ de Imazalil) e ácido giberélico (0,1 g L⁻¹ de Progib, 40% GA₃) por pulverização, para então serem acondicionados em contentores plásticos (27 kg), onde permaneceram durante 60 a 72 horas, em condição ambiente.

Em seguida, os frutos foram selecionados manualmente, retirando-se aqueles que manifestaram distúrbios ou podridões, e então passaram por secagem em túnel de ar quente (50 °C ± 5 °C por 1 minuto), e pela aplicação de cera com fungicida (polietileno oxidado 18% com 2 mL L⁻¹ de Imazalil) por pulverização, outra secagem em túnel de ar quente (50 °C ± 5 °C por 1 minuto) e, nova classificação por cor e tamanho (calibre de 30-70 mm). Por último, os frutos foram embalados em caixas de papelão (4,5 kg), em embaladora automática, e paletizados.

Os frutos foram amostrados em cinco pontos na linha de beneficiamento, correspondendo aos tratamentos: T1 – Colheita: coleta diretamente na planta, por torção individual; T2 – Secagem: coleta ao final da primeira etapa de secagem; T3 – Fungicida e giberelina: coleta após as aplicações; T4 – Cera: coleta após a aplicação; T5 – Embalagem: coleta após embalagem (Figura 1). Os frutos coletados em cada ponto de amostragem foram acondicionados em caixas plásticas revestidas com espuma e transportados ao Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas (LPV-ESALQ-USP).

Figura 1 Etapas do beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’ e pontos de coleta de frutos que corresponderam aos tratamentos estudados. T1 – Colheita: coleta diretamente na planta, por torção individual; T2 – Secagem: coleta ao final da primeira etapa de secagem; T3 – Fungicida e giberelina: coleta após as aplicações; T4 – Cera: coleta após a aplicação; T5 – Embalagem: coleta após embalagem.

No laboratório os frutos foram armazenados durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR), simulando as condições de exportação para o mercado europeu. As análises destrutivas foram realizadas nos dias 0, 40 e 55. As análises não destrutivas foram realizadas a cada 10 dias durante o período de refrigeração e a cada 5 dias durante o período em temperatura ambiente, com um mesmo lote do início ao final do armazenamento. Para as análises destrutivas foram utilizadas 4 repetições de 10 frutos e para as não destrutivas 4 repetições de 20 frutos, totalizando 200 frutos por tratamento.

As análises destrutivas foram: rendimento do suco (RS), determinado pela diferença entre a massa dos frutos inteiros (g) e a massa do suco (g) pela equação $RS = (\text{massa do suco (g)} \times 100) / \text{massa dos frutos inteiros (g)}$, em balança (Gehara BG 2000), os resultados foram expressos em porcentagem de suco; sólidos solúveis, medido em refratômetro digital (ATAGO, Palette PR-101), com os resultados expressos em $^{\circ}\text{Brix}$; acidez titulável (AT), determinada pela equação $AT = (\text{volume NaOH (mL)} \times 1 \times 64,02) / (10 \times \text{massa do suco (g)})$ de acordo com Carvalho et al. (1990), com 10 g de suco de cada repetição colocados em 90 mL de água destilada, através da titulação potenciométrica com hidróxido de sódio 1,0 N até

pH 8,10 (ponto de viragem da fenolftaleína), em pHmetro (TECNAL, Tec-3MP), os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico; ácido ascórbico (AA), determinado pela equação

$$AA = (\text{volume DCFI (mL)} \times \text{padrão ácido ascórbico (mL)} \times 100 / \text{massa do suco (g)})$$
 de acordo com Carvalho et al. (1990), com 5 g de suco de cada repetição colocados em Erlenmeyer contendo 25 mL de solução de ácido oxálico 1%, por redução do indicador 2,6-diclorofenol indofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico, os resultados foram expressos em mg 100 g⁻¹ de suco; clorofila total (CT), determinada segundo metodologia de Manfroí et al. (1996) adaptada, após retirar 1 cm² da casca dos frutos de cada repetição, que foram pesadas e colocadas em frascos âmbar contendo 10 mL de solução extratora de acetona 80%, em seguida, os frascos foram armazenados a 4 °C por 72 horas, e realizadas as leitura de absorbância da solução em espectrofotômetro (BIOCHROM, Libra S22) (646 nm e 663 nm), os valores obtidos foram divididos pela massa total em gramas da amostra, e aplicados na equação $CT = 7,15 \times (\text{Absorbância a 663 nm}) + 18,71 \times (\text{Absorbância a 646 nm})$ para obter o teor de clorofila total, os resultados foram expressos em mg g⁻¹ de casca.

As análises não destrutivas foram coloração da casca, determinada por colorímetro (MINOLTA, CR-300) com uma leitura por fruto em local previamente demarcado e livre de distúrbios fisiológicos, danos mecânicos e manchas. A partir destes dados foi avaliado o índice de cor (IC) pela equação $IC = 1000 \times a / (L \times b)$, o qual varia entre -20 a +20, sendo que quanto menor o IC, mais verde é a coloração da casca do fruto (JIMÉNEZ-CUESTA; CUQUERELLA CAYUELA; MARTÍNEZ-JAVEGA, 1983); coloração da casca por escala de cor com notas que variam de 1 a 5, onde 1 = verde escuro, 2 = verde oliva, 3 = verde claro, 4 = verde amarelado, 5 = amarelo (Figura 2), os resultados foram expressos em porcentagem de frutos para cada nota.

Figura 2 Escala de cor de lima ácida 'Tahiti', onde 1 = verde escuro, 2 = verde oliva, 3 = verde claro, 4 = verde amarelado, 5 = amarelo.

Perda de massa (PM), determinada pela diferença entre a massa inicial (g) e a massa no momento da avaliação (g) dos frutos pela equação $PM = (massa\ inicial\ (g) - massa\ no\ momento\ da\ avaliação\ (g)) * 100 / massa\ inicial\ (g)$, em balança (Gehara BG 2000), os resultados foram expressos em porcentagem; incidência de oleocelose, determinada por uma escala com níveis que variam de 1 a 4, de acordo com diâmetro entre as extremidades do distúrbio, onde 1 = até 0,5 cm; 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; 4 = maior que 1,5 cm (Figura 3), os resultados foram expressos em porcentagem de frutos para cada nível; severidade da oleocelose, realizada através da contagem de oleoceloses em todos os frutos, os resultados foram expressos em média de oleoceloses por fruto.

Figura 3 Escala de oleocelose de lima ácida 'Tahiti', onde 1 = até 0,5 cm; 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; 4 = maior que 1,5 cm.

Durante o experimento também foi realizada uma avaliação visual composta pela contagem dos frutos com podridão estilar, podridão peduncular, murchamento, coloração e perda do cálice, sendo os resultados expressos em porcentagem de frutos com o sintoma. Além da contagem dos danos físicos (furos, riscos e raspagem) presentes nos frutos de cada etapa, com os resultados expressos em média de danos por fruto (Figura 4).

Figura 4 Danos físicos em lima ácida 'Tahiti', onde A – Riscos; B – Furos; C – Raspagem.

3.2.2. Análise Estatística

O delineamento utilizado no experimento foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial com 5 pontos de coleta de frutos na linha de beneficiamento e 3 ou 8 dias de análises para as variáveis destrutivas e não destrutivas, respectivamente. Todos os resultados foram analisados no programa ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016), por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

3.3. Resultados e discussão

3.3.1. Perda de massa e murchamento

A aplicação de cera favoreceu a conservação de massa, uma vez que, ao final do armazenamento, as limas ácidas ‘Tahiti’ das etapas cera e embalagem apresentaram 19,82% e 22,01% de perda de massa, enquanto da secagem 29,85% (Figura 5). A melhor conservação de massa nos frutos com cera ocorre pela baixa permeabilidade da cera ao vapor de água, diminuindo a transpiração (RIBEIRO et al., 2005). Este comportamento também foi observado em limas ácidas ‘Tahiti’, mangas Tommy Atkins (ASSIS et al., 2008), clementina ‘Comune’, laranjas ‘Tarocco’ e ‘Valencia’ (KHAMIS et al., 2012) que apresentaram melhor conservação de massa quando tratados com cera.

Figura 5 Perda de massa (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

De modo geral, a maior perda de massa nos frutos não tratados com cera das etapas colheita, secagem e, fungicida e giberelina causou elevada porcentagem de murchamento,

enquanto os frutos da etapa cera, que possui uma barreira à perda de água por transpiração, apresentaram menor porcentagem de frutos murchos (Figura 6). Segundo Lucena et al. (2012) a aplicação de cera contribui positivamente no aspecto visual, ao reduzir a perda de massa e, consequentemente, o murchamento. Contudo, no último dia de armazenamento foi observada alta incidência de frutos murchos na etapa embalagem (91,25%), apontando que as injúrias mecânicas foram prejudiciais e que provavelmente sobrepujaram o efeito positivo da cera na conservação de massa (Figura 6). Pesquisas realizadas com lima ácida ‘Tahiti’ (BASSAN et al., 2013) e tangerina ‘Rainha’ (MONTERO et al., 2009) mostraram que injúrias mecânicas podem influenciar na perda de massa.

Figura 6 Murchamento (% de frutos murchos) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

3.3.2. Rendimento do suco, sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico

O rendimento em suco não foi influenciado pelas etapas de beneficiamento, todavia observamos um aumento significativo ao longo do armazenamento de 46,71%, 53,68% e 59,30% nos dias 0, 40 e 55, respectivamente (Figura 7). Esse incremento no rendimento do suco se deve à perda de massa fresca do fruto, como evidenciado pela redução na espessura da casca que influenciou no cálculo (Figura 8). Estes valores foram superiores aos obtidos por Miranda e Junior (2012) de 39,34% a 48,71% de suco em laranja ‘Pêra’. A CEAGESP por meio do Programa Brasileiro para a Modernização da Horticultura, estabelece como requisito de qualidade no estado de São Paulo, o rendimento mínimo de 40% de suco, para a lima ácida ‘Tahiti’ (HORTICULTURA, 2011).

Figura 7 Rendimento do suco (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Figura 8 Espessura da casca de limas ácidas ‘Tahiti’ armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). A – Início do armazenamento (dia 0); B - Final do armazenamento (dia 55).

O teor de sólidos solúveis aumentou com o armazenamento, principalmente após a transferência para a temperatura ambiente aos 55 dias (Figura 9). Além disto, no último dia de armazenamento observamos que as condições da linha de beneficiamento promoveram a queda de sólidos solúveis nos frutos mais beneficiados, onde os da colheita apresentaram $8,89^{\circ}\text{Brix}$, enquanto aqueles da cera e embalagem $8,40^{\circ}\text{Brix}$ e $8,44^{\circ}\text{Brix}$, respectivamente (Figura 9). Miranda, Spricigo e Ferreira (2015) observaram que danos mecânicos em laranja ‘Valência’ durante a pós-colheita promoveram a redução dos sólidos solúveis; devido à

utilização dos sólidos solúveis como substrato no processo respiratório (MATTIUZ; DURIGAN, 2001).

Figura 9 Sólidos solúveis (°Brix) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Letras minúsculas correspondem as médias entre tratamentos e maiúsculas entre dias. Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P<0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

A acidez titulável aumentou com o armazenamento, mais acentuadamente após a transferência para a temperatura ambiente (Figura 10). No dia 0, o beneficiamento promoveu acréscimo no conteúdo de ácidos orgânicos, os frutos coletados na planta apresentaram 5,24%, enquanto os da etapa embalagem 5,73%, essa tendência não ocorreu nos demais dias avaliados (Figura 10). Normalmente, ocorre a redução no teor de ácidos orgânicos com injúrias mecânicas, uma vez que podem elevar a respiração dos frutos, promovendo maior gasto com a regeneração de tecidos e servindo de substrato no processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SHOITI et al., 2010). Entretanto, devido as limas ácidas ‘Tahiti’ apresentarem baixa taxa respiratória após a colheita e perda de água acentuada houve a concentração dos ácidos.

Figura 10 Acidez titulável (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Letras minúsculas correspondem as médias entre tratamentos e maiúsculas entre dias. Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Os teores de ácido ascórbico não foram influenciados pelas etapas de beneficiamento, todavia observamos redução significativa ao longo do armazenamento, principalmente no período em que os frutos estiveram em temperatura ambiente, de $41,80\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ no dia 0 para $39,27\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ e $38,87\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ nos dias 40 e 55, respectivamente (Figura 11). Essa queda no conteúdo de ácido ascórbico durante o armazenamento dos frutos, é devido à ação das enzimas ascorbato oxidase e a ascorbato peroxidase envolvidas em sua oxidação (BARBERIS et al., 2012; SCHIRRA et al., 2008). A ascorbato oxidase catalisa a oxidação do ácido ascórbico, especialmente durante o crescimento do tecido, enquanto a ascorbato peroxidase modifica seu conteúdo durante o amadurecimento, armazenamento ou ocorrência de injúrias, utilizando-o na remoção do peróxido de hidrogênio formado pelo estresse oxidativo (BARBERIS et al., 2012; DA SILVA et al., 2016; GOMEZ; LAJOLO, 2008; MDITSHWA et al., 2017; SCHIRRA et al., 2008). Resultados similares foram observados por Barberis et al. (2012) ao estudarem as mudanças no conteúdo de ácido ascórbico de melão, kiwi e abacaxi durante o armazenamento.

