



**Tratamento hidrotérmico para caquis 'Fuyu'
visando ao controle quarentenário de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae)
e manutenção da qualidade dos frutos**

André Stocco de Oliveira

Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios
Instituto Biológico
Programa de Pós-Graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no
Agronegócio

Tratamento hidrotérmico para caquis 'Fuyu'
visando ao controle quarentenário de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e
manutenção da qualidade dos frutos

André Stocco de Oliveira

Dissertação apresentada para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema

São Paulo
2017

André Stocco de Oliveira

**Tratamento hidrotérmico para caquis 'Fuyu'
visando ao controle quarentenário de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e
manutenção da qualidade dos frutos**

Dissertação apresentada para a obtenção do título de
Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental
no Agronegócio.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade
no Agroecossistema.

Orientador:
Professor Dr. Adalton Raga

São Paulo
2017

Eu, André Stocco de Oliveira, autorizo o Instituto Biológico (IB-APTA), da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, a disponibilizar gratuitamente e sem ressarcimento dos direitos autorais, o presente trabalho acadêmico, de minha autoria, no portal, biblioteca digital, catálogo eletrônico ou qualquer outra plataforma eletrônica do IB para fins de leitura, estudo, pesquisa e/ou impressão pela Internet desde que citada a fonte.

Assinatura: _____ Data ___ / ___ / ___

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo
Núcleo de Informação e Documentação – IB

Oliveira, André Stocco de.

Tratamento hidrotérmico para caquis “Fuyu” visando ao controle quarentenário de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e manutenção da qualidade dos frutos. / André Stocco de Oliveira. - São Paulo, 2017.

55 p.

Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação.

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Linha de pesquisa: Biodiversidade: caracterização, interações, interações ecológicas em agroecossistemas.

Orientador: Adalton Raga.

Versão do título para o inglês: Hydrothermal treatment of “Fuyu” persimmons for quarantine treatment of fruit flies (Diptera: Tephritidae) and keeping quality of fruits.

1. Ebenaceae 2. Pós-colheita 3. *Ceratitis capitata* 4. *Anastrepha fraterculus*
I. Oliveira, André Stocco de II. Raga, Adalton III. Instituto Biológico (São Paulo).
IV. Título.

IB/Bibl./2017/017

Nome: André Stocco de Oliveira

Título: Tratamento hidrotérmico para caquis 'Fuyu' visando ao controle quarentenário de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e manutenção da qualidade dos frutos.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio do Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, da Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo para a obtenção do título de Mestre em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio.

Aprovado em: ___ / ___ / ___

Banca Examinadora

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

Prof. Dr. _____ Instituição: _____
Julgamento: _____ Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, pela compreensão nos momentos de ausência e por suportarem minha falta de paciência em certas etapas desse trabalho.

Ao meu orientador Prof. Dr. Adalton Raga, pelos ensinamentos durante o curso, também pela amizade e apoio.

A Tainá Luiza Donnaruma, pelo carinho, incentivo e inspiração, trazendo calma nos momentos difíceis.

A Stella Maria Januária Vieira, pelos ensinamentos e orientações no começo desse trabalho.

Ao professor Dr. Miguel Francisco de Souza-Filho pelos primeiros ensinamentos com moscas-das-frutas e trabalhos científicos.

Ao Instituto Biológico, pela oportunidade dada.

Aos amigos de laboratório pela ajuda nos experimentos e pelos momentos de descontração.

Ao professor Rafael Augustus de Oliveira, pelas sugestões que ajudaram a enriquecer o trabalho.

Ao professor Mário Eidi Sato, pelos conselhos e ensinamentos sobre o trabalho.

Ao professor Flávio Schmidt, pela disponibilidade dos aparelhos de análises físico-químicas realizados nesse trabalho.

Aos funcionários, técnicos e alunos do laboratório de Análise Instrumental e do laboratório de Frutas da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, pela ajuda e ensinamentos.

Enfim, a todos que de alguma forma contribuíram para a execução desse trabalho.

RESUMO

OLIVEIRA, André Stocco. **Tratamento hidrotérmico para caquis 'Fuyu' visando ao controle quarentenário de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e manutenção da qualidade dos frutos.** 2017. 69f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) estão entre as principais pragas da fruticultura mundial, levando-se em conta sua ampla gama de plantas hospedeiras e os danos causados. Devido a sua incidência, países importadores impõem barreiras fitossanitárias para evitar a entrada e a propagação de frutos infestados. Quando os frutos não são cultivados em "áreas livres", alguns países exigem tratamentos quarentenários para desinfestação. O objetivo do presente trabalho foi avaliar o tratamento hidrotérmico como tratamento quarentenário para caquis 'Fuyu' infestados por moscas-das-frutas e manutenção da qualidade do fruto. Tratamento com água quente foi aplicado para ovos e larvas de terceiro ínstar de *Ceratitis capitata* e *Anastrepha fraterculus* "in vitro" em 41 °, 42 °, 44 °, 46 °, 48 ° e 50 °C durante 0, 7, 15, 20, 30, 40, 50, 60 e 90 minutos. Os frutos de caqui infestados por *C. capitata* e *A. fraterculus* foram submetidos a 44 °C por 60 e 90 minutos; 46 °C durante 20 e 30 minutos; e 48 °C durante 20 minutos. Os frutos infestados não tratados foram usados para estimar a taxa de infestação das moscas-das-frutas. Foram realizadas análises de firmeza da casca e da polpa, coloração da casca, acidez titulável, pH e sólidos solúveis para avaliar o efeito do tratamento de água-quente na qualidade dos frutos. O aumento da temperatura e do tempo de imersão no tratamento hidrotérmico aplicado "in vitro" para *C. capitata* e *A. fraterculus* diminuiu o pupamento e a emergência de adultos. A exposição de ovos por mais de 30 e 20 minutos a 46 ° e 48 °C e larvas por 20 e 15 minutos sob as mesmas temperaturas, impediu a emergência de adultos de *C. capitata*. Para ovos de *A. fraterculus*, foram necessários tratamentos superiores a 20 minutos por 46 °C, 15 minutos a 48 °C e 7 minutos a 50 °C para evitar a eclosão de larvas. Os tempos necessários para evitar o pupamento de larvas tratadas foram maiores do que os ovos tratados, atingindo 40 e 20 minutos de imersão a 46 e 48 °C. Para desinfestar caquis com ovos e larvas de *C. capitata* e *A. fraterculus* foram necessários tratamentos a 44 °C por 90 minutos de imersão. Todos os tratamentos foram eficientes para evitar o pupamento em caquis infestados com ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata*, com exceção de 20

minutos a 46 °C para ovos e 20 e 30 minutos a 46 °C para larvas. Todos os tratamentos preveniram o pupamento de *A. fraterculus* em caquis infestados com ovos de *A. fraterculus* submetidos ao tratamento com água quente. Para larvas de segundo ínstar de *A. fraterculus*, apenas o tratamento a 44 °C por 90 minutos de exposição causou desinfestação dos frutos. Não houve diferenças significativas nos resultados das análises físico-químicas feitas nos caquis submetidos ao tratamento com água quente, exceto ao pH. Foi concluído que o tratamento hidrotérmico é efetivo na desinfestação de caquis e na manutenção da qualidade dos frutos.

PALAVRAS-CHAVE: Ebenaceae. Pós-colheita. *Ceratitidis capitata*. *Anastrepha fraterculus*.

ABSTRACT

OLIVEIRA, André Stocco. **Hydrothermal treatment of 'Fuyu' persimmons for quarantine treatment of fruit flies (Diptera: Tephritidae) and keeping quality of fruits**. 2017. 69f. Dissertação (Mestrado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico, Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017.

The fruit flies (Diptera: Tephritidae) are among the main pests of worldwide fruit production, because infest a wide range of host plants and cause yield losses. Due to fruit fly incidence, importing countries impose phytosanitary barriers to prevent its entry and spread by infested fruits. When the fruits are not cultivated "in free areas", some countries require post-harvest quarantine treatments for desinfestation. The objective of the present study was to evaluate hydrothermal treatment as quarantine treatment of persimmons 'Fuyu' infested by fruit flies and to keep the fruit quality. Hot-water treatment was applied to eggs and third instar larvae of *Ceratitidis capitata* and *Anastrepha fraterculus* "in vitro" at 42°, 44°, 46°, 48° and 50 °C for 0, 20, 30, 40, 50, 60 and 90 minutes. Persimmon fruits infested artificially by *C. capitata* and *A. fraterculus* eggs and larvae were submitted to 44 °C for 60 and 90 minutes; 46 °C for 20 and 30 minutes; and 48 °C for 20 minutes. Untreated infested fruits were used to estimate fruit fly infestation rate. Firmness, staining, titratable acidity, pH and soluble solids analyzes were performed to measure the effect of hot-water treatment on fruit quality. The increase of temperature and immersion time in hydrothermal treatment for *C. capitata* and *A. fraterculus* "in vitro" decreased the pupation and adult emergence. The exposure of eggs for more than 30 and 20 minutes at 46 ° and 48 °C and larvae for 20 and 15 minutes under the same temperatures prevented the emergence of *C. capitata* adults. For *A. fraterculus* eggs, treatments higher than 20 minutes at 46 °C , 15 minutes at 48 °C and 7 minutes at 50 °C were required to prevent larvae hatching. The periods required to prevent pupation of treated larvae were longer than treated eggs, reaching 40 and 20 minutes of immersion at 46 and 48 °C, respectively. For disinfecting persimmons with eggs and larvae of *C. capitata* and *A. fraterculus* of both species was required 44 °C for 90 minutes of immersion. All treatments were efficient to prevent pupation when persimmons infested by eggs and third instar larvae of *C. capitata*, except for 20 minutes at 46 °C for eggs and 20 and 30 minutes at 46 °C for larvae. All treatments prevent pupation of *A. fraterculus* when persimmons infested by eggs were submitted to hot-water treatment. For second instar larvae of *A. fraterculus* only at 44 °C for 90 minutes of exposure causes fruit disinfection. There were no significant differences in

physicochemical analyzes performed on the persimmons submitted to the hot-water treatment, except for pH. It is conclude that the hydrothermal treatment is effective for persimmon disinfestation against fruit flies and keeping fruit quality.