Figura 11 Ácido ascórbico (mg 100 g⁻¹) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração (8 °C ± 1 °C e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C e 75-80% UR). Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey (P<0,05). Barras verticais representam o erro padrão da média.

3.3.3. Clorofila total e coloração da casca

As condições das etapas fungicida e giberelina, cera e embalagem acarretaram numa redução do teor de clorofila durante o armazenamento (Figura 12). A degradação da clorofila do início ao final do armazenamento foi de 5,85 mg g⁻¹ para 2,89 mg g⁻¹ (Fungicida e giberelina), 4,50 mg g⁻¹ para 2,87 mg g⁻¹ (Cera) e 5,12 mg g⁻¹ para 3,01 mg g⁻¹ (Embalagem) de clorofila de casca (Figura 12). A redução no conteúdo da clorofila pela ação da clorofilase ao longo do armazenamento é característica do processo de amadurecimento e senescência (HARPAZ-SAAD et al., 2007; KAEWSUKSAENG et al., 2011; LUCENA et al., 2012; LUIZA et al., 2003; SRILAONG et al., 2011). A degradação de clorofila se inicia com a remoção da cadeia lateral pela clorofilase, que catalisa a quebra de clorofila a em clorofilida e fitol (HARPAZ-SAAD et al., 2007; KAEWSUKSAENG et al., 2011; SRILAONG et al., 2011). A degradação da clorofila na casca de citros, é um dos principais fatores de deterioração desses frutos quando armazenados (NAOKI YAMAUCHI et al., 2014).

Figura 12 Clorofila total (mg g^{-1}) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Letras minúsculas correspondem as médias entre tratamentos e maiúsculas entre dias. Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Os frutos da cera sofreram menos perda da coloração verde da casca, com base no índice de cor, visto que, ao final do armazenamento, apresentaram média de -7,93, enquanto aqueles coletados na planta -5,03 (Figura 13). Neste caso, a giberelina e a cera trabalharam em conjunto para na conservação da cor verde da casca, assim contribuindo para a vida útil pós-colheita. A giberelina auxiliou na manutenção da cor verde ao impedir a ação das clorofilases, como observado em trabalho com limas ácidas ‘Tahiti’ (AQUINO et al., 2016; BIASI; FLÁVIO, 2000); e a cera auxiliou no retardar da despigmentação verde da casca, uma vez que atrasa processos degradativos, como observado no limão verdadeiro (*Citrus x limon* (L.) Burm. f.) (LUCENA et al., 2012).

Figura 13 Índice de cor de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

De acordo com o índice de cor, os impactos adicionais dos frutos da embalagem (-7,34) contribuíram para maior perda de coloração verde da casca quando comparados aos frutos da cera (-7,93), uma vez que o acréscimo na produção de etileno pode ter sobrepôsto a função da giberelina e da cera na manutenção da coloração (Figura 13). O etileno geralmente está relacionado à senescência, porém também atua na proteção de citros aos estresses, aumentando sua taxa de produção minutos após o fruto sofrer um dano físico (CHITARRA; CHITARRA, 2005; MARÍA; FERNANDO; PACO, 2014). Além disto, o etileno regula processos bioquímicos, fisiológicos e de desenvolvimento que desvalorizam frutas climatéricas e não climatéricas durante o armazenamento pós-colheita (GOLDSCHMIDT, 1998; LI et al., 2010). Em trabalhos conduzidos com lima ácida ‘Tahiti’ e tangerinas ‘Montenegrinas’, os frutos submetidos a danos físicos apresentaram alterações na coloração da casca, mesmo quando tratados com giberelina (BASSAN et al., 2016; DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005; MONTERO et al., 2009).

Resultados semelhantes foram observados na coloração pela escala de cor, onde os frutos da etapa cera sofreram menor perda, uma vez que, ao final do armazenamento, apresentaram 12,5% e 3,75% frutos com nota 4 (verde amarelado) e 5 (amarelo), respectivamente, enquanto aqueles coletados na planta 17,5% e 56,25% (Figura 14). Os impactos adicionais nos frutos da etapa embalagem contribuíram para uma maior perda da coloração verde da casca, visto a maior porcentagem de frutos com nota 4 (27,5%) e nota 5 (11,25%), quando comparados aos frutos da cera com nota 4 (12,5%) e nota 5 (3,75%) (Figura 14).

Figura 14 Notas de cor de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Escala de cor: nota 1 = verde escuro, nota 2 = verde oliva, nota 3 = verde claro, nota 4 = verde amarelado, nota 5 = amarelo. Barras verticais representam o erro padrão da média.

3.3.4. Perda e coloração do cálice, distúrbios fisiológicos e doenças

A queda dos cálices foi influenciada pelo beneficiamento, uma vez que no final do armazenamento, os frutos da cera e embalagem perderam 15,00% e 16,25% de seus cálices, respectivamente, enquanto aqueles coletados na planta somente 5% (Figura 15). A queda dos cálices se iniciou no 10º dia de armazenamento, agravando-se com a passagem dos frutos para a temperatura ambiente, principalmente naqueles coletados na embalagem. A queda do cálice nos frutos submetidos a aplicação de cera pode ser influência dos impactos da linha de beneficiamento, da própria cera ou da temperatura e tempo de exposição nos túneis de secagem. Os impactos do beneficiamento, e o acréscimo de etileno promovem um desequilíbrio hormonal, sendo responsável pela abscisão precoce do cálice dos frutos (BARMORE; BROWN, 1985; DANTAS et al., 2003). Em trabalho com abobrinha, fruto não climatérico, Megías et al. (2016) observaram que a indução da biossíntese de etileno pode ocorrer após a mudança de temperatura, sendo acompanhada da regulação positiva de genes envolvidos na percepção e sinalização de etileno, incluindo CpETR1, CpCTR1 e CpEIN3.2.

Figura 15 Perda de cálice (%) em limas ácidas 'Tahiti' coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

A coloração do cálice também foi influenciada pelas etapas de beneficiamento, uma vez que, ao final do armazenamento, os frutos coletados na etapa cera e embalagem apresentaram mudança de coloração para marrom em 57,5% e 61,25% dos frutos, respectivamente, enquanto aqueles coletados na planta somente 15% (Figura 16).

Figura 16 Limas ácidas 'Tahiti' com coloração marrom do cálice (%) coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

O beneficiamento dos frutos acarretou em maior incidência de oleocelose, principalmente no último dia de armazenamento (Figura 17). Os frutos coletados na planta

apresentaram 11,25% (nível 2) e 2,5% (nível 3) de oleocelose, enquanto, aqueles coletados na etapa embalagem 26,25% (nível 2) e 5% (nível 3) (Figura 17). A baixa incidência do nível 2 deste distúrbio na etapa cera é devido a seleção dos frutos que ocorre antes desta etapa. Em laranja ‘Valencia’ foi observado aumento da incidência de oleocelose em função do beneficiamento, passando de 28,8% no início para 53,4% no final do beneficiamento (ZHENG et al., 2010). Foi observado aumento na incidência de oleocelose com o beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’, de 2,9% nos frutos colhido diretamente na planta para 44% nos beneficiados (BASSAN et al., 2016).

Figura 17 Incidência de oleocelose (% de frutos com sintomas) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Escala de níveis: nível 1 = até 0,5 cm; nível 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; nível 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; nível 4 = maior que 1,5 cm. Barras verticais representam o erro padrão da média.

O beneficiamento dos frutos também levou a maior severidade de oleocelose (Figura 18). As limas ácidas ‘Tahiti’ provenientes da colheita apresentaram no último dia de armazenamento média de 3,74 oleoceloses nível 1 por fruto, enquanto da etapa embalagem 6,15, o que corresponde a um incremento de 64,44% (Figura 18). A baixa severidade deste distúrbio na cera é devido a seleção dos frutos que ocorre antes desta etapa.

Figura 18 Severidade de oleocelose (média de sintomas por fruto) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Escala de níveis: nível 1 = até 0,5 cm; nível 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; nível 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; nível 4 = maior que 1,5 cm. Barras verticais representam o erro padrão da média.

As podridões estilar e peduncular surgiram primeiro nos frutos da etapa secagem. Neste, as primeiras lesões foram observadas no 45º dia de armazenamento, sendo 40 dias sob refrigeração e 5 dias em temperatura ambiente (Figura 19). Baixas temperaturas contribuem para a manutenção da qualidade, já que reduzem o metabolismo e o crescimento de fungos (LADANIYA, 2010). No último dia de armazenamento, a podridão estilar atingiu 5% dos frutos coletados na etapa secagem e 1,25% na embalagem (Figura 19). Enquanto, a podridão peduncular atingiu 6,25% dos frutos na etapa de secagem, 1,25% de fungicida e giberelina, 3,75% de cera e 2,5% de embalagem (Figura 19). A maior porcentagem de podridão peduncular na secagem pode ser devido a etapa estar localizada próxima a área suja do packing-house, logo após a balsa e, pela ausência da aplicação do fungicida, enquanto, a baixa incidência na etapa fungicida e giberelina é decorrente de sua aplicação. A aplicação de fungicida busca principalmente reduzir o inóculo do patógeno presente na casca dos frutos e as infecções oriundas do campo. Estas informações juntamente com a ausência de podridões pedunculares nos frutos coletados diretamente da planta podem indicar contaminação de

frutos pela água da balsa de sanitização ou nas etapas iniciais próximas a área suja do packing-house. O controle de doenças pós-colheita em citros é essencial, devido à necessidade de manutenção da qualidade e do prolongamento da vida útil dos frutos para a comercialização (FISCHER et al., 2009).

Figura 19 Podridão estilar (%) e peduncular (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Na avaliação de danos físicos, constatamos que o beneficiamento acarretou em prejuízos aos frutos de lima ácida ‘Tahiti’, elevando as perdas pós-colheita (Figura 20). E estes danos além de desvalorizarem os frutos, podem propiciar maior ocorrência de distúrbios fisiológicos e doenças pós-colheita. Na figura 20, observamos em média 2 danos (riscos) por fruto coletado na etapa de secagem, 1,25 (riscos) e 0,50 (raspagem) por fruto coletado na cera e, 1,25 (riscos) por fruto coletado na embalagem. Os prejuízos encontrados para os frutos beneficiados, e atribuídos aos impactos, coincidem com a elevada incidência e severidade de oleoceloses ao final do armazenamento (Figura 17 e 18).

Figura 20 Danos físicos (média de sintoma por fruto) em limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento. Barras verticais representam o erro padrão da média.

3.4. Conclusão

O beneficiamento acarreta na queda de sólidos solúveis no último dia de armazenamento; e no acréscimo da porcentagem de acidez no primeiro dia.

O beneficiamento contribui para a manutenção da cor verde da casca, todavia, os impactos da linha acarretam na perda acentuada da cor nos frutos com beneficiamento completo.

A aplicação de cera favorece a conservação da massa e a menor ocorrência do murchamento, contudo no último dia de armazenamento as injúrias mecânicas do beneficiamento completo sobrepujaram seu efeito positivo.

O beneficiamento influenciou negativamente a queda e a coloração dos cálices, a incidência e a severidade de oleocelose.

Há ausência de podridão peduncular nos frutos coletados diretamente das plantas, o que pode indicar contaminação na linha de beneficiamento.

Os tratamentos pós-colheita contribuem para a manutenção da qualidade de lima ácida ‘Tahiti’, todavia, o beneficiamento afeta negativamente características físico-químicas importantes para sua comercialização.

REFERÊNCIAS

Agricultural Statistics Database - FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

ALICEWEB, Secretaria de Comércio Exterior - SECEX. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

AQUINO, C. F. et al. Qualidade pós-colheita de banana “Maçã” tratada com ácido giberélico avaliada por redes neurais artificiais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 824–833, jul. 2016.

ASSIS, O. B. G. DE; et al. Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Ed.). . **Embrapa Instrumentação Agropecuária**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 77–85.

BAPTISTELLA, C. DA S. L.; COELHO, P. J.; CASER, D. V. A cultura do limão no estado de são paulo, 2009-2013. **Informações Econômicas**, v. 44, n. 3, 2014.

BARBERIS, A. et al. Detection of postharvest changes of ascorbic acid in fresh-cut melon, kiwi, and pineapple, by using a low cost telemetric system. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1555–1562, 1 dez. 2012.

BARMORE, C. R.; BROWN, G. E. Influence of Ethylene on Increased Susceptibility of Oranges to *Diplodia natalensis*. **Plant Disease**, v. 69, p. 228–230, 1985.

BASSAN, M. M. **Qualidade e conservação de lima ácida “Tahiti” em função dos métodos de colheita e das etapas de beneficiamento pós-colheita**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 3 set. 2012.

BASSAN, M. M. et al. The harvesting system affects the quality and conservation of the “Tahiti” acid lime. **Scientia Horticulturae**, v. 155, p. 72–77, maio 2013.

BASSAN, M. M. et al. Beneficiamento pós-colheita de lima ácida “Tahiti” afeta sua qualidade e conservação. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 184–190, jan. 2016.

BAUTISTA, V. L.; PEREA, C. A. V.; LÓPEZ, A. P. Mechanical properties and physiological answer of sapodilla fruits under axial compression. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 20, n. 3, p. 73–80, 2011.

BIASI, L. A.; FLÁVIO, Z. Gibberelic Acid Alone or Associated With Wax in the Post-Harvest of “Tahiti ” Lime. **Scientia Agraria**, v. 1, n. 1–2, p. 39–44, 2000.

BREMER NETO, H. et al. The horticultural performance of five “Tahiti” lime selections grafted onto “Swingle” citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 181–186, 2012.

CARVALHO, C. R. L. et al. **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2 ed. ed. [s.l.] Lavras: UFLA, 2005. 785p.

DA SILVA, S. R. et al. Postharvest of irradiated Tahiti lime fruits. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 38, n. 4, jul. 2016.

DANTAS, S. A. F. et al. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 528–533, out. 2003.

DOTTO, M. et al. Biofilmes e embalagens na conservação pós-colheita de lima ácida Tahiti. **Revista Brasileira de Ciencias Agrarias**, v. 10, n. 3, p. 365–369, 2015.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B.-H.; DURIGAN, J. F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida “Tahiti” armazenada sob condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 369–372, dez. 2005.

FERREIRA, M. D. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortaliças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

FISCHER, I. H. et al. Caracterização dos Danos Pós-Colheita em Citros Procedentes de “Packinghouse”. **Fitopatol. Bras.**, v. 32, n. 4, p. 304–310, 2007.

FISCHER, I. H. et al. Citrus postharvest diseases and injuries related to impact on packing lines. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 2, 2009.

GAYET, J. P. et al. **Lima ácida “Tahiti” para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.

GOLDSCHMIDT, E. E. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: A role for ethylene. **Acta Horticulturae**, n. 463, p. 335–340, jan. 1998.

GOMEZ, M. L. P.; LAJOLO, F. M. Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes

involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 5, p. 756–762, 15 abr. 2008.

HARPAZ-SAAD, S. et al. Chlorophyllase is a rate-limiting enzyme in chlorophyll catabolism and is posttranslationally regulated. **The Plant Cell**, v. 19, n. 3, p. 1007–1022, 9 mar. 2007.

HERMOSILLA, R. C. H. **Factores predisponentes a los desordenes fisiologicos en frutos cítricos en la region de Valparaíso**. [s.l.] Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2008.

HORTICULTURA, P. B. DE M. DA. **Normas de Classificação de Citros de Mesa/CEAGESP**. São Paulo: Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2011.

JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA CAYUELA, J.; MARTÍNEZ-JAVEGA, J. M. **Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1983.

KAEWSUKSAENG, S. et al. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and postharvest physiology in stored lime (*Citrus latifolia* tan.) fruit. **Acta Horticulturae**, v. 945, n. 2–3, p. 105–112, 1 ago. 2011.

KAEWSUKSAENG, S. et al. Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 1–7, 1 fev. 2015.

KHAMIS, Y. et al. Activity of salts incorporated in wax in controlling postharvest diseases of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 65, p. 39–43, 1 mar. 2012.

KLUGE, R. A. et al. **Distúrbios fisiológicos em frutos**. Piracicaba: FEALQ, 2001.

LADANIYA, M. **Citrus fruit: biology, technology and evaluation**. [s.l.] Academic, 2010. 576p.

LI, Z. Q. et al. Effect of ethylene and 1-MCP on post-harvest physiology and on expression of the ethylene receptor genes PpETR3 and PpERS2 in pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai “Kikusui”) fruit. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 85, n. 1, p. 71–77, 7 jan. 2010.

LUCENA, H. H. DE et al. Uso de cera na conservação pós-colheita do limão verdadeiro (*Citrus x limon* (L.) Burm. f.). **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 170–174, 2012.

LUIZA, M. et al. Conservação refrigerada de lima ácida “Tahiti”: uso de 1-metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Rev. Bras. Frutic**, n. 3, p. 406–409, 2003.

MANFROI, V. et al. Efeito do 2,4-D na frigoconservação de limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 14, n. 1, 1996.

MARÍA, T. L.; FERNANDO, A.; PACO, R. Postharvest ethylene conditioning as a tool to reduce quality loss of stored mature sweet oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 94, p. 104–111, 1 ago. 2014.

MATTIUZ, B.-H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas “Paluma” e “Pedro Sato”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 282–287, ago. 2001.

MDITSHWA, A. et al. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 95–104, 2017.

MEGÍAS, Z. et al. Ethylene biosynthesis and signaling elements involved in chilling injury and other postharvest quality traits in the non-climacteric fruit of zucchini (*Cucurbita pepo*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 48–57, 1 mar. 2016.

MIRANDA, M. N.; JUNIOR, J. H. C. Quality of fruits of orange tree “Pêra” harvested in environmental conditions of Colorado do Oeste city – Rondônia. **Uniciências**, v. 16, n. 1, p. 39–43, 2012.

MIRANDA, M.; SPRICIGO, P. C.; FERREIRA, M. D. Mechanical damage during harvest and loading affect orange postharvest quality. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 1, p. 154–162, fev. 2015.

MONTERO, C. R. S. et al. Postharvest mechanical damage affects fruit quality of “Montenegrina” and “Rainha” tangerines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1636–1640, dez. 2009.

MONTERO, C. R. S. et al. Oleocellosis incidence in citrus fruit in response to mechanical

injuries. **Scientia Horticulturae**, v. 134, p. 227–231, fev. 2012.

NAOKI YAMAUCHI et al. Control of degreening in postharvest green sour citrus fruit by electrostatic atomized water particles. **Food Chemistry**, v. 156, p. 160–164, 1 ago. 2014.

NASCIMENTO, L. M.; SANTOS, P. C. Controle de doenças fúngicas e de danos por frio em pós- colheita de lima ácida tahiti. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 2, p. 193–205, 2013.

RIBEIRO, V. G. et al. Armazenamento de goiabas “Paluma” sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 203–206, 2005.

RODRIGO, M. J. et al. Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of Citrus fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 163, p. 46–62, 5 dez. 2013.

SCHIRRA, M. et al. Influence of postharvest hot water treatment on nutritional and functional properties of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle Cv. Ovale) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 2, p. 455–460, 23 jan. 2008.

SHOITI, M. T. et al. Avaliação pós-colheita dos parâmetros físico-químicos das limas ácidas “tahiti” que sofreram danos mecânicos. **Revista Brasileira de Pesquisa em Alimentos**, v. 1, n. 2, p. 79–82, 2010.

SILVA, F. DE A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. DE. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 29 set. 2016.

SIMAS, D. L. R. et al. Citrus species essential oils and their components can inhibit or stimulate fungal growth in fruit. **Industrial Crops and Products**, v. 98, p. 108–115, 2017.

SRILAONG, V. et al. UV-B irradiation retards chlorophyll degradation in lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 1, p. 110–112, 1 jan. 2011.

STUCHI, E. S. et al. Fruit quality of “Tahiti” lime (*Citrus latifolia* Tanak) grafted on twelve different rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 454–460, jun. 2009.

ZHENG, Y. et al. Characteristics and oleocellosis sensitivity of citrus fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 312–317, 2010.

4. PONTOS CRÍTICOS DE IMPACTO DA LINHA DE BENEFICIAMENTO DE LIMA ÁCIDA ‘TAHITI’ E SEUS EFEITOS NA QUALIDADE E CONSERVAÇÃO PÓS-COLHEITA

Resumo

O beneficiamento visa conservar a qualidade obtida no campo por mais tempo, entretanto, injúrias mecânicas podem ocorrer neste processo, elevando a perda de qualidade e, reduzindo a vida útil e o valor comercial dos frutos. Diante do exposto, este trabalho objetivou identificar os pontos críticos de impacto na linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’, e avaliar a influência desses pontos na qualidade e na conservação pós-colheita. Os pontos críticos de impacto foram caracterizados com uma esfera instrumentada em todos os 29 pontos de transferência da linha, e a partir destes dados, foi possível isolar o fator impacto ao realizar a sua simulação em laboratório. A simulação foi realizada com uma esfera instrumentada, sendo definidos os tratamentos como: Colheita - sem impactos; Secagem - 3 quedas, totalizando 191,964 G; Fungicida + Giberelina - 12 quedas, totalizando 735,096 G; Cera - 17 quedas, totalizando 1067,776 G; Embalagem - 29 quedas, totalizando 1802,872 G. Foram conduzidos dois experimentos: I – frutos armazenados durante 40 dias sob refrigeração mais 10 dias em temperatura ambiente; II – frutos armazenados durante 15 dias em temperatura ambiente. Foram realizadas análises de rendimento do suco, acidez titulável, sólidos solúveis, ácido ascórbico, clorofila total, perda de massa, coloração da casca (colorímetro e escala de cor), incidência e severidade de oleocelose, e avaliação visual (podridões, murchamento, perda do cálice). Além disto, foram realizados experimentos sensoriais considerando frutos coletados na linha e com os impactos simulados em laboratório, cada qual em duas condições de armazenamento (refrigerado e ambiente). O nível máximo de impacto ocorreu na etapa ‘Queda 1’ (após a limpeza) com 147,38 G, a uma altura de 22,5 cm, seguido pelo ‘Repouso’ (retirada da caixa) com 131,9 G, onde os frutos sofrem uma queda de 14,5 cm na esteira. Os impactos aferidos na linha de beneficiamento se situam entre 23,91 e 147,38 G com 60,93% deles em pontos com quedas acima de 10 cm. Os frutos sem impactos do tratamento colheita sofreram menos perda da coloração verde da casca, com base no índice de cor, visto que, ao final do armazenamento, apresentaram média de -2,98, em contrapartida, frutos do fungicida e giberelina e, embalagem apresentaram índices de -1,08 e -1,58. A perda de massa foi afetada pelos níveis de impacto, com as limas ácidas ‘Tahiti’ dos tratamentos fungicida e giberelina, cera e embalagem apresentando as maiores porcentagens com 8,62%, 8,81% e 8,54%; enquanto, colheita e secagem 8,23% e 8,02%, respectivamente. Quanto ao murchamento, os frutos armazenados em temperatura ambiente apresentaram elevada incidência no tratamento cera com 40% de frutos murchos, enquanto os da colheita somente 13,75%. Na análise sensorial, a preferência dos provadores está alinhada aos níveis de impactos, com os frutos injuriados obtendo menor aceitabilidade para a aparência dos frutos e, maiores intensidades de amargor e gosto de sobremaduro do suco. Os tratamentos pós-colheita contribuem para a manutenção das características físico-químicas, entretanto impactos afetam negativamente a qualidade dos frutos.

Palavras-chave: *Citrus latifolia* Tanaka; Packing-house; Perdas

Abstract

The postharvest handling aims to preserving the quality obtained in the field for longer, however, mechanical injuries can occur in this process, increasing the loss of quality and reducing the useful life and commercial value of the fruits. In view of the above, this work aimed to identify the critical points of impact of the 'Tahiti' acid lime handling line and to evaluate the influence of these points on quality and postharvest conservation. The critical impact points were characterized by an instrumented sphere in all 29 transfer points of the line, and from these data, it was possible to isolate the impact factor when carrying out its simulation in the laboratory. The simulation was performed with an instrumented sphere, being defined the treatments as: Harvest - without impacts; Drying - 3 falls, totaling 191,964 G; Fungicide + Giberelina - 12 falls, totaling 735.096 G; Wax - 17 falls, totaling 1067,776 G; Packaging - 29 drops, totaling 1802,872 G. Two experiments were carried out: I - fruits stored for 40 days under refrigeration ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and 85-90% RH) plus 10 days at room temperature ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ and 75-80% RH); II - fruits stored for 15 days at room temperature ($25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ and 75-80% RH). The analysis of juice yield, titratable acidity, soluble solids, ascorbic acid, total chlorophyll, mass loss, color of the peel (colorimeter and color scale), incidence and severity of oleocellose, and visual evaluation (rotting, wilting, loss of the calyx) were performed. In addition, sensorial experiments were performed considering fruits collected in the line and with simulated impacts in the laboratory, each one under two storage conditions (refrigerated and ambient). The maximum impact level occurred in 'Fall 1' (after cleaning) stage at 147.38 G at a height of 22.5 cm, followed by 'Rest' (removed from the box) at 131.9 G, where the fruits suffer a 14.5 cm drop on the treadmill. The impacts measured found in the handling line are between 23.91 and 147.38 G with 60.93% of them in points with falls above 10 cm. The fruits with no impacts of the harvest stage suffered less loss of the green color of the peel, based on the color index, since, they presented an average of -2.98, in contrast, fruits of fungicide and gibberellin and, packaging presented indexes of -1.08 and -1.58. The loss of mass was affected by the impact levels, with the 'Tahiti' acid lime of the fungicide and gibberellin, wax and packaging treatments presenting the highest percentages with 8.62%, 8.81% and 8.54%; while harvesting and drying 8.23% and 8.02%, respectively. Regarding the wilting, the fruits stored at room temperature presented a high incidence in wax treatment with 40% of wilted fruits, while those of the harvest only 13.75%. In the sensory analysis, the preference of the tasters is in line with the impact levels, with the injured fruits obtaining the lowest acceptability for the appearance of the fruits and, greater intensities of bitterness and taste overriper of the juice. The postharvest treatments contribute to the maintenance of the physicochemical characteristics, however impacts affect negatively the quality of the fruits.