KEY-WORDS: Ebenaceae. Post-harvest. *Ceratitis capitata*. *Anastrepha fraterculus*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - <i>Anastrepha fraterculus</i> fêmea.	4
Figura 2 - <i>Ceratitis capitata</i> fêmea.	5
Figura 3 - Banho-maria Dubnoff.	15
Figura 4 - Copinhos plásticos contendo dieta artificial para <i>C. capitata</i> .	16
Figura 5 - Efeito da temperatura na porcentagem de redução de pupamento e emergência de adultos provenientes de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico.	26
Figura 6 - Relação entre a temperatura e os tempo de imersão na redução de pupamento de <i>C. capitata</i> provenientes de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico.	26
Figura 7 - Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de emergência de adultos de <i>C. capitata</i> provenientes de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico.	27
Figura 8 - Efeito da temperatura na porcentagem de redução de pupamento e emergência de adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico.	29
Figura 9 - Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de pupamento de <i>C. capitata</i> provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.	31
Figura 10 - Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de emergência de adultos de <i>C. capitata</i> provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.	31
Figura 11 - Efeito da temperatura na porcentagem de inviabilização de ovos de <i>A. fraterculus</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico.	33
Figura 12 - Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na eclosão de larvas de <i>A. fraterculus</i> a partir de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico.	34
Figura 13 - Efeito da temperatura na redução de pupamento e emergência de adultos de <i>A. fraterculus</i> provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos à tratamento hidrotérmico.	38
Figura 14 - Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de pupamento de <i>A. fraterculus</i> provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.	38
Figura 15 - Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de emergência de adultos de <i>A. fraterculus</i> provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.	39

Figura 16 - Número de adultos de *C. capitata* provenientes de caquis infestados com ovos e larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico. 41

Figura 17 - Número de adultos de *A. fraterculus* provenientes de caquis infestados com ovos e larvas de segundo ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico. 44

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1 - Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de pupas e adultos provenientes de ovos de *C. capitata* (n=20) submetidos à tratamento hidrotérmico. 25
- Tabela 2 - Tempo letal estimado para a redução da emergência de adultos a partir de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico. 27
- Tabela 3 - Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de pupas e adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidos à tratamento hidrotérmico. 30
- Tabela 4 - Tempo letal estimado para a redução de emergência de adultos a partir de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico. 32
- Tabela 5 - Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de larvas eclodidas de *A. fraterculus* (n=20) a partir de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico. 34
- Tabela 6 - Tempo letal estimado para a inviabilização de ovos de *A. fraterculus* submetidos à tratamento hidrotérmico. 35
- Tabela 7 - Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de pupas e adultos de *A. fraterculus* (n=20) provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos à tratamento hidrotérmico. 37
- Tabela 8 - Tempo letal estimado para a redução de emergência de adultos de *A. fraterculus* a partir de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico. 39
- Tabela 9 - Número de pupas e adultos provenientes de ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* em caquis infestados submetidos à tratamento hidrotérmico. 41
- Tabela 10 - Número de pupas e adultos de *A. fraterculus* provenientes de caquis infestados com ovos e larvas de segundo ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico 43
- Tabela 11 - Valores médios de firmeza para caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico e armazenados a $25 \pm 1,0$ °C durante 1 e 7 dias. 46
- Tabela 12 - Valores médios de coloração para caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico e armazenados a $25 \pm 1,0$ °C durante 1 e 7 dias. 47
- Tabela 13 - Valores médios de acidez, pH e sólidos solúveis para caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico e armazenados a $25 \pm 1,0$ °C durante 1 e 7 dias. 49

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 Objetivos específicos.....	2
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Cultura do caqui	3
3.2 Moscas das frutas.....	3
3.2.1 Biologia e ciclo de vida	5
3.3 Barreiras técnicas e fitossanitárias para exportação de frutos.....	6
3.4 Tratamentos quarentenários	7
3.4.1 Tratamento hidrotérmico.....	8
3.4.2 Efeito do tratamento hidrotérmico na qualidade de frutos	11
4. MATERIAL E MÉTODOS	13
4.1 Colônia de moscas-das-frutas	13
4.2 Tratamento hidrotérmico "in vitro"	13
4.2.1 Avaliação do efeito da temperatura em ovos de <i>C. capitata</i> e <i>A. fraterculus</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico ("in vitro")	13
4.2.2 Avaliação do efeito da temperatura em larvas de terceiro ínstar de <i>C. capitata</i> e <i>A. fraterculus</i> submetidos a tratamento hidrotérmico ("in vitro")	15
4.3 Tratamento hidrotérmico em caquis 'Fuyu' visando a desinfestação de <i>C. capitata</i> e <i>A. fraterculus</i>	16
4.3.1 Avaliação do tratamento hidrotérmico em ovos de <i>C. capitata</i> em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório.....	16
4.3.2 Avaliação do tratamento hidrotérmico em larvas de terceiro ínstar de <i>C. capitata</i> em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório	17
4.3.3 Avaliação do tratamento hidrotérmico em ovos de <i>A. fraterculus</i> em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório.....	17
4.3.4 Avaliação do tratamento hidrotérmico em larvas de segundo ínstar de <i>A. fraterculus</i> em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório	18
4.4 Análise físico-químicas dos caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico	18
4.4.1 Caracterização da matéria-prima	18
4.4.2 Avaliação físico-química dos caquis	19
4.4.3 Avaliação da textura da casca e da polpa dos frutos	19
4.4.4 Avaliação da coloração dos frutos	20

4.4.5 Determinação do pH e acidez titulável (ATT).....	20
4.4.6 Avaliação dos sólidos solúveis.....	20
4.5 Análise estatística.....	21
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	22
5.1 Tratamento hidrotérmico "in vitro"	22
5.1.1 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de pupas e adultos provenientes de ovos de <i>C. capitata</i> ("in vitro").....	22
5.1.2 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de pupas e adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar de <i>C. capitata</i> ("in vitro").....	26
5.1.3 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de ovos de <i>A. fraterculus</i> ("in vitro") ...	31
5.1.4 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de larvas de terceiro ínstar de <i>A. fraterculus</i> ("in vitro")	34
.....	38
5.2 Tratamento hidrotérmico em caquis 'Fuyu' infestados artificialmente por <i>C. capitata</i> e <i>A. fraterculus</i> ("in vivo")	38
5.2.1 Ovos e larvas de terceiro ínstar em caquis infestados com <i>C. capitata</i> ("in vivo").....	38
5.2.2 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de ovos e larvas de segundo ínstar em caquis infestados com <i>A. fraterculus</i> ("in vivo")	41
5.3 Análise físico-químicas de caquis 'Fuyu' submetidos ao tratamento hidrotérmico	43
5.3.1 Firmeza da casca e da polpa.....	43
5.3.2 Coloração.....	45
5.3.3 Sólidos solúveis	46
5.3.4 Acidez titulável (AT).....	47
5.3.4 pH	47
6. CONCLUSÕES.....	49
7. REFERÊNCIAS	50

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira é considerada uma das maiores do mundo, entretanto, a parcela de frutos "in natura" destinada ao mercado externo ainda é bastante reduzida. O baixo nível tecnológico empregado no cultivo das fruteiras reflete na qualidade dos frutos produzidos, tendo como exemplo os problemas fitossanitários (pragas, doenças e plantas daninhas). O Estado de São Paulo apresenta uma fruticultura altamente diversificada, que vem crescendo consideravelmente nos últimos anos (RAGA; SOUZA-FILHO, 2010).

De acordo com a FAO (2014), em 2014, o Brasil possuía 8,323 hectares cultivados e produziu 182,290 toneladas de caqui, ocupando o quarto lugar no ranking mundial, ficando atrás apenas da China, Coréia e Japão. O Estado de São Paulo é o maior produtor, atendendo ao mercado interno e externo, sendo responsável por 47% da produção nacional (IBGE, 2010).

A incidência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) é um dos maiores entraves à produção e livre comercialização de frutas frescas no mercado internacional. Esses insetos são uma preocupação constante nos países onde não há ocorrência dessas pragas, que impõem barreiras quarentenárias, exigindo um rígido controle nos frutos importados para proteção preventiva dos seus cultivos (MALAVASI, 2000). No Brasil, as principais espécies de moscas-das-frutas pertencem ao gênero *Anastrepha*, sobretudo *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann), além da mosca exótica *Ceratitidis capitata* (Wiedemann) (RAGA et al., 2011).

O controle desses insetos no campo ainda é feito predominantemente por meio de aplicação de inseticidas em cobertura total ou utilização de iscas tóxicas à base de proteína hidrolisada associada a algum tipo de inseticida (RAGA, 2005). Embora efetivos, esses tratamentos ocasionam problemas de desequilíbrio ambiental e afetam a segurança alimentar.

2. OBJETIVOS

- Utilizar o método de tratamento hidrotérmico para desinfestação e manutenção da qualidade de caquis 'Fuyu' provenientes de áreas de produção com incidência de *A. fraterculus* e *C. capitata*.

2.1 Objetivos específicos

- Determinar curvas dose-resposta para ovos e larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* "in vitro", submetidos a tratamentos hidrotérmico;
- Determinar curvas dose-resposta para frutos de caqui 'Fuyu' infestados em laboratório com ovos e larvas de *A. fraterculus* e *C. capitata* e submetidos ao tratamento hidrotérmico;
- Avaliar possíveis alterações na qualidade dos frutos de caqui 'Fuyu' submetidos ao tratamento hidrotérmico.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cultura do caqui

O caquizeiro (*Diospyros kaki* L.F.) pertence à família Ebenaceae e apresenta aproximadamente 200 espécies e mais de 800 variedades. O fruto é uma baga globosa e deprimida, variando de cor amarela até vermelha, podendo assumir um tom de marrom à esverdeado. Quando imaturo, contém tanino, adquirindo um gosto amargo e adstringente. Na forma madura, porém, possui um gosto doce e saboroso. O caqui é um fruto oriundo da Ásia, inicialmente cultivado na China e no Japão, de onde foi distribuído para outras regiões produtoras. A variedade 'Fuyu' está no grupo de caquis que não possuem tanino, sendo a terceira variedade mais produzida no Brasil, perdendo apenas para 'Rama Forte' e 'Giombo'. (CAMARGO-FILHO et al., 2003).

As exportações do caqui brasileiro cresceram de 1999 a 2009, aumentando de 155 (1998) para 1.724 toneladas em 2008, crescimento de 1.012,26% (FACHINELLO et al., 2011). A União Europeia é responsável pela maior demanda de importação do caqui brasileiro, sendo a Alemanha o maior comprador (CAMARGO-FILHO et al., 2003; ROCHA; BENATO, 2006).

Pesquisas feitas pelo IBGE (2013) revelaram que a produção de caqui aumentou nos últimos anos, sendo que, em 2012, a quantidade atingiu 158.241 toneladas, enquanto que em 2013 esse valor evoluiu para 173.169 toneladas. No último censo feito pela FAO, no ano de 2014, a produção do caqui brasileiro foi de 182,290 toneladas (FAO, 2014).

3.2 Moscas das frutas

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são consideradas as principais pragas da fruticultura mundial, devido à sua facilidade em se adaptar a diferentes localidades e à sua ampla gama de hospedeiros. Quatro gêneros são registrados no Brasil: *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis* e *Rhagoletis*. Dentre eles, *Anastrepha* é o mais conhecido, sendo conhecidas até o momento 120 espécies e 275 diferentes hospedeiros no Brasil (SELIVON, 2000; ZUCCHI, 2000; ZUCCHI, 2008).

Anastrepha fraterculus (Figura 1) é a espécie mais polífaga e importante economicamente, abrangendo um total de 114 hospedeiros de diferentes famílias botânicas (MALAVASI et al., 2000; ZUCCHI, 2008).



Figura 1: *Anastrepha fraterculus* fêmea
Fonte: Oliveira, A.S

Entre os tefritídeos, *C. capitata* (Figura 2), também chamada de mosca-do-mediterrâneo, é considerada uma espécie invasora e amplamente distribuída pelo Brasil (MALAVASI et al., 2000). Zucchi (2012) catalogou 89 espécies hospedeiras para *C. capitata* em território brasileiro, sendo 21 delas pertencentes à família Myrtaceae.

A duração das gerações de *C. capitata* é determinada pelos graus-dias acumulados em uma determinada localidade, até alcançar sua constante térmica. A temperatura base e a constante térmica de populações de *C. capitata* de localidades brasileiras com características tropicais (Petrolina-PE: 9,30 °C e 350 graus-dia), subtropicais (Campinas, SP: 8,47 °C e 341 graus-dia) e temperadas (Pelotas, RS: 9,60 °C e 328 graus-dia) são próximas, revelando a capacidade de adaptação da mosca-do-mediterrâneo em diferentes condições ambientais (RICALLEDE et al., 2012).

Os danos causados por *C. capitata* são provenientes do processo de perfuração do fruto feito pela fêmea durante a oviposição e também pelas larvas que consomem a polpa, provocando apodrecimento interno. Os furos gerados pela mosca servem como porta de entrada para fungos e bactérias (SELA et al., 2005).



Figura 2: *Ceratitidis capitata* fêmea

Fonte: Oliveira, A.S

Malavasi et al. (1980) registraram que o caqui é um hospedeiro potencial de moscas-das-frutas no Brasil, sendo que *A. fraterculus* e *C. capitata* são as espécies comumente encontradas nesse fruto. No estado de São Paulo, Souza-Filho (1999) e Raga et al. (2011) constataram o caqui como hospedeiro de ambas as espécies.

3.2.1 Biologia e ciclo de vida

O ciclo de vida das moscas-das-frutas possui quatro estágios: ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos, de maneira geral, são de forma elíptica, cor branca-creme e diferentes tonalidades. As larvas possuem a mesma coloração, são apodas e possuem a cabeça retrátil. As pupas variam de coloração branca até marrom, de acordo com a idade. Os adultos têm uma grande diferença fenotípica em diferentes gêneros e espécies de moscas-das-frutas. O desempenho no ciclo de vida desses insetos está relacionado ao meio onde vivem, o clima e o hospedeiro (SALLES, 2000).

Após o acasalamento, a fêmea de *C. capitata* permanece por aproximadamente 11 dias em período de pré-oviposição. Em seguida, as fêmeas buscam por hospedeiros, introduzindo o ovipositor no fruto, chegando a inserir até treze ovos, dependendo do tamanho e da espécie do hospedeiro (MCDONALD; MCINNIS, 1985). O período de incubação dos ovos é de dois a seis dias, dependendo da temperatura local. Após eclodir, a larva penetra na polpa, fazendo pequenas galerias em direção ao centro do fruto (BROUGHTON; LIMA, 2002). Quando estão próximas do período de empupamento, as larvas saem dos hospedeiros e seguem em direção ao solo, onde permanecem já no estágio de pupa em uma profundidade de até 10 centímetros até que ocorra a emergência do adulto (ZUCCHI, 2000).

A duração do ciclo biológico de *C. capitata* criada em laboratório a 25 °C apresenta os seguintes valores médios: dois dias para ovos; 11 dias para a fase larval; 17 dias para a fase pupal; apresentando um total de 30 dias (ZUCCHI, 2015). Em criações massivas usando dietas artificiais, os valores são diferentes: 96% de viabilidade dos ovos; sete dias de período larval; 8 a 12 dias de período pupal, relatando 98% de viabilidade dessas pupas; e 15 dias de período útil dos adultos na criação (WALDER et al., 1995).

Para que ocorra o ciclo de vida de *A. fraterculus*, a temperatura deve estar entre 15 e 27 °C, sendo essa a faixa que efetiva o melhor o desenvolvimento do inseto. Dentro dessa faixa de temperatura, o aumento populacional da praga passa a depender do tipo e da disponibilidade de hospedeiro (SALLES, 2000).

A duração da fase larval de *A. fraterculus* varia de acordo com a temperatura, podendo ser de aproximadamente 34 dias sob 15 °C a 14 dias sob 30 °C, não ocorrendo desenvolvimento em temperaturas menores que 10 °C e maiores que 35 °C. A fase pupal dura em média 19,5 e 15,3 dias em temperaturas de 20 e 25 °C, respectivamente (SALLES, 2000).

3.3 Barreiras técnicas e fitossanitárias para exportação de frutos

Tanto países importadores como exportadores utilizam diferentes ferramentas para a inspeção e certificação de alimentos. Dentre os motivos inclui-se a ocorrência de riscos biológicos relacionados com a inocuidade desses alimentos. Para favorecer o comércio e o bem estar do consumidor, países importadores e exportadores podem trabalhar juntos para propor medidas sanitárias que alcancem o nível desejado de proteção sanitária (BAENA, 2005).

O principal requisito exigido para a licença de importação pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) no pré-embarque é o selo do Serviço de Inspeção Sanitária de Animais e Vegetais (APHIS), que engloba regulamentos sanitários, fitossanitários e de saúde animal, apresentando para cada alimento uma norma específica. A uva, por exemplo, recebe um tratamento de refrigeração antes de ser embarcada nos navios que são destinados aos países importadores (CINTRA et al., 2003).