Keywords: *Citrus latifolia* Tanaka; Packing-house; Losses

4.1. Introdução

O Brasil é o maior produtor mundial de lima ácida ‘Tahiti’ (*Citrus latifolia* Tanaka), mais conhecida como limão ‘Tahiti’, uma fruta de origem tropical pertencente à família Rutaceae (ALMEIDA, 2014; VITTI, 2009). O Brasil produziu em 2014 1.101.762 toneladas de limões e limas em 43.394 hectares, sendo o estado de São Paulo responsável por 69,39% da produção nacional (AGRIANUAL, 2017). Entretanto, a exportação de limões e limas, no mesmo ano, foi de apenas 8,38% do total produzido, tendo como principal destino a União Européia (ALICEWEB, 2017).

A baixa qualidade dos frutos é um dos principais limitadores para a abertura de novos mercados e elevação da quantidade exportada, já que a lima ácida ‘Tahiti’ tende a perder massa fresca e cor verde da casca após a colheita (DOTTO et al., 2015; NASCIMENTO; SANTOS, 2013). O mercado doméstico prefere os frutos de lima ‘Tahiti’ com coloração verde, enquanto para exportação a cor da casca deve ser verde escuro (SILVA et al., 2016). Os frutos de lima ácida ‘Tahiti’ são submetidos ao processo de beneficiamento para conservar a qualidade obtida no campo por mais tempo, principalmente pela manutenção da turgescência, da coloração verde da casca e redução das podridões (BASSAN, 2012; BASSAN et al., 2016).

O beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’ é composto pelas etapas: recepção, limpeza, secagem, classificação por tamanho e cor, aplicação de fungicida e giberelina, repouso, seleção para retirada de frutos indesejáveis, secagem, aplicação de cera, embalagem e paletização. Entretanto, no decorrer deste processo ocorrem injúrias mecânicas que ocasionam perda da qualidade, reduzindo a vida útil e o valor comercial dos frutos (BAUTISTA; PEREA; LÓPEZ, 2011; DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005). O impacto é a causa mais comum de injúrias mecânicas, podendo ocorrer quando os frutos sofrem quedas ou colidem contra outros frutos ou superfícies desprotegidas (BAUTISTA; PEREA; LÓPEZ, 2011; MONTERO et al., 2009). Estas injúrias mecânicas são comuns durante o manuseio pós-colheita de citros, sendo caracterizadas por deformações que podem causar rompimento celular, amassamento e encharcamento (BAUTISTA; PEREA; LÓPEZ, 2011; MONTERO et al., 2009, 2012).

Estudos com lima ácida ‘Tahiti’ (BASSAN et al., 2013, 2016), laranjas ‘Valência’, ‘Lima’, ‘Pêra’ e ‘Natal’, tangor ‘Murcott’ (FISCHER et al., 2007, 2009) e, tangerinas ‘Montenegrina’ e ‘Rainha’ (MONTERO et al., 2009) mostraram que a qualidade e a conservação dos frutos foram prejudicados pela movimentação, manipulação e consequentes

injúrias características do beneficiamento. Para laranjas ‘Valência’ foi relatado que o impacto reduz os teores de sólidos solúveis, de acidez titulável e de ácido ascórbico em 5,5%, 8,7% e 4,6%, respectivamente, bem como a massa fresca (0,5%) em comparação aos frutos que não sofreram impactos (MIRANDA; SPRICIGO; FERREIRA, 2015). Frutos de lima ácida ‘Tahiti’ apresentaram perda de qualidade interna ao serem submetidos a danos mecânicos, como modificação do sabor e do valor nutricional (DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005).

Diante do exposto, este trabalho objetivou identificar os pontos críticos de impacto na linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’, e avaliar a influência desses pontos na qualidade e na conservação pós-colheita.

4.2. Material e Métodos

4.2.1. Caracterização dos pontos críticos de impacto da linha de beneficiamento

Os ensaios foram conduzidos em junho de 2016, em packing-house comercial de lima ácida ‘Tahiti’, localizado no município de Mogi Mirim-SP (22° 25' 55" S, 46° 57' 30" W). O packing-house é composto pelas etapas recepção, limpeza, secagem, classificação por tamanho e cor, aplicação de fungicida e giberelina, repouso, seleção para retirada de frutos indesejáveis, secagem, aplicação de cera, secagem, nova classificação por tamanho e cor, embalagem e paletização.

Os impactos da linha de beneficiamento foram quantificados em todos os 29 pontos (pontos de transferência ou de queda), utilizando uma esfera instrumentada (Techmark, Inc., Lansing, EUA) de 63 mm de diâmetro e 128 gramas; que é essencialmente um registrador de dados usado para detectar e quantificar cargas mecânicas (XU et al., 2015). Em cada ponto foram tomadas oito leituras (repetições).

A esfera foi colocada junto aos frutos na linha de beneficiamento, em cada ponto de transferência. A linha operava com sua capacidade normal de beneficiamento (10 mil kg h⁻¹ de frutos). Para identificar o momento no qual a esfera passava pelo ponto de transferência a ser medido, utilizou-se cronômetro de precisão. Os dados armazenados na esfera foram transferidos para um computador e analisados para caracterização da magnitude dos impactos e aceleração nos diferentes pontos. As alturas de quedas entre os pontos foram quantificadas com fita métrica, para averiguar sua influência nos ensaios.

4.2.2. *Simulação dos pontos críticos de impacto da linha de beneficiamento, em laboratório*

Limas ácidas ‘Tahiti’ foram colhidas em plantio comercial no município de Mogi Mirim-SP, em março de 2017. Os frutos foram colhidos em estágio de maturação fisiológica (cor da casca verde escuro e diâmetro entre 47 e 65 mm) pela manhã, acondicionados em caixas plásticas revestidas com espuma, para evitar danos por impacto, e transportados ao Laboratório de Pós-colheita de Produtos Hortícolas (LPV-ESALQ-USP).

Os frutos foram submetidos a impactos visando simular aqueles da linha de beneficiamento, assim isolando este fator. A simulação foi realizada com base nos resultados obtidos pela esfera instrumentada na linha de beneficiamento, considerando as informações da caracterização (pontos críticos de impacto). Uma linha de tendência foi formulada através de regressão linear ($R^2 = 0,9989$), relacionando a altura de queda com o impacto gerado na esfera instrumentada, onde pela equação ($y = 5,46 \times \text{altura de queda} + 7,568$), calculou-se o impacto ($G \text{ ms}^{-2}$) estimado das alturas de queda verificadas na linha. Com base nas informações anteriormente obtidas foram definidos os tratamentos: Colheita - sem impactos; Secagem - 3 quedas, totalizando 191,964 G; Fungicida + Giberelina - 12 quedas, totalizando 735,096 G; Cera - 17 quedas, totalizando 1067,776 G; Embalagem - 29 quedas, totalizando 1802,872 G (Figura 1).

Figura 1 Etapas da linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’. Colheita: manual por torção; Limpeza: sanitização em água clorada (200 mg L^{-1} de oxícloreto de cálcio) numa balsa de 2200 L de capacidade, escovação com detergente neutro (escovas de polietileno) e enxágue em água corrente; Secagem: túnel de ar quente ($50 \text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ por 1 minuto); Classificação: de acordo com o tamanho (30-70 mm) e a coloração da casca (frutos dispostos em quatro categorias denominadas ‘premium’, ‘exportação’, ‘mercado interno’ e ‘indústria’) em classificador eletrônico (marca Fomesa); Fungicida + Giberelina: aplicação de fungicida (3 mL L^{-1} de Imazalil) e ácido giberélico ($0,1 \text{ g L}^{-1}$ de Progib, 40% GA_3) por pulverização; Repouso: frutos em contentores plásticos (27 kg), onde permanecem durante 60 a 72 horas em condição ambiente; Seleção: retirada de frutos que manifestaram distúrbios ou podridões; Cera: aplicação de cera com fungicida (polietileno oxidado 18% com 2 mL L^{-1} de Imazalil); Embalagem: frutos embalados automaticamente em caixas de papelão (4,5 kg). T1 - Colheita (sem impactos); T2 - Secagem (3 quedas , 191,964 G); T3 - Fungicida + Giberelina (12 quedas , 735,096 G); T4 - Cera (17 quedas , 1067,776 G); T5 - Embalagem (29 quedas, 1802,872 G).

Para a simulação dos impactos foi utilizado um equipamento que mantém o fruto suspenso por sucção, soltando-os na altura de queda desejada. Este equipamento permite que a simulação seja realizada sem que o fruto adquira aceleração ou rotação pelo lançamento (CAMARGO; FERREIRA; ANDREUCCETTI, 2004). Após a simulação, os frutos foram submetidos a duas condições de armazenamento, constituindo dois experimentos.

No experimento 1, os frutos foram armazenados durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR), visando simular as condições de exportação para o mercado europeu. As análises destrutivas foram realizadas nos dias 0, 40 e 50. As análises não destrutivas a cada 10 dias, durante o período de refrigeração e a cada 5 dias durante o período em temperatura ambiente, com um mesmo lote do início ao final do armazenamento. Para as análises destrutivas e não destrutivas foram utilizadas 4 repetições de 10 frutos, totalizando 160 frutos por tratamento.

No experimento 2, os frutos foram armazenados durante 15 dias em temperatura ambiente ($25 \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR), visando simular as condições de comercialização do mercado interno. As análises destrutivas foram realizadas nos dias 0 e 15. As não destrutivas a cada 3 dias, com um mesmo lote do início ao final do armazenamento. Para as análises destrutivas e não destrutivas foram utilizadas 4 repetições de 10 frutos, totalizando 120 frutos por tratamento.

As análises destrutivas foram: rendimento do suco (RS), determinado pela diferença entre a massa dos frutos inteiros (g) e a massa do suco (g) pela equação $RS = (\text{massa do suco (g)} \times 100) / \text{massa dos frutos inteiros (g)}$, em balança (Gehara BG 2000), os resultados foram expressos em porcentagem de suco; sólidos solúveis, medido em refratômetro digital (ATAGO, Palette PR-101), com os resultados expressos em $^{\circ}\text{Brix}$; acidez titulável (AT), determinada pela equação $AT = (\text{volume NaOH (mL)} \times 1 \times 64,02) / (10 \times \text{massa do suco (g)})$ de acordo com Carvalho et al. (1990), com 10 g de suco de cada repetição colocados em 90 mL de água destilada, através da titulação potenciométrica com hidróxido de sódio 1,0 N até pH 8,10 (ponto de viragem da fenolftaleína), em pHmetro (TECNAL, Tec-3MP), os resultados foram expressos em porcentagem de ácido cítrico; ácido ascórbico (AA), determinado pela equação $AA = (\text{volume DCFI (mL)} \times \text{padrão ácido ascórbico (mL)} \times 100) / \text{massa do suco (g)}$ de acordo com Carvalho et al. (1990), com 5 g de suco de cada repetição colocados em Erlenmeyer contendo 25 mL de solução de ácido oxálico 1%, por redução do indicador 2,6-diclorofenol indofenol-sódio (DCFI) pelo ácido ascórbico, os resultados foram expressos em $\text{mg } 100\text{ g}^{-1}$ de suco; clorofila total (CT), determinada segundo metodologia de Manfroí et al.

(1996) adaptada, após retirar 1 cm² da casca dos frutos de cada repetição, que foram pesadas e colocadas em frascos âmbar contendo 10 mL de solução extratora de acetona 80%, em seguida, os frascos foram armazenados a 4 °C por 72 horas, e realizadas as leituras de absorvância da solução em espectrofotômetro (BIOCHROM, Libra S22) (646 nm e 663 nm), os valores obtidos foram divididos pela massa total em gramas da amostra, e aplicados na equação $CT = 7,15 \times (\text{Absorvância a } 663 \text{ nm}) + 18,71 \times (\text{Absorvância a } 646 \text{ nm})$ para obter o teor de clorofila total, os resultados foram expressos em mg g⁻¹ de casca.

As análises não destrutivas foram coloração da casca, determinada por colorímetro (MINOLTA, CR-300) com uma leitura por fruto em local previamente demarcado e livre de distúrbios fisiológicos, danos mecânicos e manchas. A partir destes dados foi calculado o índice de cor (IC) pela equação $IC = 1000 \times a / (L \times b)$, o qual varia entre -20 a +20, sendo que quanto menor for o IC, mais verde é a coloração da casca do fruto (JIMÉNEZ-CUESTA; CUQUERELLA CAYUELA; MARTÍNEZ-JAVEGA, 1983); coloração da casca por escala de cor, com notas que variam de 1 a 5, onde 1 = verde escuro, 2 = verde oliva, 3 = verde claro, 4 = verde amarelado, 5 = amarelo (Figura 2), os resultados foram expressos em porcentagem de frutos para cada nota.