Os tratamentos fitossanitários são utilizados para prevenir a introdução e disseminação de pragas regulamentadas. A maioria desses tratamentos são suportados por dados de pesquisa científica, e outros são usados com base em evidências históricas que

apoiem sua eficácia. Na prática, muitos países usam os mesmos tratamentos ou tratamentos similares para pragas específicas. O processo de aceitação de um determinado tratamento é complexo e difícil, pois muitas variáveis precisam ser analisadas (FAO, 2009).

3.4 Tratamentos quarentenários

Dois eventos levaram ao desenvolvimento de tratamentos pós-colheita para a eliminação de insetos. O primeiro diz respeito à distribuição de pragas. Essa distribuição, tempos atrás, era limitada por fatores biológicos dos insetos e, principalmente, pelas barreiras geofísicas entre regiões, seja dentro de um país ou fora dele. Com o aumento do trânsito de pessoas e mercadorias, essas pragas começaram a ser levadas para outras localidades em que ainda não haviam sido registradas. Caso a praga tivesse potencial para infligir danos nos frutos ou vegetais, medidas que impedissem sua introdução e disseminação começaram a ser necessárias. O segundo evento envolveu o rápido desenvolvimento da tecnologia agrícola, acarretando em um excessivo transporte de vegetais dos países produtores aos importadores. Para que se evitassem os danos causados pelos insetos durante esse transporte, foram desenvolvidos procedimentos para reduzir e controlar as populações dessas pragas (HANSEN et al., 2011).

A utilização do tratamento quarentenário visa encontrar um equilíbrio entre eliminar a praga e minimizar os efeitos adversos sobre a qualidade da mercadoria (FOLLETT; NEVEN, 2006). Ainda, de acordo com a FAO (2009), o tratamento fitossanitário, para ser aceito, precisa ser eficaz na morte, inativação, remoção ou esterilização das pragas, sendo o nível de eficácia do tratamento expresso estatisticamente. É necessário que os dados que apoiam o tratamento sejam verificáveis, reprodutíveis e baseados em modelos estatísticos e/ou na prática internacional estabelecida e aceita. Precisa ser viável economicamente, efetivo, não fitotóxico ou que apresente efeitos adversos.

Dentre os tratamentos quarentenários, a fumigação foi o mais utilizado. Os fumigantes são produtos químicos eficazes, de baixo custo, porém, potencialmente prejudiciais à saúde humana e ao ambiente (DUARTE; MALAVASI, 2000). Em muitos casos, inseticidas fumigantes provocam fitotoxicidade. Por esse motivo, os métodos químicos vêm sendo proscritos.

O conceito de tratamento quarentenário contra moscas-das-frutas baseia-se em procedimentos desenvolvidos por Baker (1939). A meta é alcançar a mortalidade de

99,9968% de formas imaturas, conhecido como Probit 9 (MENDONÇA et al., 2000). Esse nível equivale a três sobreviventes em uma população de 100.000 insetos testados (DUARTE; MALAVASI, 2000). Esse nível de exigências baseia-se na hipótese de que a infestação dos frutos a serem tratados é muito alta, o que não acontece na prática, visto que as culturas destinadas à exportação são submetidas ao manejo integrado de pragas (MIP) (RAGA, 2010).

Batchelor (1992) retrata o desenvolvimento de procedimentos quarentenários não químicos como uma forma multidisciplinar. O autor comenta que, para se desenvolver um tratamento adequado, é necessário o envolvimento de vários profissionais de diferentes áreas: entomologistas para criar insetos em laboratório; patologistas para avaliar possíveis doenças causadas tanto pelas pragas como pelos aspectos negativos do novo tratamento; fisiologistas botânicos para analisar mudanças nos parâmetros sensoriais das plantas em decorrência do processo de desinfestação; estatísticos para criar modelos matemáticos utilizáveis na obtenção dos dados do tratamento em questão; e governantes para averiguar se o procedimento é satisfatório no que diz respeito à exportação desses frutos.

No desenvolvimento de tratamentos quarentenários utilizando-se calor, são avaliados vários fatores antes de sua implantação: (i) o número de espécies pragas alvo e seus estágios de vida; (ii) a localização da praga alvo e a origem da mercadoria em questão; (iii) o status de hospedeiro da mercadoria na natureza; (iv) as características térmicas da mercadoria; (v) as características fisiológicas e morfológicas da mercadoria; (vi) a tolerância das pragas ao tratamento; (vii) a viabilidade econômica do tratamento em condições comerciais; (viii) a dificuldade de aplicação do tratamento ou do monitoramento regulatório; e (ix) a tolerância da mercadoria ao tratamento (ARMSTRONG; MANGAN, 2007).

3.4.1 Tratamento hidrotérmico

O tratamento quarentenário por imersão de frutas em água quente (hidrotérmico), objetiva um melhor controle das infecções ocasionadas por fungos e sua desinfestação por moscas-das-frutas. Foi um método utilizado como resposta direta à proibição do uso do fumigante dibrometo de etileno. No Brasil, desde a década de 90, esse tratamento vêm sendo utilizado para desinfestação pós-colheita de frutas, principalmente para mamão, manga e melão, atendendo às exigências quarentenárias do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) (NASCIMENTO et al., 1992; HEATHER; HALLMAN, 2008).

O USDA e a APHIS (Serviço de Inspeção Sanitária de Animais e Vegetais) incorporaram essa técnica de controle de pragas em seus regulamentos para facilitar a importação ou movimento interestadual de certas frutas de áreas onde as moscas-das-frutas são as principais pragas em questão. As instalações comerciais que utilizam o tratamento de imersão em água quente estão sujeitas às certificações anuais da USDA-APHIS. A certificação da APHIS é dada unicamente em conjunto com os requisitos estabelecidos para o tratamento quarentenário que está sendo empregado (APHIS, 2010)

A permanência da temperatura da água e o tempo de imersão dos frutos empregados são os principais fatores quando se utiliza o tratamento hidrotérmico. O peso do fruto também tem relevância, visto que para algumas frutas com tamanho maior seria necessário mais tempo para o interior do fruto atingir a temperatura desejada (ARMSTRONG; MANGAN, 2007). Portanto a temperatura e o tempo de imersão varia de acordo com a fruta e espécie a ser eliminada. Ducamp-Collin et al. (2007) constataram que a temperatura da água no centro das frutas deve se manter entre 43° e 46,7 °C por tempos de imersão de 35 a 90 minutos para ser eficaz contra moscas-das-frutas.

Avaliando a mortalidade de *C. capitata* em tangerinas (*Citrus reticulata* Blanco) 'Dancy' semi-maduras infestadas artificialmente e submetidas ao tratamento hidrotérmico, Lopes et al. (2008) concluíram que as temperaturas necessárias para tratar larvas da mosca-do-mediterrâneo variam entre 46 °C e 50° C, após exposição por 35,3 e 20,8 minutos, respectivamente. Em laranjas (*Citrus sinensis* Macfad) 'Valência', o Probit 9 foi alcançado à 46 °C por 90 minutos para todas as fases imaturas de *C. capitata* (ALBERGARIA et al., 2007).

Em testes com mangas (*Mangifera indica* L.) das variedades 'Haden', 'Kent', 'Tommy Atkins', 'Keitt' e 'Ataulfo' infestadas com larvas de *C. capitata* e submetidas à tratamento hidrotérmico de imersão em água quente de 45,9 a 47,1 °C por 20 a 80 minutos. Sharp et al. (1989a) necessitaram expor os frutos por 67,5 minutos para alcançar o Probit 9. Sharp e Picho-Martinez (1990) obtiveram, para frutos de manga 'Haden' e 'Kent', valores Probit 9 a $46.1 \pm 0,25$ °C por 76,1 minutos para *C. capitata*, 113,4 minutos para *A. obliqua* (Macquart), 75,6 minutos para *A. fraterculus* e 65,8 minutos para *A. distincta* (Greene).

Em mangas 'Ataulfo' infestadas com *C. capitata* e submetidas a tratamento hidrotérmico, Hernández et al. (2012) concluíram que para evitar o pupamento a partir de ovos tratados com 12h de vida foi de 100% em temperaturas de 44,1 e 45,1 °C por 15 e 10

minutos de imersão, respectivamente. Para ovos de 36h, entretanto, os frutos permaneceram por menos tempo nas temperaturas citadas, sendo de cinco minutos em ambas as temperaturas. A taxa de 100% de mortalidade das larvas de primeiro ínstar foi atingida quando as mangas foram expostas por 10 minutos a 46,1 °C. A mesma mortalidade para larvas de segundo ínstar foi obtida a 44,1 °C e 45,1 °C, por 15 e 10 minutos, respectivamente. As larvas de terceiro ínstar foram eliminadas quando tratadas por 44,1 °C e 45 °C por 10 minutos.

Como a manga é um fruto importante no mercado internacional, principalmente no mercado norte americano, muitos trabalhos foram realizados visando fornecer a segurança quarentenária do fruto destino à exportação. Sharp (1986) buscou o desenvolvimento de tratamentos quarentenários que substituíssem a utilização de brometo de metila para o controle de moscas-das-frutas. Utilizando o tratamento hidrotérmico, o autor avaliou a mortalidade de ovos e larvas de *A. suspensa* (Loew) em mangas 'Tommy Atkins' e 'Keitt' e constatou que temperaturas entre 46,1 a 46,7 °C por 45 a 65 minutos foram suficientes para se obter 100% de desinfestação do fruto. Sharp et al. (1988) fizeram trabalhos semelhantes com mangas da variedade 'Francis' e obtiveram o Probit 9 com temperatura variando de 46,1 - 46,7 °C durante 44.3 minutos para *A. suspensa*.

Comparando populações selvagens e populações criadas em laboratório de *A. ludens* (Loew) e *A. obliqua* na infestação de mangas 'Oro', 'Keitt', 'Tommy Atkins', 'Kent' e 'Haden', provenientes do México e submetidas à tratamento hidrotérmico a 46,1 °C, Sharp et al. (1989b) concluíram que para alcançar o Probit 9 foi necessário 65,1 minutos e 71,4 minutos de imersão para mangas infestadas a partir de populações de laboratório e selvagens de *A. suspensa*, respectivamente. Para *A. obliqua* foi necessário 66,8 minutos para frutos infestados pela população criada em laboratório e 83,6 minutos para as moscas selvagens. De acordo com o trabalho, é possível notar que populações selvagens de determinadas espécies de moscas-das-frutas são mais resistentes às altas temperaturas do que indivíduos criados em laboratório.

Em frutos de lichia (*Litchi chinensis* S.) submetidos a tratamento hidrotérmico, Armstrong e Follett (2007) alcançaram probit 9 para ovos e larvas de primeiro ínstar de *C. capitata* por 20 minutos à 49 °C.

Tratando goiabas (*Psidium guajava* L.) 'Kumagai' infestadas com ovos de *C. capitata*, Vieira (2011) concluiu que as temperaturas de 46, 47, 48, 49 e 50 ± 0,5 °C, com

tempos de imersão de 46, 36, 26, 16 e 12 minutos, respectivamente, preveniram o pupamento da espécie. Doria et al. (2004) avaliaram a eficiência do tratamento com água quente na desinfestação de goiabas 'Paluma', com ovos ou larvas de *C. capitata* e observaram taxas de mortalidade acima de 95% quando os frutos foram submetidos à 46 °C por 90 minutos. Em goiabas, da variedade 'Ruby', Gould e Sharp (1992) alcançaram o Probit 9 para larvas de terceiro ínstar de *A. suspensa* com 46,1 °C por 32,7 minutos.

Armstrong (1982) avaliou a eficácia do tratamento de imersão em água quente em bananas híbridas (*Musa acuminata* Colla) 'Brazilian' e notou que a mortalidade de ovos e larvas de *C. capitata*, *B. cucurbitae* (Coquillett) e *B. dorsalis* (Hendel) foi obtida com 50 °C por 15 minutos.

3.4.2 Efeito do tratamento hidrotérmico na qualidade de frutos

A tolerância que um determinado fruto possui em relação às altas temperaturas é o fator essencial no processo de desenvolvimento de um tratamento quarentenário a partir da utilização de calor. Esse tipo de tratamento pode causar danos fisiológicos no fruto, incluindo lesões superficiais, perda de aroma, descolorações da casca e da polpa, amolecimento do fruto, senescência precoce e predisposição à organismos oportunistas (ARMSTRONG; MANGAN, 2007).

Caquis de qualidade comercial precisam ser de tamanho médio a grande, com cores uniformes entre amarelo e laranja. O fruto precisa estar firme, com força de penetração através de probes de 8 mm de 22,2 N para a variedade 'Fuyu'. Os frutos precisam estar isentos de danos causados pelo crescimento, lesões mecânicas e doenças. É recomendado que tenham concentração de sólidos solúveis entre 18 e 20% para as variedades não adstringentes (USDA, 2005).

O uso do tratamento com água quente já foi estudado simultaneamente para desinfestação e manutenção da qualidade de pêssego (SHARP, 1990; MALAKOU; NANOS, 2005), pimentão-doce (FALLIK et al., 1999), melão (AGUAYO; ESCALONA; ARTÉS, 2008), laranja (ALBERGARIA et al., 2007), banana (ARMSTRONG, 1982), lichia (ARMSTRONG; FOLLETT, 2007), pitomba (ARMSTRONG; FOLLETT, 2007), goiaba (GOULD; SHARP, 1992; DORIA; BORTOLI; ALBERGARIA, 2004; VIEIRA, 2011), mamão papaya (HANSEN et al., 1990), mangas (SHARP, 1986; SHELLIE; MANGAN,

2002; HERNÁNDEZ et al., 2012), nectarina (SHARP, 1990), ameixa (SHARP, 1990) e sapota amarela (HALLMAN, 1995).

O tratamento com água quente para desinfestação de moscas-das-frutas e sua influência na qualidade do caqui 'Fuyu' foi feita por Lay-Yee et al. (1997). Os autores observaram que frutos que eram imersos em temperaturas de 47 °C por 90 e 120 minutos, 50 °C por 30 e 45 minutos, 52 °C por 20 e 30 minutos e 54 °C por 20 minutos, obtiveram índices de desinfestação desejáveis e redução da incidência de danos causados pelo posteriores armazenamento a frio (0 °C).

Em estudo realizado na Nova Zelândia, avaliando a interação entre a utilização do tratamento com água quente sobre a qualidade do caqui 'Fuyu', Burmeister et al. (1997) concluíram que os níveis do dano causado pelo pós resfriamento foram baixos em frutos imersos previamente em água quente com temperaturas de 47 °C por 45, 60, 90 ou 120 minutos; 50 °C por 30, 45, 55 ou 60 minutos; e 52 °C por 20, 30, 40 ou 50 minutos. O escurecimento externo dos frutos estava correlacionado com o aumento do tempo em que os frutos permaneciam expostos ao tratamento.

Lee et al. (2010) fizeram um estudo avaliando a efetividade da utilização do tratamento com água quente e da atmosfera controlada na desinfestação e preservação da qualidade de caquis da variedade 'Fuyu'. Eles determinaram que o melhor tratamento para controlar os insetos praga e, ao mesmo tempo, garantir a qualidade do fruto, foi a imersão dos caquis em água à 48° C por 10 minutos.

Como a maioria dos frutos tropicais e subtropicais, o caqui é sensível ao frio, podendo ocorrer problemas fisiológicos dependendo da temperatura e do período em que fica armazenado (MACRAE, 1987; SARGENT et al., 1993). De acordo com normativas da USDA (2005), a condição ideal de armazenamento de caquis são a temperaturas de 0 ± 1 °C com umidade relativa de 90 a 95%.

A utilização do tratamento em água quente é uma alternativa promissora para o desenvolvimento de tratamentos quarentenários alternativos para a desinfestação de pragas e doenças e para a manutenção da qualidade desse fruto.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Colônia de moscas-das-frutas

Os ovos e larvas de *C. capitata* e *A. fraterculus* utilizados nos experimentos foram provenientes da criação estabelecida em 1993 no Laboratório de Entomologia Econômica do Centro Experimental do Instituto Biológico (LEE/CEIB). Os insetos foram criados em dieta artificial modificada por Raga et al. (1996), constituída dos seguintes ingredientes: 100g de cenoura descascada, 160g de açúcar mascavo, 50g de leite em pó, 40g de levedo de cerveja, 2,5g de nipagin, 400ml de ácido benzóico a 0,5%, 20ml de ácido clorídrico a 16,5% e aproximadamente 100g de bagaço de cana moído seco e triturado. Essa receita comporta até 0,5 ml de ovos de *C. capitata*, correspondendo a aproximadamente 3.000 ovos.

Os ovos e larvas de *A. fraterculus* também foram utilizados a partir da criação estabelecida no LEE/CEIB. As moscas foram criadas a partir de infestações feitas em mamão 'Papaya' ou 'Formosa' em gaiolas de criação.

4.2 Tratamento hidrotérmico "*in vitro*"

4.2.1 Avaliação do efeito da temperatura em ovos de *C. capitata* e *A. fraterculus* submetidos ao tratamento hidrotérmico ("*in vitro*")

Os experimentos foram realizados no LEE/CEIB, em Campinas, SP.

O equipamento utilizado para os tratamentos térmicos foi um banho-maria Dubnoff modelo 304-TPA (Figura 3), fabricado pela Ethik Technology. O equipamento possui capacidade para 36 litros, com aquecimento controlado por termostato e agitação constante de 20 a 200 rpm.



Figura 3: Banho-maria Dubnoff

Fonte: Oliveira, A.S

Foi avaliada a mortalidade dos ovos de *C. capitata* e *A. fraterculus* com, no máximo, 24 horas de idade submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria às temperaturas de 41; 42; 44; 46; 48; 50 \pm 0,5 °C combinadas com tempos de imersão de 0 (sem aplicação de calor); 7; 15; 20; 30; 40; 50; 60 e 90 minutos. As testemunhas (sem aplicação de calor) foram separadas e colocadas em cadinhos com água na temperatura ambiente, sem a aplicação do calor. Cada tratamento (temperatura x tempo) constou de oito repetições com vinte ovos de *C. capitata* por repetição. Os ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico foram contados sob microscópio estereoscópico (aumento de quatro vezes) e transferidos para cadinhos de porcelana com capacidade de 50 ml contendo 10 ml de água destilada em diferentes temperaturas, de acordo com os tratamentos a serem realizados.