Figura 2 Escala de cor de lima ácida 'Tahiti', onde 1 = verde escuro, 2 = verde oliva, 3 = verde claro, 4 = verde amarelado, 5 = amarelo.

Perda de massa (PM), determinada pela diferença entre a massa inicial (g) e a massa no momento da avaliação (g) dos frutos, pela equação $PM = (\text{massa inicial (g)} - \text{massa no momento da avaliação (g)}) \times 100 / \text{massa inicial (g)}$, em balança (Gehara BG 2000), os resultados foram expressos em porcentagem; incidência de oleocelose, determinada por uma escala, baseando-se em notas que variam de 1 a 4, de acordo com diâmetro entre as extremidades do distúrbio, onde 1 = até 0,5 cm; 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; 4 = maior que 1,5 cm (Figura 3), os resultados foram expressos em porcentagem de frutos para cada nível; severidade da

oleocelose, realizada através da contagem de oleoceloses em todos os frutos, os resultados foram expressos em média de oleoceloses por fruto.

Figura 3 Escala de oleocelose de lima ácida ‘Tahiti, onde 1 = até 0,5 cm; 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; 4 = maior que 1,5 cm.

Durante o experimento também foi realizada uma avaliação visual composta pela contagem dos frutos com podridão estilar, podridão peduncular, murchamento e perda do cálice. Os resultados foram expressos em porcentagem de frutos com o sintoma.

4.2.3. Análise sensorial

Foram realizados quatro experimentos sensoriais (Tabela 1). Os tratamentos para as análises sensoriais foram ‘Colheita’ (T1), ‘Fungicida + Giberelina’ (T2) e ‘Embalagem’ (T3), sendo cada tratamento composto por 4 repetições, e cada repetição por 10 frutos. A escolha da colheita, fungicida e giberelina e, embalagem como tratamentos ocorreu por corresponderem ao início, meio e fim da linha de beneficiamento.

Tabela 1 Experimentos sensoriais com frutos de lima ácida ‘Tahiti’ coletados na linha de beneficiamento e com impactos simulados, em laboratório.

Condições de armazenamento	Frutos com impactos simulados	Frutos coletados na linha
Refrigerado	Experimento 1	Experimento 3
Ambiente	Experimento 2	Experimento 4

Para o mercado externo os frutos foram armazenados durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR), e as análises sensoriais foram realizadas nos dias 0, 40 e 50. Para o mercado interno, os frutos foram armazenados durante 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR), sendo as análises sensoriais realizadas nos dias 0 e 15. Cada tratamento foi composto

por 100 mL do suco proveniente de 10 frutos, diluídos em 1 L de água e adoçado com 60 g de açúcar (FIORAVANÇO; MANICA; PAIVA, 1995).

A avaliação sensorial foi realizada com 30 provadores não treinados, de ambos os sexos e com idades diversas, baseando-se no teste de ordenação, o qual permite a comparação de várias amostras em relação a um ou vários atributos como aroma, acidez ou gosto (KONKEL et al., 2004). Foram servidas amostras de fruto e suco aos provadores (copos plásticos de 50 mL), acompanhadas por um copo de água e uma ficha, a qual solicitava a ordenação de forma crescente em relação à aparência dos frutos e suco, intensidade do aroma característico, e intensidade das características acidez, amargor e gosto sobremaduro do suco.

4.2.4. Análise Estatística

Os experimentos foram conduzidos em delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial, com dois fatores: níveis de impacto (5 pontos da linha de beneficiamento) e dias de análises (3 a 7 para o experimento 1; e 2 a 4 para o experimento 2). A análise dos pontos de impacto coletados pela esfera instrumentada foi realizada em delineamento inteiramente casualizado. Todos os resultados foram interpretados através do programa ASSISTAT (SILVA; AZEVEDO, 2016), por meio da análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de significância.

As análises sensoriais foram conduzidas em delineamento experimental inteiramente casualizado. Inicialmente foram atribuídos valores às amostras de acordo com a posição em que foram ordenadas, por exemplo, 1 (menos ácido), 2 (neutro) e 3 (mais ácido). Os valores de cada amostra foram dispostos em uma tabela, e ao final foi realizada a soma das notas recebidas. A análise dos resultados foi baseada na diferença da soma das ordens pelo método de Friedman, sendo comparadas a 5% de significância. Para 30 provadores e 3 amostras, a diferença da soma das ordens deve ser maior ou igual a 19 para haver significância (NEWELL; MAC FARLANE et al., 1987).

4.3. Resultados e discussão

4.3.1. Pontos críticos de impacto da linha de beneficiamento

O nível máximo de impacto ocorreu na etapa ‘Queda 1’ (após a limpeza) com 147,38 G, a uma altura de 22,5 cm, seguido pelo ‘Repouso’ (retirada da caixa) com 131,9 G, onde os frutos sofrem uma queda de 14,5 cm na esteira (Tabela 2). Os impactos aferidos na linha de beneficiamento se situam entre 23,91 e 147,38 G com 60,93% deles em pontos com quedas

acima de 10 cm (Tabela 2). Além disto, 11 pontos da linha possuem altura de queda superior a 20 cm. A altura de queda se relaciona com o potencial de provocar danos aos frutos, uma vez que o dano mecânico é agravado a medida que a altura de queda se eleva (XU et al., 2015).

Tabela 2 Caracterização da linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’ e impactos simulados.

		Linha de beneficiamento			Impactos simulados	
Etapas		Altura de queda (cm)	max G	Aceleração (m s ⁻²)	Altura (cm)	MaxG (linha de tendência)
Início (Recepção até fungicida e giberelina)	Recepção (entrada limpeza)	13,0	47,7 e	0,9	9,0	56,7
	Limpeza (entrada secador)	11,0	72,1 bcde	0,9	13,0	78,5
	Saída do secador	4,0	61,0 bcde	0,9	9,0	56,7
	Entrada classificação (1)	5,0	35,9 e	1,0	5,0	34,9
	Entrada classificação (2)	8,5	36,8 e	1,0	5,0	34,9
	Classificação (1)	22,5	103,1 abc	1,5	18,0	105,8
	Caixa plástica	44,5	49,6 de	1,5	9,0	56,7
Retorno (limpeza até primeira secagem)	Queda 1 (após limpeza)	22,5	147,4 a	2,0	22,0	127,7
	Queda 2 (após limpeza)	2,0	39,6 e	0,7	5,0	34,9
	Queda 3 (após limpeza)	24,5	75,1 bcde	1,3	13,0	78,5
	Queda 4 (após limpeza)	17,8	39,1 e	0,8	5,0	34,9
	Queda (após limpeza)	31,3	38,5 e	0,7	5,0	34,9
Após o repouso	Repouso (retirada da caixa)	14,5	131,9 a	1,8	17,0	100,4
	Saída do secador 1	22,0	57,1 bcde	1,9	9,0	56,7
	Saída do secador 2 (1)	4,5	53,3 cde	0,8	9,0	56,7
	Saída do secador 2 (2)	6,0	60,0 bcde	0,9	10,0	62,1
	Saída do secador 2 (3)	5,0	57,7 bcde	1,1	9,0	56,7
	Classificação (2)	3,0	68,9 bcde	1,3	9,0	56,7
	Queda 1 (após cera)	20,3	48,5 e	0,8	9,0	56,7
Retorno (após cera)	Queda 2 (após cera)	4,6	47,6 e	0,8	9,0	56,7
	Queda 3 (após cera)	2,5	29,3 e	0,9	4,0	29,4
	Queda 4 (após cera)	36,5	36,5 e	0,7	9,0	56,7
	Queda 5 (após cera)	3,2	107,2 ab	1,7	18	105,8
	Saída classificação	45,4	53,7 cde	0,8	9	56,7
Final (embalagem)	Esteira (embalagem 1)	25,6	48,8 e	1,0	9	56,7
	Esteira (embalagem 2)	8,2	101,4 abcd	1,9	18	105,8
	Esteira (embalagem 3)	11,6	59,2 bcde	1,2	10	62,2
	Encaixe lona	22,1	23,9 e	0,4	4	29,4
	Encaixe embalagem	15,1	57,7 bcde	1,0	10	62,7

A ‘Saída do secador 1’ apresentou aceleração média de $1,9 \text{ m s}^{-2}$, valor considerado elevado em comparação as demais etapas, devido ao pouco controle sobre a força de movimento e ao fluxo elevado de frutos (Tabela 2). Também foi observada elevada aceleração na etapa de recebimento para tomate de mesa (FERREIRA; FERRAZ; FRANCO, 2005) e para citros (FERREIRA et al., 2006). Nestes pontos, um desacelerador pode ser viável; por exemplo, uma manta ou cortina sobre a rampa para aumentar a fricção e diminuir a velocidade do fruto (GARCÍA-RAMOS; ORTIZ-CAÑAVATE; RUIZ-ALTISENT, 2003; GARCÍA-RAMOS; ORTIZ-CAÑAVATE; RUIZ-ALTISENT, 2003).

Os pontos ‘Queda 1’ (após a limpeza) e ‘Repouso’ (retirada da caixa) apresentaram valores elevados de impacto e aceleração, ocasionando maiores chances da ocorrência de injúrias mecânicas nos frutos (Figura 4). Estas informações contribuem para a identificação dos pontos críticos de impacto e possibilitam a melhoria da linha de beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’.

Figura 4 Impactos (G ms^{-2}) e variações de velocidade (m s^{-1}) durante o beneficiamento de lima ácida ‘Tahiti’.

4.3.2. Efeito dos impactos simulados em laboratório na qualidade físico-química

4.3.2.3. Perda de massa e murchamento

A perda de massa foi afetada pelos níveis de impacto, com as limas ácidas ‘Tahiti’ dos tratamentos fungicida e giberelina, cera e embalagem apresentando as maiores porcentagens com 8,62%, 8,81% e 8,54%; enquanto, colheita e secagem 8,23% e 8,02%, respectivamente (Figura 5). Essa maior perda de massa fresca com o impacto ocorreu devido a redução do conteúdo de água, a qual foi agravada com a intensificação da transpiração e da respiração dos frutos (PRUSKY, 2011). Pesquisas realizadas com lima ácida ‘Tahiti’ (BASSAN et al., 2013) e laranja ‘Valência’ (MIRANDA; SPRICIGO; FERREIRA, 2015) mostraram que frutos impactados apresentam maior perda de massa. Nos frutos armazenados em temperatura ambiente, a perda de massa também aumentou de acordo com os níveis de impacto, passando de 6,25% na colheita para 7,2% na embalagem.

Figura 5 Perda de massa (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Quanto ao murchamento, os frutos armazenados em temperatura ambiente apresentaram elevada incidência no tratamento cera com 40% de frutos murchos, enquanto os da colheita somente 13,75% (Figura 6). A exposição a uma maior quantidade de impactos foi prejudicial à qualidade, uma vez que propiciou uma maior porcentagem de murchamento na lima ácida ‘Tahiti’. Nos frutos em condições de refrigeração, os níveis de impacto não influenciaram no murchamento.

Figura 6 Murchamento (% de frutos murchos) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 15 dias em temperatura ambiente (25 ± 1 °C e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

4.3.2.1. *Rendimento do suco, sólidos solúveis, acidez titulável e ácido ascórbico*

O rendimento em suco não foi influenciado pelo nível de impacto nos frutos, todavia, houve aumento durante o armazenamento com 52,70%, 56,66% e 58,22% para os dias 0, 40 e 50, respectivamente (Figura 7). O incremento observado no rendimento do suco se deve, provavelmente, à perda de massa fresca do fruto ser maior na casca do que na polpa, evidenciado pela redução na espessura da casca (Figura 8). Estes valores foram superiores à média obtida por Miranda e Junior (2012) de 40,19% de suco em laranja ‘Pêra’ e ao mínimo estabelecido como requisito de qualidade pela CEAGESP para a lima ácida ‘Tahiti’ de 40% (HORTICULTURA, 2011).

Figura 7 Rendimento do suco (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) e mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Figura 8 Espessura da casca de limas ácidas ‘Tahiti’ armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 15 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). A – Início do armazenamento (dia 0); B - Final do armazenamento (dia 55).

Os impactos reduziram o teor de sólidos solúveis da lima ácida ‘Tahiti’. No último dia de armazenamento, os frutos da colheita apresentaram $8,63\text{ }^{\circ}\text{Brix}$, enquanto aqueles da embalagem, os mais impactado, $8,38\text{ }^{\circ}\text{Brix}$ (Figura 9). Miranda, Spricigo e Ferreira (2015) relatam redução de sólidos solúveis em frutos submetidos a danos mecânicos durante a pós-colheita; em virtude de sua utilização como substrato no processo respiratório (MATTIUZ; DURIGAN, 2001). Nos frutos armazenados em temperatura ambiente, o teor de sólidos solúveis não foi influenciado pelo nível de impacto nos frutos, todavia, houve aumento de

5,38% com o armazenamento, devido a perda de massa da parece celular e concentração de seus solutos.