A contagem do tempo de imersão era iniciada quando o último cadinho era colocado no banho-maria que já estava na temperatura desejada para cada tratamento. A temperatura do aparelho era medida constantemente por um termômetro de coluna de mercúrio.

Após a aplicação de cada tratamento, os ovos de *C. capitata* foram transferidos para copos de plástico contendo 50 g de dieta artificial (Figura 4), proposta por Raga (1996), fechados e armazenados em B.O.D à temperatura de 25 °C. Decorrido 10 a 15 dias após o tratamento, a quantidade de pupas em cada repetição foi contada. Nas parcelas em que houve pupamento, as respectivas pupas foram transferidas para placas de Petri de 10 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura mantidas em B.O.D a 25 °C. Aproximadamente 15-20 dias após, os adultos que emergiram foram contados. Para *A. fraterculus*, os ovos foram transferidos para pequenas placas de Petri contendo um pedaço redondo de papel filtro umedecido no fundo, o

suficiente para que os ovos não desidratassem. As placas foram armazenadas em B.O.D à temperatura de 25 °C. Decorridos 10-15 dias após o tratamento, a quantidade de larvas eclodidas em cada repetição era contada.



Figura 4: Pote plástico com dieta artificial para *C. capitata*
Fonte: Oliveira, A.S

4.2.2 Avaliação do efeito da temperatura em larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* e *A. fraterculus* submetidos a tratamento hidrotérmico ("in vitro")

Foi avaliada a mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* e *A. fraterculus* com aproximadamente dez dias de idade, submetidas ao tratamento hidrotérmico em banho-maria Dubnoff a temperaturas de 42; 44; 46; 48; 50 ± 0,5 °C e com tempos de imersão de 20; 30; 40; 50; 60 e 90 minutos e testemunha (sem aplicação de calor) para cada temperatura. Cada tratamento (temperatura x tempo) constou de oito repetições com vinte larvas por repetição. As larvas foram transferidas para cadinhos de porcelana com capacidade de 50 ml contendo 10 ml de água destilada à diferentes temperaturas e submetidos ao tratamento hidrotérmico. A contagem do tempo de imersão iniciava quando o ultimo cadinho era colocado no banho-maria pré aquecido na temperatura desejada para cada tratamento. A utilização dos imaturos de terceiro ínstar foi baseado em dados da literatura que relatam que esse ínstar nos tefritídeos é o mais tolerante ao calor (JANG, 1986; WADDELL et al., 1997; JANG et al., 1999).

Após a aplicação de cada tratamento, as larvas de *C. capitata* foram colocadas em potes de plástico contendo dieta artificial e as larvas de *A. fraterculus* foram transferidas para potes plásticos contendo vermiculita. Ambos foram fechados e armazenados em B.O.D à temperatura de 25° C. Decorridos 10 dias, a quantidade de pupas em cada repetição foi anotada e as respectivas pupas, quando houvessem, eram transferidas para placas de Petri de

10 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura e novamente mantidas em B.O.D. Após aproximadamente 10-12 dias, os adultos eram contados.

4.3 Tratamento hidrotérmico em caquis 'Fuyu' visando a desinfestação de *C. capitata* e *A. fraterculus*

4.3.1 Avaliação do tratamento hidrotérmico em ovos de *C. capitata* em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório

Foram utilizados caquis provenientes do CEASA (Centrais Estaduais de Abastecimento), em Campinas, SP. Os frutos foram submetidos a uma seleção visual, visando a obtenção de amostras homogêneas. Os caquis empregados nesses testes tinham aproximadamente três a quatro dias após sua colheita. Os frutos foram previamente pesados e colocados em gaiolas de acrílico com dimensões de 40x40x50 centímetros, contendo adultos de *C. capitata* sexualmente maduros. As gaiolas são forradas com tela antiafídica na parte superior e laterais e com um círculo na frente também forrado com tecido, para facilitar o manuseio. Os frutos foram submetidos à infestação da mosca-do-mediterrâneo por aproximadamente 12 horas, sendo utilizadas 10 fêmeas por fruto disponibilizado.

Decorridas 24 horas, os caquis foram retirados das gaiolas e tratados em banho-maria, com tratamentos combinados de $44 \pm 0,5$ °C por 60 e 90 minutos; $46 \pm 0,5$ °C por 20 e 30 minutos e $48 \pm 0,5$ °C por 20 minutos. Na testemunha, foram utilizados caquis infestados sob as mesmas condições dos frutos tratados, sem exposição ao tratamento hidrotérmico. Cada tratamento continha dez repetições, sendo cada caqui considerado uma repetição. Os tratamentos empregados foram escolhidas a partir dos resultados obtidos pelos tratamentos "*in vitro*".

Após a aplicação do tratamento, os caquis foram armazenados em potes plásticos contendo vermiculita, fechados com um pano voal branco e armazenados em salas com temperatura de 25 °C e 70% de UR. Decorridos quatorze dias, os caquis eram retirados dos potes e as pupas obtidas eram contadas e devolvidas para o pote contendo vermiculita e recolocados na sala controlada. Aproximadamente 10-12 dias após, os adultos eram contados e sexados.

4.3.2 Avaliação do tratamento hidrotérmico em larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório

A metodologia e tratamentos utilizados foram similares ao tratamento hidrotérmico com ovos (seção 4.3.1). De acordo com a biologia do inseto, os caquis foram tratados sete dias após serem infestados, para que fosse possível tratar as larvas presentes no interior dos frutos. Durante esse período, os caquis permaneceram armazenados em sala controladas com temperatura de 25 °C e 70% de umidade relativa. Os frutos usados nesse tratamento já apresentavam um grau de maturação avançado.

Após a aplicação do tratamento, os caquis foram armazenados em potes plásticos contendo vermiculita, fechados com um pano voal branco e armazenados em salas com temperatura constante de 25 °C e 70% de UR. Decorridos sete dias, os frutos foram retirados dos potes e as pupas obtidas contadas e devolvidas para o mesmo pote contendo vermiculita e recolocados na sala controlada. Após aproximadamente dez dias, os adultos foram contados e sexados.

4.3.3 Avaliação do tratamento hidrotérmico em ovos de *A. fraterculus* em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório

Os caquis foram colocados em gaiolas de acrílico, com adultos de *A. fraterculus* com aproximadamente 15 dias de vida, sexualmente maduros, forradas com tela antiafídica na parte superior e laterais e com um círculo forrado com tecido na frente, para facilitar o manuseio. Os frutos foram submetidos à infestação de *A. fraterculus* por aproximadamente 24 horas, sendo utilizadas cinco fêmeas por fruto disponibilizado.

Após 24 horas os caquis foram retirados das gaiolas e tratados em banho-maria, com tratamentos combinados de $44 \pm 0,5$ °C por 60 e 90 minutos; $46 \pm 0,5$ °C por 20 e 30 minutos e $48 \pm 0,5$ °C por 20 minutos. Na testemunha, foram utilizados caquis infestados sob as mesmas condições dos frutos tratados, sem exposição ao banho-maria. Cada tratamento tinha dez repetições, sendo cada caqui considerado uma repetição. Os tratamentos empregados foram escolhidos a partir dos resultados obtidos pelos tratamentos "*in vitro*".

Após a aplicação do tratamento, os caquis foram armazenados em potes plástico contendo vermiculita, fechados com um pano voal branco e armazenados em salas

com temperatura de 25 °C e 70% de UR. Decorridos aproximadamente 20 dias, os caquis foram retirados dos potes e as pupas obtidas contadas e devolvidas para o mesmo recipiente contendo vermiculita e recolocados na sala controlada. Aproximadamente 15 dias depois, os adultos eram contados e sexados.

4.3.4 Avaliação do tratamento hidrotérmico em larvas de segundo ínstar de *A. fraterculus* em caquis 'Fuyu' infestados em laboratório

A metodologia e tratamentos utilizados foram similares ao tratamento hidrotérmico com ovos (seção 4.3.3). Nesse caso, os caquis foram tratados sete dias após terem sido infestados devido ao tempo de desenvolvimento da larva e do fruto. A razão de ter sido avaliada larvas de segundo ínstar de *A. fraterculus* se deve ao tempo de deteriorização do fruto em relação à espécie praga. Caquis com mais 10 dias após serem infestados começam a liberar água em excesso, impossibilitando o uso no tratamento hidrotérmico em banho-maria.

Após a aplicação do tratamento, os caquis foram armazenados em potes plástico com capacidade de um litro e dimensões de 15 centímetros de diâmetro e 8,5 centímetros de altura, contendo vermiculita, fechados com um pano voal branco e armazenados em salas com temperatura de 25 °C e 70% de UR. Decorridos dez dias, as pupas obtidas foram contadas e devolvidas para o pote contendo vermiculita e recolocados na sala controlada. Aproximadamente dez dias depois, os adultos foram contados e sexados.

4.4 Análise físico-químicas dos caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico

4.4.1 Caracterização da matéria-prima

Foram utilizados caquis da variedade 'Fuyu', que são destinados ao mercado externo, provenientes do CEASA, em Campinas, SP. Os frutos foram submetidos a uma seleção visual, visando à obtenção de amostras uniformes e similares. Foram eliminados os caquis que apresentavam qualquer dano causado durante a produção ou transporte. Os caquis empregados nos testes físico-químicos tinham aproximadamente três a quatro dias após sua

colheita. Os frutos estavam no início do processo de maturação, apresentando rigidez e coloração que variava do amarelo ao laranja.

4.4.2 Avaliação físico-química dos caquis

Foram aplicados seis tratamentos, sendo uma testemunha (sem aplicação de calor); $44 \pm 0,5^\circ \text{C}$ com 60 e 90 minutos de imersão; $46 \pm 0,5^\circ \text{C}$ com 20 e 30 minutos de imersão e $48^\circ \pm 0,5 \text{C}$ com 20 minutos de imersão. Cada tratamento era constituído de três repetições, sendo cada caqui considerado uma repetição.

Primeiramente os frutos foram submetidos aos testes de coloração e textura de casca e polpa, realizados no Laboratório de Análise Instrumental da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Em seguida cada fruto foi triturado e o substrato produzido foi utilizado para a realização dos testes de acidez, pH e sólidos solúveis, que foram feitos no Laboratório de Frutas da FEA.

4.4.3 Avaliação da textura da casca e da polpa dos frutos

O equipamento utilizado foi o analisador de textura (modelo TA- XT2i, Stable Micro Systems, Godalming, Surrey, England), com célula de carga de 25 kg e software Texture Expert para sistema Windows. As amostras foram avaliadas por teste de perfuração empregando-se um probe cilíndrico de 2 mm de diâmetro a uma velocidade constante de 1 mm/s. As velocidades de pré-teste e pós-teste foram de 1 mm/s e 10 mm/s, respectivamente. A distância de penetração da probe foi de 20 mm, sendo a região de platô avaliada entre 5 e 15 mm de penetração do fruto. Para a avaliação da textura de cada amostra, foram analisados três frutos, com cinco perfurações no perímetro do fruto. Os resultados foram expressos em termos de força máxima medida para a perfuração da casca e da força média necessária para a penetração na região da polpa (região de platô). Foram usados frutos armazenados após o primeiro e sétimo dia em que foram submetidos ao tratamento hidrotérmico.

4.4.4 Avaliação da coloração dos frutos

Devido à descoloração e danos que os tratamentos podem causar nos frutos, foi avaliado o índice de coloração das cascas dos caquis através do espectrocolorímetro Hunter Lab., com miniscan XE plus, com a aquisição de dados feita pelo software Universal versão 4.0. A avaliação das alterações na cor foi realizada através do sistema de medidas de coordenadas de Hunter - L*, a* e b*, onde L* varia do branco (100) ao preto (0); a* varia do vermelho (+a) ao verde (-a) e b* varia do amarelo (+b) ao azul (-b). Foram tomadas 3 leituras por fruto, sendo uma realizada na porção basal e duas leituras em torno do caqui.

4.4.5 Determinação do pH e acidez titulável (ATT)

Para a realização dos testes de acidez e pH foi utilizado um pHmetro (DM-20 da Digimed) calibrado com solução tampão a 20,0° C e sensibilidade de 95%. Para o teste de acidez titulável foi utilizada a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1976), onde foi pesado 10 g de substrato das frutas trituradas em um béquer de 250 ml e foi adicionado 90 ml de água destilada. O béquer contendo a solução foi posto sobre um agitador e dentro dele foi colocado o eletrodo do pHmetro para medir o pH do suco diluído. Em seguida, a amostra foi titulada com uma solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) de 1,01010 N até atingir pH 8,1. O volume gasto de NaOH foi anotado para a realização do cálculo de acidez titulável:

$$AT = \frac{\text{mlNaOH} \times N \times 67,06 \times 100}{g_{\text{amostra}} \times 1000}$$

onde:

mlNaOH = volume da solução de NaOH adicionada à amostra (mL);

N = normalidade da solução NaOH;

67,06 = equivalente-grama do ácido málico;

g_{amostra} = massa da amostra (g).

4.4.6 Avaliação dos sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis foram analisados através de uma leitura direta em refratômetro digital (Reichert r²i300 da Ametek) calibrado com água destilada a 20,0° C. Para a análise foi utilizada uma pequena quantidade do substrato do caqui, que foi envolvido em

algodão e pressionado até que uma ou duas gotas caíssem sobre o prisma do refratômetro. Os resultados obtidos foram expressos em °Brix.

4.5 Análise estatística

Para os tratamentos hidrotérmicos "*in vitro*", os dados foram submetidos à análise estatística através do software Assistat 7.7 (SILVA; AZEVEDO, 2016). As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade. Para a avaliação dos tratamentos em relação à índices quarentenários, os dados foram submetidos à análise de Probit através do software StatPlus 2009.

Os dados obtidos das análises físico-químicas dos frutos foram submetidos a análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 1% de probabilidade, sob delineamento inteiramente casualizado, através do software Assistat 7.7.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Tratamento hidrotérmico "*in vitro*"

5.1.1 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de pupas e adultos provenientes de ovos de *C. capitata* ("*in vitro*")

As temperaturas a partir de 46 °C apresentaram número médio de pupas e adultos obtidos menor em relação às temperaturas de 41, 42 e 44 °C (Tabela 1). Estas temperaturas não foram eficientes para evitar o pupamento e emergência dos imaturos testados (Figura 5). Com a obtenção de pupas, em todas as doses testadas, houve emergência equivalente de adultos, levando-se em conta que isso possa ter ocorrido devido a viabilidade intrínseca de *C. capitata*, e portanto, sem influência do tratamento hidrotérmico fornecido a ovos da mosca-do-mediterrâneo.

De acordo com o aumento do tempo de imersão dos ovos de *C. capitata* houve um incremento gradativo na taxa de mortalidade dos imaturos. Tempos a partir de 40 minutos não diferiram entre si nos valores médios de pupas e adultos, provenientes de ovos tratados de *C. capitata* a partir de 46 °C (Tabela 1).

Obteve-se interações entre tempos de exposição e temperaturas, medidas em número de pupas ($F= 21,5009$; $GL = 40$; $p < 0,01$) e adultos ($F= 11,3840$; $GL= 40$; $p < 0,01$), a partir de ovos tratados de *C. capitata*, demonstrando a importância da escolha combinada dessas duas variáveis para fins de desinfestação. Os tratamentos dos ovos durante 30, 20 e 7 minutos em temperaturas de 46 °C, 48 °C e 50 °C, respectivamente, preveniram o pupamento de *C. capitata* (Tabela 1).

Os tempos de imersão de 20 e 30 minutos apresentaram mais diferenças significativas nos resultados de obtenção de pupas e adultos de acordo com a temperatura testada, se comparados com os tempos mais longos (≥ 40 minutos) (Tabela 1).

As curvas de mortalidade de pupas e adultos provenientes de ovos de *C. capitata* submetidos a tratamento em água quente estão representadas nas Figuras 6 e 7, respectivamente. Quanto maior a temperatura empregada (≥ 46 °C) no tratamento de ovos,

menor é o tempo de exposição (7~25 minutos) necessário para impedir o pupamento e emergência de *C. capitata*. O inverso também se aplica, pois quanto menor a temperatura (≤ 44 °C), maior é o tempo requerido para evitar o desenvolvimento da mosca (≥ 60 minutos).

O tempo letal para a redução do número de adultos provenientes dos ovos de *C. capitata* tratados em água quente está expresso na Tabela 2. Os tempos letais a 46 e 48° C foram estimados em 35,59 e 23,04 minutos, respectivamente, para reduzir 99% dos adultos. O aumento da temperatura de 46° para 48 °C diminuiu os valores estimados de Probit em cada nível.

Jang (1986) avaliou a termotolerância de ovos e larvas de três espécies de moscas-das-frutas e concluiu que os ovos de *C. capitata* foram inviabilizados a partir de 46 °C e que foram mais termotolerantes que ovos de *B. dorsalis* e *B. cucurbitae*. Vieira (2011) constatou que a imersão de ovos de *C. capitata* em água quente à 46 °C durante 20 minutos é suficiente para ocasionar 100% de mortalidade *in situ*.

Usando sistemas de aquecimento em bloco, o qual consiste de um equipamento que pode ser programado para simular as taxas de aquecimento dos frutos quando submetidos a diferentes métodos de transmissão de calor, como ar quente, água quente e tratamento com rádio frequência. Os autores estudaram a taxa de termotolerância de ovos de *C. capitata*, Gazit et al. (2004) e Armstrong et al. (2009) constataram que foi necessário expor ovos à 46 °C por 20 a 25 minutos aproximadamente para que houvesse mortalidade de 100%.