Figura 9 Sólidos solúveis (°Brix) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Na acidez titulável o efeito dos tratamentos diferiu entre os frutos menos e mais impactados. Os frutos do tratamento colheita apresentaram aumento na acidez titulável durante o armazenamento com 5,59%, 5,77% e 6,14% para os dias 0, 40 e 50, respectivamente (Figura 10). As limas ácidas ‘Tahiti’ apresentam taxa respiratória baixa após a colheita e perda de água acentuada, promovendo acréscimo na concentração dos ácidos. Em contrapartida, os frutos do tratamento embalagem apresentaram redução da acidez titulável durante o armazenamento com 5,89%, 5,71% e 5,61% para os dias 0, 40 e 50, respectivamente (Figura 10). Injúrias mecânicas podem levar à elevação na respiração dos frutos e, consequentemente, promover a redução dos ácidos orgânicos que atuam como substrato no processo respiratório (CHITARRA; CHITARRA, 2005; SHOITI et al., 2010). Nos frutos armazenados em temperatura ambiente, a acidez titulável não foi influenciada pelo nível de impacto nos frutos, todavia, houve aumento de 10,46% com o armazenamento.

Figura 10 Acidez titulável (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Letras minúsculas correspondem as médias entre tratamentos e maiúsculas entre dias. Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

O impacto reduziu o conteúdo de ácido ascórbico dos frutos armazenados em temperatura refrigerada. Os frutos dos tratamentos colheita e secagem apresentaram teores de $45,67\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ e $44,13\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$, respectivamente; enquanto aqueles mais impactados do embalagem apenas $41,74\text{ mg } 100\text{ g}^{-1}$ aos 50 dias de armazenamento (Figura 11). O ácido ascórbico tende a diminuir com o impacto, uma vez que, acaba exposto a oxidação pelas enzimas ascorbato oxidase e ascorbato peroxidase (BARBERIS et al., 2012; SCHIRRA et al., 2008). A diminuição no conteúdo de ácido ascórbico também foi observada em trabalho conduzido com tangerinas ‘Rainha’ e ‘Montenegrina’ (MONTERO et al., 2009) e, melão, kiwi e abacaxi (BARBERIS et al., 2012). Nos frutos em condições de ambiente, o ácido ascórbico aumentou 25,44% com o armazenamento, mas não foi significativo em relação aos níveis de impactos.

Figura 11 Ácido ascórbico ($\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25^\circ\text{C} \pm 1^\circ\text{C}$ e 75-80% UR). Letras minúsculas correspondem as médias entre tratamentos e maiúsculas entre dias. Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey ($P < 0,05$). Barras verticais representam o erro padrão da média.

4.3.2.2. Clorofila total e coloração da casca

Os níveis de impacto não afetaram o teor de clorofila nos frutos em condições refrigeradas, por outro lado, houve redução significativa durante o armazenamento. O efeito do período de armazenamento foi mais evidente após a transferência dos frutos para a temperatura ambiente, passando de $9,06 \text{ mg g}^{-1}$ aos 40 dias para $4,00 \text{ mg g}^{-1}$ aos 50 dias (Figura 12). Esta redução no conteúdo da clorofila durante o armazenamento é devido aos processos de amadurecimento e senescência (HARPAZ-SAAD et al., 2007; KAEWSUKSAENG et al., 2011; LUCENA et al., 2012; LUIZA et al., 2003; SRILAONG et al., 2011). Nos frutos em condições de ambiente, o teor de clorofila diminuiu 38,16% com o armazenamento.

Figura 12 Clorofila total (mg g⁻¹) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração (8 °C ± 1 °C e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente (25 °C ± 1 °C e 75-80% UR). Médias com letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey (P<0,05). Barras verticais representam o erro da média.

Os impactos da linha de beneficiamento afetaram a coloração da casca dos frutos armazenados em condições refrigeradas. Os frutos do tratamento colheita sofreram menor perda da coloração verde da casca, com base no índice de cor, visto que, ao final do armazenamento, apresentaram média de -2,98. Em contrapartida, frutos dos tratamentos fungicida e giberelina e, embalagem apresentaram índices de -1,08 e -1,58, respectivamente (Figura 13). Em lima ácida ‘Tahiti’ (BASSAN et al., 2016; DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005) e tangerinas ‘Montenegrinas’ (MONTERO et al., 2009), os frutos submetidos aos impactos do beneficiamento apresentaram alterações na coloração da casca. Os frutos armazenados em temperatura ambiente também apresentaram perda de coloração verde da casca com o impacto.

Figura 13 Coloração da casca de limas ácidas ‘Tahiti’ (índice de cor) coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

De acordo com o ângulo hue (h°) observamos que ao final do armazenamento os frutos do tratamento colheita apresentaram as menores perdas na coloração da casca com ângulo de 99,47, enquanto, aqueles do fungicida e giberelina e, embalagem apresentaram os resultados menos satisfatórios com valores de 93,83 e 95,34, respectivamente (Figura 14).

Figura 14 Coloração da casca de limas ácidas ‘Tahiti’ (h°) coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Com base na escala de cor, a coloração da casca dos frutos foi influenciada pelos níveis de impacto. Já no 20º dia de armazenamento, foi observada tendência de desverdecimento com o impacto, onde os tratamentos cera e embalagem se destacaram com 42,5% e 52,5% dos frutos com nota 3 (verde claro), respectivamente (Figura 15). Aos 40 dias de armazenamento, observamos a nota 4 (verde amarelado) em 60% dos frutos do fungicida e giberelina e, a nota 5 (amarelo) em 32,5% dos frutos da embalagem (Figura 15). Essa tendência é comprovada no final do armazenamento, com os frutos do tratamento colheita apresentando a menor porcentagem de frutos com nota 5 (amarelo), e consequentemente a menor perda de coloração verde da casca (Figura 15). A mudança da coloração com o impacto em frutos também foi observada em trabalhos conduzidos com limas ácidas ‘Tahiti’ (BASSAN et al., 2016; DURIGAN; MATTIUZ; DURIGAN, 2005) e tangerinas ‘Montenegrinas’ (MONTERO et al., 2009).

Figura 15 Notas de cor de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Escala de cor: nota 1 = verde escuro, nota 2 = verde oliva, nota 3 = verde claro, nota 4 = verde amarelado, nota 5 = amarelo. Barras verticais representam o erro padrão da média.

4.3.2.3. Perda de cálice, distúrbios fisiológicos e doenças

Os frutos em temperatura ambiente apresentaram incremento na perda do cálice com o impacto, onde o tratamento cera apresentou queda do cálice em 29,38% dos frutos, enquanto colheita somente 16,87% (Figura 16). A abscisão precoce do cálice dos frutos pode ocorrer devido ao desequilíbrio hormonal causado pelos impactos do beneficiamento, e o consequente acréscimo de etileno (BARMORE; BROWN, 1985; DANTAS et al., 2003). Diferentes tipos de estresses mecânicos (por exemplo, queda em superfícies duras, manipulação durante a colheita, embalagem ou corte) são conhecidos por aumentar a produção de etileno (SELJASEN et al., 2001). Neste caso, o etileno pode ter aumentado a atividade das enzimas celulase e poligalacturonase, responsáveis pela degradação dos principais componentes da parede celular, assim tornando o fruto susceptível a perda do cálice. A queda do cálice também contribuiu para uma maior perda de massa nos frutos (Figura 5). Os níveis de impacto não influenciaram significativamente na perda do cálice de frutos armazenados em refrigeração.

Figura 16 Perda do cálice (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 15 dias em temperatura ambiente (25 ± 1 °C e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Os frutos refrigerados do tratamento cera apresentaram maior incidência de oleocelose, principalmente no último dia de armazenamento, onde 62,5% dos frutos tinham oleocelose nível 1 e 2,5% oleocelose nível 2; enquanto os frutos da colheita, sem impactos, apenas 35% oleocelose nível 1 (Figura 17). Esse comportamento é consistente com o observado no beneficiamento da laranja ‘Valência’, com a incidência de oleocelose em 28,8%

na chegada do packing-house e 53,4% na mesa de embalagem (ZHENG et al., 2010); e de lima ácida ‘Tahiti’, de 2,9% nos frutos colhidos diretamente na planta para 44% nos completamente beneficiados (BASSAN et al., 2016). Há uma correlação positiva do impacto com o surgimento da oleocelose em linhas de beneficiamento de citros, visto que lesões mecânicas causam a ruptura das glândulas de óleo dos frutos (FISCHER et al., 2009; MONTERO et al., 2012).

Figura 17 Incidência de oleocelose (% de frutos com sintomas) em limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Escala de níveis: nível 1 = até 0,5 cm; nível 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; nível 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; nível 4 = maior que 1,5 cm. Barras verticais representam o erro padrão da média.

A severidade de oleocelose foi influenciada pelo nível de impacto, com os frutos mais impactados apresentando uma maior média de oleoceloses por fruto. No último dia de armazenamento, observamos que as limas ácidas ‘Tahiti’ do tratamento colheita apresentaram em média 0,42 oleocelose nível 1 por fruto, enquanto os frutos da embalagem 1,1 oleocelose nível 1, o que corresponde a um incremento de 161,9% (Figura 18). Para o nível 2 de oleocelose, a maior média foi observada nos frutos do fungicida e giberelina com 0,075

oleocelose/ fruto; enquanto, o nível 3 de oleocelose surgiu apenas nos frutos dos tratamentos fungicida e giberelina e, cera, ambos com 0,025 oleocelose/ fruto (Figura 18).

Figura 18 Severidade de oleocelose (média) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Escala de níveis: nível 1 = até 0,5 cm; nível 2 = maior que 0,5 e menor que 1,0 cm; nível 3 = maior que 1,0 e menor que 1,5 cm; nível 4 = maior que 1,5 cm. Barras verticais representam o erro padrão da média.

As podridões estilar e peduncular surgiram após a transferência dos frutos para a temperatura ambiente, no 45º de armazenamento (Figura 19). A manutenção da qualidade pode ser favorecida por baixas temperaturas, já que reduzem o metabolismo e o crescimento de fungos (LADANIYA, 2010). No último dia de armazenamento, a podridão estilar atingiu 3,75% dos frutos das etapas secagem e, fungicida e giberelina, enquanto nas demais etapas 2,5% (Figura 19).

Figura 19 Podridão estilar (%) e peduncular (%) de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). Barras verticais representam o erro padrão da média.

Quanto à podridão peduncular, os frutos do tratamento secagem foram os mais afetados com 5% ao final do armazenamento (Figura 19). As doenças pós-colheita em citros devem ser controladas a fim de garantir a manutenção da qualidade e o prolongamento da vida útil dos frutos (FISCHER et al., 2009). Não foram observadas podridões nos frutos armazenados em temperatura ambiente.

4.3.3. Análise Sensorial

4.3.3.1. Frutos coletados na planta e submetidos a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento

No experimento em condição refrigerada observamos que os impactos simulados influenciaram o atributo aparência dos frutos. Inicialmente, os frutos do tratamento cera foram tidos como preferidos, todavia, com o tempo aqueles do tratamento colheita, sem impactos, passam a ter a preferência. Os frutos da “Colheita” (T1) foram bem avaliados em todos os dias de análises, com notória preferência no último dia de armazenamento, devido a menor incidência de distúrbios e maior conservação da cor verde da casca (Tabela 3). Observamos que com impacto há menor aceitabilidade, já que os frutos do tratamento “Fungicida + Giberelina” (T2) e, “Embalagem” (T3) foram menos preferidos pelos provadores (Tabela 3). Os atributos aparência do suco, aroma, amargor e gosto de sobremaduro não apresentaram diferença significativa entre as amostras.

Tabela 3 Avaliação sensorial de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas durante 40 dias sob refrigeração ($8\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente ($25\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 1\text{ }^{\circ}\text{C}$ e 75-80% UR). T1 (Colheita); T2 (Fungicida + Giberelina); e T3 (Embalagem). Médias com letras distintas diferem entre si pelo método de Friedman ($P < 0,05$).

Atributos	Amostras	Dias de análise		
		0	40	50
Aparência do fruto (Preferência)	T1	56 a	64 a	82 a
	T2	61 a	72 a	44 b
	T3	63 a	44 b	54 bc
Aparência do suco (Preferência)	T1	42 ab	47 a	61 a
	T2	61 a	40 a	49 a
	T3	59 a	39 a	58 a
Aroma (Intensidade)	T1	52 a	45 a	55 a
	T2	60 a	59 a	57 a
	T3	62 a	58 a	68 a
Acidez (Intensidade)	T1	55 a	52 a	48 a
	T2	62 a	54 a	64 a
	T3	63 a	62 a	62 a
Amargo (Intensidade)	T1	59 a	57 a	53 a
	T2	54 a	51 a	56 a
	T3	49 a	54 a	59 a
Gosto de sobremaduro (Intensidade)	T1	49 a	55 a	61 a
	T2	53 a	46 a	59 a
	T3	54 a	55 a	60 a

No experimento em condição ambiente, o atributo aparência do fruto inicialmente não demonstrou diferença, todavia no dia 15 observamos o “Embalagem” (T3) como menos preferido pelos provadores (Tabela 4). Na análise sensorial do dia 15, ocorreu a seguinte ordem crescente de preferência para o atributo aparência do fruto: “Embalagem” (T3), “Fungicida + Giberelina” (T2) e “Colheita” (T1) (Tabela 4). Essa sequência está alinhada aos níveis de impactos simulados, demonstrando que com o impacto há perda de qualidade, em especial, perda de coloração e elevada incidência de distúrbios fisiológicos.

Tabela 4 Avaliação sensorial de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e submetidas a impactos que simulam aqueles da linha de beneficiamento, armazenadas (25 ± 1 °C e 75-80% UR) durante 15 dias. T1 (Colheita); T2 (Fungicida + Giberelina); e T3 (Embalagem). Médias com letras distintas diferem entre si pelo método de Friedman ($P < 0,05$).

Atributos	Amostras	Dias de análise	
		0	15
Aparência do fruto (Preferência)	T1	63 a	69 a
	T2	51 a	63 ab
	T3	66 a	48 b
Aparência do suco (Preferência)	T1	56 a	54 a
	T2	44 a	65 a
	T3	50 a	55 a
Aroma (Intensidade)	T1	55 a	42 bc
	T2	55 a	58 b
	T3	70 a	80 a
Acidez (Intensidade)	T1	60 a	52 a
	T2	61 a	60 a
	T3	53 a	68 a
Amargo (Intensidade)	T1	54 a	43 ab
	T2	50 a	58 a
	T3	58 a	73 a
Gosto de sobremaduro (Intensidade)	T1	52 a	48 ab
	T2	56 a	58 a
	T3	54 a	68 a

Os atributos aparência do suco e acidez não sofreram influência do nível de impacto (Tabela 4). Para o atributo aroma, aos 15 dias de armazenamento, os frutos do “Colheita” (T1) foram considerados menos intensos, do “Fungicida + Giberelina” (T2) neutros e do “Embalagem” (T3) mais intensos (Tabela 4). Os impactos simulados propiciaram maior produção de compostos voláteis, tornando o aroma característico do suco de lima ácida ‘Tahiti’ mais forte, portanto, os impactos não prejudicaram a conservação do aroma do suco. Resultados semelhantes foram observados em análise sensorial de lima ácida ‘Tahiti’, onde os tratamentos coletados no final do armazenamento foram considerados de aroma mais intenso (BASSAN, 2012).

Quanto à intensidade de amargo e gosto de sobremaduro no suco, aos 15 dias de armazenamento, “Colheita” (T1) apresentou os menores valores (Tabela 4) e, apesar de não significativo observamos tendência de aumento na intensidade com o impacto. A seguinte

ordem crescente de intensidade foi observada para os atributos amargor e gosto de sobremaduro no suco: “Colheita” (T1), “Fungicida + Giberelina” (T2) e “Embalagem” (T3) (Tabela 4). O sabor e aroma normais de produtos hortícolas podem ser modificados pela produção de compostos voláteis com odores indesejáveis, como consequência de estresses e desordens fisiológicas advindas do manuseio ou armazenamento impróprios (CHITARRA; CHITARRA, 2005). Para Bassan (2012), o sabor de fruto sobremaduro só foi observado no último dia de armazenamento nas amostras provenientes do final do beneficiamento, onde as injúrias mecânicas levaram à alteração no sabor do suco das limas ácidas ‘Tahiti’, e consequente, diminuição da qualidade.

4.3.3.2. Frutos coletados nas etapas da linha de beneficiamento

No último dia de armazenamento dos frutos refrigerados, foi observada a seguinte ordem crescente de preferência para o atributo aparência do fruto: “Fungicida + Giberelina” (T2), “Colheita” (T1) e “Embalagem” (T3) (Tabela 5). Os frutos do “Fungicida + Giberelina” (T2) foram prejudicados pelos impactos decorrentes do beneficiamento, o que consequentemente levou a uma queda de qualidade, como evidenciado pelo maior murchamento, perda de coloração e incidência de distúrbios fisiológicos. Os frutos do “Embalagem” (T3) foram os preferidos pelos provadores, principalmente devido às características benéficas da cera, que contribui para a conservação da turgidez e da cor verde da casca, além de conferir brilho (Tabela 5). Os atributos aparência do suco, aroma, amargor e gosto de sobremaduro não apresentaram diferença significativa entre as amostras (Tabela 5). Resultados semelhantes foram observados na análise sensorial dos frutos armazenados em condição ambiente.

Tabela 5 Avaliação sensorial de limas ácidas ‘Tahiti’ coletadas na planta e em etapas de beneficiamento armazenadas durante 40 dias sob refrigeração (8 ± 1 °C e 85-90% UR) mais 10 dias em temperatura ambiente (25 ± 1 °C e 75-80% UR). T1 (Colheita); T2 (Fungicida + Giberelina); e T3 (Embalagem).

Atributos	Amostras	Dias de análise		
		0	40	50
Aparência do fruto (Preferência)	T1	53 a	64 a	55 b
	T2	56 a	45 ab	48 bc
	T3	47 a	71 a	77 a
Aparência do suco (Preferência)	T1	48 a	44 a	57 a
	T2	40 a	52 a	53 a
	T3	38 a	54 a	58 a
Aroma (Intensidade)	T1	42 a	51 a	59 a
	T2	47 a	46 a	66 a
	T3	43 a	53 a	49 a
Acidez (Intensidade)	T1	59 a	59 a	63 a
	T2	50 a	61 a	52 a
	T3	41 ab	54 a	65 a
Amargo (Intensidade)	T1	50 a	51 a	55 a
	T2	48 a	47 a	54 a
	T3	40 a	52 a	59 a
Gosto de sobremaduro (Intensidade)	T1	33 a	50 a	65 a
	T2	38 a	52 a	57 a
	T3	31 a	42 a	52 a

4.4. Conclusão

Os impactos avaliados na linha de beneficiamento foram da magnitude de 1788,6 G, variando de 23,9 G à 147,4 G dependendo do ponto de transferência.

Os pontos ‘Queda 1’ (após a limpeza) e ‘Repouso’ (retirada da caixa) foram responsáveis pelos maiores impactos e acelerações.

Frutos injuriados apresentam perda da cor verde da casca, de sólidos solúveis, e de acidez titulável; além de maior teor de ácido ascórbico, de perda de massa, de murchamento, de queda do cálice e, de incidência e severidade de oleocelose.

Na análise sensorial, os frutos injuriados obtiveram a menor aceitabilidade para a aparência e, as maiores intensidades de amargor e gosto de sobremaduro do suco.

Os principais motivos que influenciam na tomada de decisão para o atributo aparência do fruto são incidência de distúrbios, turgidez e coloração da casca.

Os tratamentos pós-colheita contribuem para a manutenção das características físico-químicas, entretanto os impactos afetam negativamente a qualidade dos frutos.

Referências

AGRIANUAL: anuário da agricultura brasileira. São Paulo: Instituto FNP, 2017.

Agricultural Statistics Database - FAOSTAT. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#home>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

AGUILAR-VOLDOSO, C.I. MÜLLER, G. W.; TARGON, M. L. P. N.; SCHINOR, E. H. Proteção integrada de doenças de Lima ácida “Tahiti”. In: **MATTOS JUNIOR, D. de; DE NEGRI, J.D.; FIGUEIREDO, J.O.** Campinas: Instituto agrônomo, 2003. p. 147–162.

AGUSTÍ, M. **Citricultura.** Madrid: Mundi-Prensa, 2003.

ALICEWEB. Disponível em: <<http://aliceweb.mdic.gov.br>>. Acesso em: 25 maio. 2017.

ALMEIDA, M. B. DE. **Determinação do estágio ótimo de maturação a colheita do limão “Siciliano”, produzidos no estado do Ceará.** [s.l.] Universidade Federal do Ceará, 2014.

AQUINO, C. F. et al. Qualidade pós-colheita de banana “Maçã” tratada com ácido giberélico avaliada por redes neurais artificiais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 51, n. 7, p. 824–833, jul. 2016.

ASSIS, O. B. G. DE; et al. Colheita e beneficiamento de frutas e hortaliças. In: FERREIRA, M. D. (Ed.). . **Embrapa Instrumentação Agropecuária**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008. p. 77–85.

BAPTISTELLA, C. DA S. L.; COELHO, P. J.; CASER, D. V. A cultura do limão no estado de são paulo, 2009-2013. **Informações Econômicas**, v. 44, n. 3, 2014.

BARBERIS, A. et al. Detection of postharvest changes of ascorbic acid in fresh-cut melon, kiwi, and pineapple, by using a low cost telemetric system. **Food Chemistry**, v. 135, n. 3, p. 1555–1562, 1 dez. 2012.

BARMORE, C. R.; BROWN, G. E. Influence of Ethylene on Increased Susceptibility of Oranges to *Diplodia natalensis*. **Plant Disease**, v. 69, p. 228–230, 1985.

BASSAN, M. M. **Qualidade e conservação de lima ácida “Tahiti” em função dos métodos de colheita e das etapas de beneficiamento pós-colheita**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 3 set. 2012.

BASSAN, M. M. et al. The harvesting system affects the quality and conservation of the “Tahiti” acid lime. **Scientia Horticulturae**, v. 155, p. 72–77, maio 2013.

BASSAN, M. M. et al. Beneficiamento pós-colheita de lima ácida “Tahiti” afeta sua qualidade e conservação. **Ciência Rural**, v. 46, n. 1, p. 184–190, jan. 2016.

BATISTA, E. A. **Caracterização da produção e comercialização da lima ácida tahiti (*Citrus latifolia* TANAKA) no município de cruz das almas no estado da bahia**. [s.l.] Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2010.

BAUTISTA, V. L.; PEREA, C. A. V.; LÓPEZ, A. P. Mechanical properties and physiological answer of sapodilla fruits under axial compression. **Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias**, v. 20, n. 3, p. 73–80, 2011.

BIASI, L. A.; FLÁVIO, Z. Gibberelic Acid Alone or Associated With Wax in the Post-

Harvest of “Tahiti” Lime. **Scientia Agraria**, v. 1, n. 1–2, p. 39–44, 2000.

BREMER NETO, H. et al. **Caracterização tecnológica e aptidão mercadológica de clones de lima ácida “Tahiti”**. CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. **Anais...**In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA, 21., 2010, Natal. Frutas: saúde, inovação e responsabilidade: anais. Natal: Sociedade Brasileira de Fruticultura, 2010. Disponível em: <<https://www.alice.cnptia.embrapa.br/handle/doc/873309>>. Acesso em: 9 nov. 2017

BREMER NETO, H. et al. The horticultural performance of five “Tahiti” lime selections grafted onto “Swingle” citrumelo under irrigated and non-irrigated conditions. **Scientia Horticulturae**, v. 150, p. 181–186, 2012.

CAMARGO, G. G. T.; FERREIRA, M. D.; ANDREUCCETTI, C. Testes de impacto em laboratório para tomate de mesa (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cultivar Débora. **Horticultura Brasileira**, v. 22, n. 3, 2004.

CARVALHO, C. R. L. et al. **Análises Químicas de Alimentos**. Campinas: ITAL, 1990.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutas e hortaliças: fisiologia e manejo**. 2 ed. ed. [s.l.] Lavras: UFLA, 2005.

COELHO, Y. **Lima ácida “Tahiti” para exportação: aspectos técnicos da produção**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1993.

DA SILVA, S. R. et al. Postharvest of irradiated Tahiti lime fruits. **REVISTA BRASILEIRA DE FRUTICULTURA**, v. 38, n. 4, jul. 2016.

DANTAS, S. A. F. et al. Doenças fúngicas pós-colheita em mamões e laranjas comercializados na Central de Abastecimento do Recife. **Fitopatologia Brasileira**, v. 28, n. 5, p. 528–533, out. 2003.

DOTTO, M. et al. Biofilmes e embalagens na conservação pós-colheita de lima ácida Tahiti. **Revista Brasileira de Ciencias Agrarias**, v. 10, n. 3, p. 365–369, 2015.

DURIGAN, M. F. B.; MATTIUZ, B.-H.; DURIGAN, J. F. Injúrias mecânicas na qualidade pós-colheita de lima ácida “Tahiti” armazenada sob condição ambiente. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 3, p. 369–372, dez. 2005.

ECKERT, J. W.; EAKS, I. L. Postharvest disorders and diseases of citrus fruits. In: **REUTER, W. CALAVAN, E.C. CARMAN, G.E.** Berkeley: University of California Press, 1989. p. 179–260.

EUROPEAN COMMISSION. **Trade Helpdesk**. Disponível em: <<http://trade.ec.europa.eu/tradehelp/>>. Acesso em: 9 nov. 2017.

FERREIRA, M. D. et al. Pontos críticos de impacto em linhas de beneficiamento utilizadas para citros no Estado de São Paulo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 28, n. 3, p. 523–525, dez. 2006.

FERREIRA, M. D. **Colheita e Beneficiamento de Frutas e Hortalças**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2008.

FERREIRA, M. D. et al. Determinação em tempo real da magnitude de danos físicos por impacto em linhas de beneficiamento e em condições de laboratório e seus efeitos na qualidade de tomate. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 630–641, 2009.

FERREIRA, M. D.; FERRAZ, A. C. O.; FRANCO, A. T. O. Tomato packing lines studies with an instrumented sphere in Brazil. **Acta Horticulturae**, n. 682, p. 1753–1760, jun. 2005.

FERREIRA, M. D.; HENRIQUE NETTO, L. Avaliação de processos nas linhas de beneficiamento e classificação de batatas. **Horticultura Brasileira**, v. 25, n. 2, p. 279–285, jun. 2007.

FIORAVANÇO, J. C. .; MANICA, I. .; PAIVA, M. C. Uso de citocinina e recobrimentos em limão “Tahiti” armazenados em temperatura controlada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, n. 1, p. 81–87, 1995.

FISCHER, I. H. et al. Caracterização dos Danos Pós-Colheita em Citros Procedentes de “

Packinghouse ”. **Fitopatol. Bras.**, v. 32, n. 4, p. 304–310, 2007.

FISCHER, I. H. et al. Citrus postharvest diseases and injuries related to impact on packing lines. **Scientia Agricola**, v. 66, n. 2, 2009.

GARCÍA-RAMOS, F. J.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; RUIZ-ALTISENT, M. Decelerator elements for ramp transfer points in fruit packing lines. **Journal of Food Engineering**, v. 59, n. 4, p. 331–337, 2003.

GARCÍA-RAMOS, F. J.; ORTIZ-CAÑAVATE, J.; RUIZ-ALTISENT, M. Reduction of mechanical damage to apples in a packing line using mechanical devices. **Applied engineering in agriculture**, v. 19, p. 703–710, 2003.

GAYET, J. P. et al. **Lima ácida “Tahiti” para exportação: procedimentos de colheita e pós-colheita**. Brasília: EMBRAPA-SPI, 1995.

GAYET, J. P.; SALVO FILHO, A. Colheita e beneficiamento. In: **MATTOS JUNIOR, D. de DE NEGRI, J.D. FIGUEIREDO, J.O.** Campinas: Instituto Agrônômico, 2003. p. 147–162.

GOLDSCHMIDT, E. E. Ripening of citrus and other non-climacteric fruits: A role for ethylene. **Acta Horticulturae**, n. 463, p. 335–340, jan. 1998.

GOMEZ, M. L. P.; LAJOLO, F. M. Ascorbic acid metabolism in fruits: activity of enzymes involved in synthesis and degradation during ripening in mango and guava. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 88, n. 5, p. 756–762, 15 abr. 2008.

GUARDIOLA, J. L. **Frutificação e crescimento**. SEMINÁRIO INTERNACIONAL DE CITROS-FISIOLOGIA. **Anais...**Campinas: Fundação Cargill, 1992.

HARPAZ-SAAD, S. et al. Chlorophyllase is a rate-limiting enzyme in chlorophyll catabolism and is posttranslationally regulated. **The Plant Cell**, v. 19, n. 3, p. 1007–1022, 9 mar. 2007.

HERMOSILLA, R. C. H. **Factores predisponentes a los desordenes fisiologicos en frutos cítricos en la region de Valparaíso**. [s.l.] Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,

2008.

HORTICULTURA, P. B. DE M. DA. **Normas de Classificação de Citros de Mesa/CEAGESP**. São Paulo: Companhia de Entrepósitos e Armazéns Gerais de São Paulo, 2011.

JIMÉNEZ-CUESTA, M.; CUQUERELLA CAYUELA, J.; MARTÍNEZ-JAVEGA, J. M. **Teoría y práctica de la desverdización de los cítricos**. Madrid: Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, 1983.

JUNQUEIRA, L. P. **Fenologia e características físicas da lima ácida “Tahiti” cultivada sob irrigação no Distrito Federal**. [s.l.] Universidade de Brasília/ Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária, 2009.

KAEWSUKSAENG, S. et al. Effect of UV-B irradiation on chlorophyll degradation and postharvest physiology in stored lime (*Citrus latifolia* tan.) fruit. **Acta Horticulturae**, v. 945, n. 2–3, p. 105–112, 1 ago. 2011.

KAEWSUKSAENG, S. et al. Postharvest heat treatment delays chlorophyll degradation and maintains quality in Thai lime (*Citrus aurantifolia* Swingle cv. Paan) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 100, p. 1–7, 1 fev. 2015.

KHAMIS, Y. et al. Activity of salts incorporated in wax in controlling postharvest diseases of citrus fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 65, p. 39–43, 1 mar. 2012.

KLUGE, R. A. et al. **Distúrbios fisiológicos em frutos**. Piracicaba: FEALQ, 2001.

KONKEL, F. E. et al. Avaliação sensorial de doce de leite pastoso com diferentes concentrações de amido. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, v. 24, n. 2, p. 249–254, 2004.

LADANIYA, M. **Citrus fruit: biology, technology and evaluation**. [s.l.] Academic, 2010.

LI, Z. Q. et al. Effect of ethylene and 1-MCP on post-harvest physiology and on expression of the ethylene receptor genes PpETR3 and PpERS2 in pear (*Pyrus pyrifolia* Nakai “Kikusui”) fruit. **The Journal of Horticultural Science and Biotechnology**, v. 85, n. 1, p. 71–77, 7 jan.

2010.

LUCENA, H. H. DE et al. Uso de cera na conservação pós-colheita do limão verdadeiro (*Citrus x limon* (L.) Burm. f.). **Revista Verde**, v. 7, n. 4, p. 170–174, 2012.

LUIZA, M. et al. Conservação refrigerada de lima ácida “Tahiti”: uso de 1-metilciclopropeno, ácido giberélico e cera. **Rev. Bras. Frutic**, n. 3, p. 406–409, 2003.

MANFROI, V. et al. Efeito do 2,4-D na frigoconservação de limão Tahiti (*Citrus latifolia* Tanaka). **Boletim do Centro de Pesquisa de Processamento de Alimentos**, v. 14, n. 1, 1996.

MARCONDES, P. T. S. **Manejo do florescimento e da produção da lima ácida “Tahiti” com reguladores de crescimento e derriça**. [s.l.] Universidade Federal da Bahia, Cruz das Almas, 1991.

MARÍA, T. L.; FERNANDO, A.; PACO, R. Postharvest ethylene conditioning as a tool to reduce quality loss of stored mature sweet oranges. **Postharvest Biology and Technology**, v. 94, p. 104–111, 1 ago. 2014.

MATTIUZ, B.-H.; DURIGAN, J. F. Efeito de injúrias mecânicas no processo respiratório e nos parâmetros químicos de goiabas “Paluma” e “Pedro Sato”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 23, n. 2, p. 282–287, ago. 2001.

MDITSHWA, A. et al. Postharvest factors affecting vitamin C content of citrus fruits: A review. **Scientia Horticulturae**, v. 218, p. 95–104, 2017.

MEGÍAS, Z. et al. Ethylene biosynthesis and signaling elements involved in chilling injury and other postharvest quality traits in the non-climacteric fruit of zucchini (*Cucurbita pepo*). **Postharvest Biology and Technology**, v. 113, p. 48–57, 1 mar. 2016.

MIRANDA, M. N.; JUNIOR, J. H. C. Quality of fruits of orange tree “Pêra” harvested in environmental conditions of Colorado do Oeste city – Rondônia. **Uniciências**, v. 16, n. 1, p. 39–43, 2012.

MIRANDA, M.; SPRICIGO, P. C.; FERREIRA, M. D. Mechanical damage during harvest and loading affect orange postharvest quality. **Engenharia Agrícola**, v. 35, n. 1, p. 154–162, fev. 2015.

MONTERO, C. R. S. et al. Postharvest mechanical damage affects fruit quality of “Montenegrina” and “Rainha” tangerines. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 44, n. 12, p. 1636–1640, dez. 2009.

MONTERO, C. R. S. et al. Oleocellosis incidence in citrus fruit in response to mechanical injuries. **Scientia Horticulturae**, v. 134, p. 227–231, fev. 2012.

NASCIMENTO, L. M.; SANTOS, P. C. Controle de doenças fúngicas e de danos por frio em pós- colheita de lima ácida tahiti. **Arquivos do Instituto Biológico**, v. 80, n. 2, p. 193–205, 2013.

NEVES, M. F. et al. O retrato da citricultura brasileira. p. 138, 2010.

NOCE, R.; MOTA, J. H. Dinâmica da Produção de Laranja na Década de 1990. **Revista Laranja**, v. 25, n. 1, p. 37–44, 2004.

OLIVEIRA, I. P. DE; OLIVEIRA, L. C.; MOURA, C. S. F. T. DE. Frutas cítricas. **Revista Faculdade Montes Belos**, v. 5, n. 4, 2012.

PRUSKY, D. Reduction of the incidence of postharvest quality losses, and future prospects. **Food Security**, Oxford, v. 3, 4, pp 463-474. 2011.

RIBEIRO, V. G. et al. Armazenamento de goiabas “Paluma” sob refrigeração e em condição ambiente, com e sem tratamento com cera de carnaúba. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 27, n. 2, p. 203–206, 2005.

RODRIGO, M. J. et al. Biochemical bases and molecular regulation of pigmentation in the peel of Citrus fruit. **Scientia Horticulturae**, v. 163, p. 46–62, 5 dez. 2013.

SCHIRRA, M. et al. Influence of postharvest hot water treatment on nutritional and functional properties of kumquat (*Fortunella japonica* Lour. Swingle Cv. Ovale) fruit. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, v. 56, n. 2, p. 455–460, 23 jan. 2008.

SILVA, F. DE A. S. E; AZEVEDO, C. A. V. DE. The Assistat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **African Journal of Agricultural Research**, v. 11, n. 39, p. 3733–3740, 29 set. 2016.

SIMAS, D. L. R. et al. Citrus species essential oils and their components can inhibit or stimulate fungal growth in fruit. **Industrial Crops and Products**, v. 98, p. 108–115, 2017.

SPÓSITO, M. B. E. et al. Armazenamento refrigerado de frutos de limeira-ácida “Tahiti” tratados com GA. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 22, n. 3, p. 345–348, 2000.

SRILAONG, V. et al. UV-B irradiation retards chlorophyll degradation in lime (*Citrus latifolia* Tan.) fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 59, n. 1, p. 110–112, 1 jan. 2011.

STUCHI, E. S. et al. Fruit quality of “Tahiti” lime (*Citrus latifolia* Tanak) grafted on twelve different rootstocks. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 31, n. 2, p. 454–460, jun. 2009.

VALENTINI, S. R. DE T. et al. Avaliação de linhas de beneficiamento e impactos de queda na qualidade de caqui “Rama Forte”. **Engenharia Agrícola**, v. 29, n. 4, p. 642–655, 2009.

VITTI, A. **Análise da competitividade das exportações brasileiras de frutas selecionadas no mercado internacional**. Piracicaba: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da Universidade de São Paulo, 6 abr. 2009.

XU, R. et al. Measure of mechanical impacts in commercial blueberry packing lines and potential damage to blueberry fruit. **Postharvest Biology and Technology**, v. 110, p. 103–113, 2015.

ZHENG, Y. et al. Characteristics and oleocellosis sensitivity of citrus fruits. **Scientia Horticulturae**, v. 123, n. 3, p. 312–317, 2010.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os resultados apresentados neste trabalho, apontam que o beneficiamento contribui para a manutenção de características como cor verde da casca, massa fresca e turgidez. A aplicação de cera é essencial para a comercialização da lima ácida ‘Tahiti’, uma vez que contribui para a aceitabilidade do consumidor.

Todavia, os impactos decorrentes do beneficiamento ocasionam redução de sólidos solúveis, mudança de coloração e queda do cálice dos frutos e, maior incidência e severidade de oleocelose. Além disto, quando os frutos são submetidos a níveis de impacto mais elevados há redução da acidez titulável, maior porcentagem de murchamento e perda de coloração verde da casca.

A redução dos impactos na linha de beneficiamento pelo controle das alturas de queda e do uso de tecnologias como materiais amortecedores, pode contribuir para a conservação de atributos importantes à comercialização de lima ácida ‘Tahiti’, reduzindo suas perdas pós-colheita e, gerando maiores lucros aos envolvidos na cadeia de produção.

Há necessidade de se avaliar mais precisamente a etapa de aplicação de cera e secagem, uma vez que, a queda do cálice e a maior perda de massa nos frutos submetidos ao processo de aplicação de cera, pode ter influência da temperatura ou do tempo de exposição nos túneis de secagem. Além disto, a partir da etapa de cera houve incremento na ocorrência de oleocelose, o que é característico de frutos injuriados e submetidos à elevadas temperaturas. A análise de danos físicos (furos, riscos e raspagem) mostra que na linha as condições do beneficiamento acarretam em prejuízos aos frutos de lima ácida ‘Tahiti’, elevando as perdas pós-colheita.