Jang et al. (1999), observando a mortalidade de *Bactrocera latifrons* (Hendel) e comparando-a com outras três espécies de moscas-das-frutas presentes no Hawaí, concluíram que o tempo de exposição necessário a 46° C para ocasionar a mortalidade de ovos de *B. latifrons* foi de aproximadamente 40 minutos, enquanto que para as outras espécies (*B. cucurbitae*, *B. dorsalis* e *C. capitata*) foi necessário em média 10 minutos. Waddell (1997) relatou que ovos de *B. melanotus* (Coquillett) e *B. xanthodes* (Broun) no início do período embrionário são menos resistentes ao tratamento hidrotérmico do que quando já próximos à eclosão das larvas.

Tabela 1. Interação entre temperatura e tempo de imersão na obtenção de pupas e adultos provenientes de ovos de *C. capitata* (n=20) submetidos à tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo de imersão (minutos)								
	0	7	15	20	30	40	50	60	90
Pupas ± EP									
41° C	18,87 ± 0,40 aA	17,50 ± 0,65 aA	17,50 ± 0,82 aA	17,25 ± 0,37 aA	18,00 ± 0,38 aA	17,75 ± 0,62aA	17,00 ± 0,46aA	18,37 ± 0,38aA	17,00 ± 0,57aA
42 °C	18,25 ± 0,59abA	15,12 ± 0,93abAB	13,62 ± 1,03bBC	12,50 ± 1,39bBCD	10,50 ± 1,35bCD	9,87 ± 0,88 bD	6,00 ± 0,57 bE	5,75 ± 0,56 bE	5,87 ± 0,69 bE
44 °C	14,62 ± 0,73 cA	14,37 ± 0,38 bA	13,75 ± 0,84 bA	5,37 ± 0,68 cB	4,37 ± 1,21 cBC	2,37±1,03cBCD	2,00 ±0,68cCD	1,37 ±0,53cCD	0,37 ± 0,26 cD
46 °C	18,00 ± 0,76abA	16,50 ± 0,53 abA	13,00 ± 0,94 bB	0,25 ± 0,25 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
48 °C	15,37 ± 0,71bcA	6,50 ± 2,60 cB	1,87 ± 0,93 cC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
50 °C	16,00±1,56abcA	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB
Adultos ± EP									
41° C	18,12 ± 0,67 aA	17,12 ± 0,72 aA	17,37 ± 0,86aA	16,37 ± 0,68 aA	17,37 ± 0,46 aA	17,50 ± 0,57 aA	16,75 ± 0,45aA	16,62 ± 1,02aA	16,75 ± 0,59aA
42 °C	18,00 ± 0,53 aA	13,75 ± 0,92 bB	12,25 ± 0,84bBC	12,12 ± 1,33 bBC	10,12 ± 1,47 bC	9,75 ± 0,92bCD	5,87 ± 0,64 bE	5,75 ±0,53bE	5,75 ± 0,65 bE
44 °C	14,25 ± 0,59 bA	8,62 ± 0,98 cB	6,87 ± 0,99 cBC	5,00 ± 0,68 cCD	3,87 ± 0,99cCDE	1,87±0,88cDEF	1,87±0,69cDEF	1,25 ± 0,53cEF	0,37 ± 0,26 cF
46 °C	17,62 ± 0,71 aA	8,12 ± 0,44 cB	6,25 ± 0,80 cB	0,12 ± 0,13 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
48 °C	15,25 ± 0,67abA	5,75 ± 2,48 cB	1,75 ± 0,86 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
50 °C	15,50 ± 1,56abA	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas e letra maiúscula das linhas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

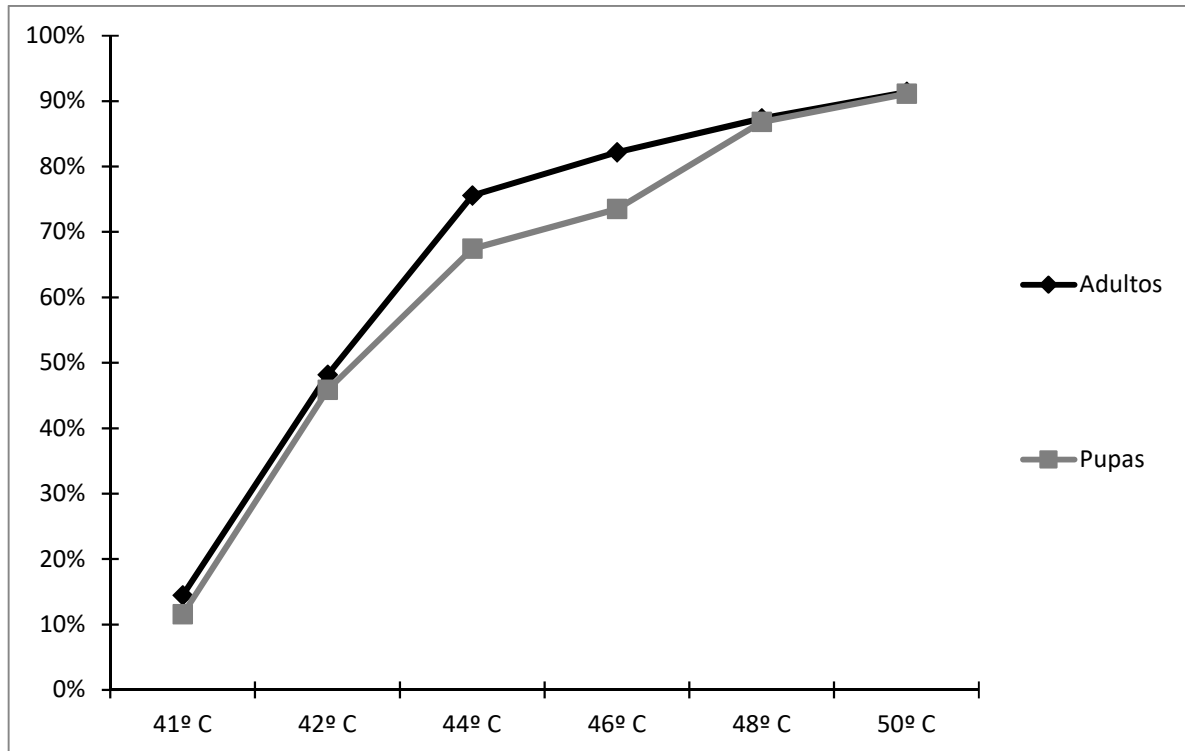


Figura 5. Efeito da temperatura na porcentagem de redução de pupamento e emergência de adultos provenientes de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico.

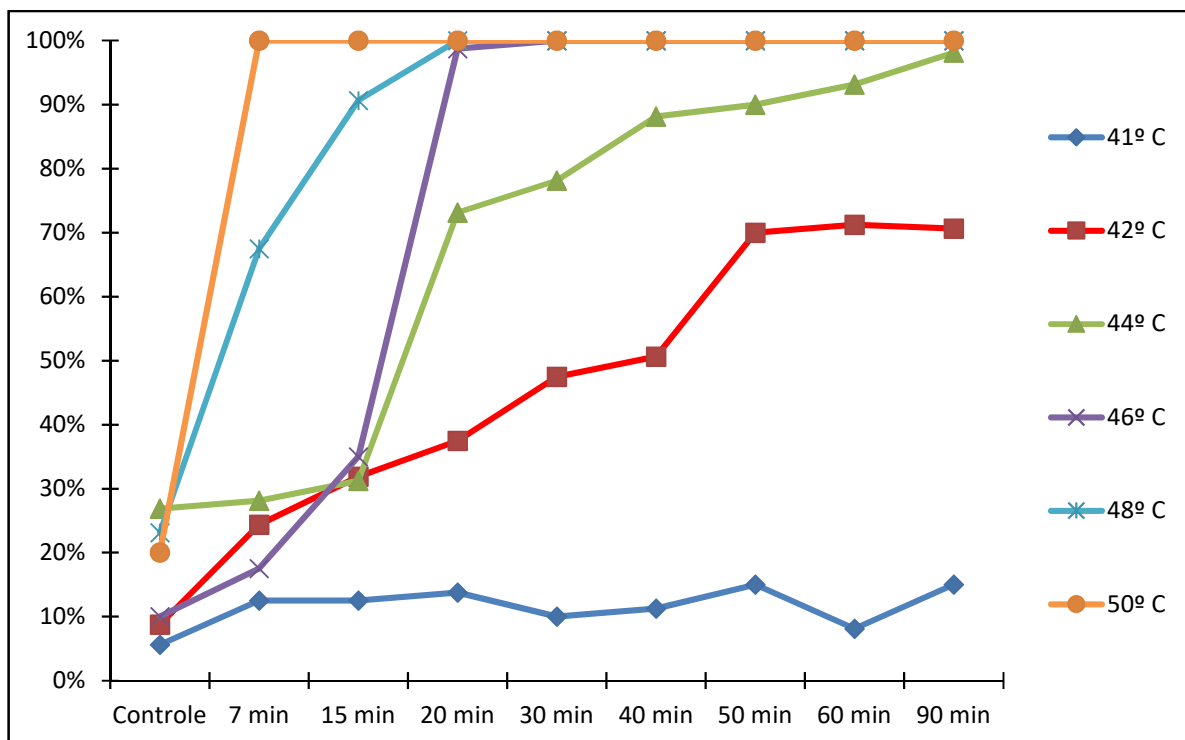


Figura 6. Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de pupamento de *C. capitata* provenientes de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico

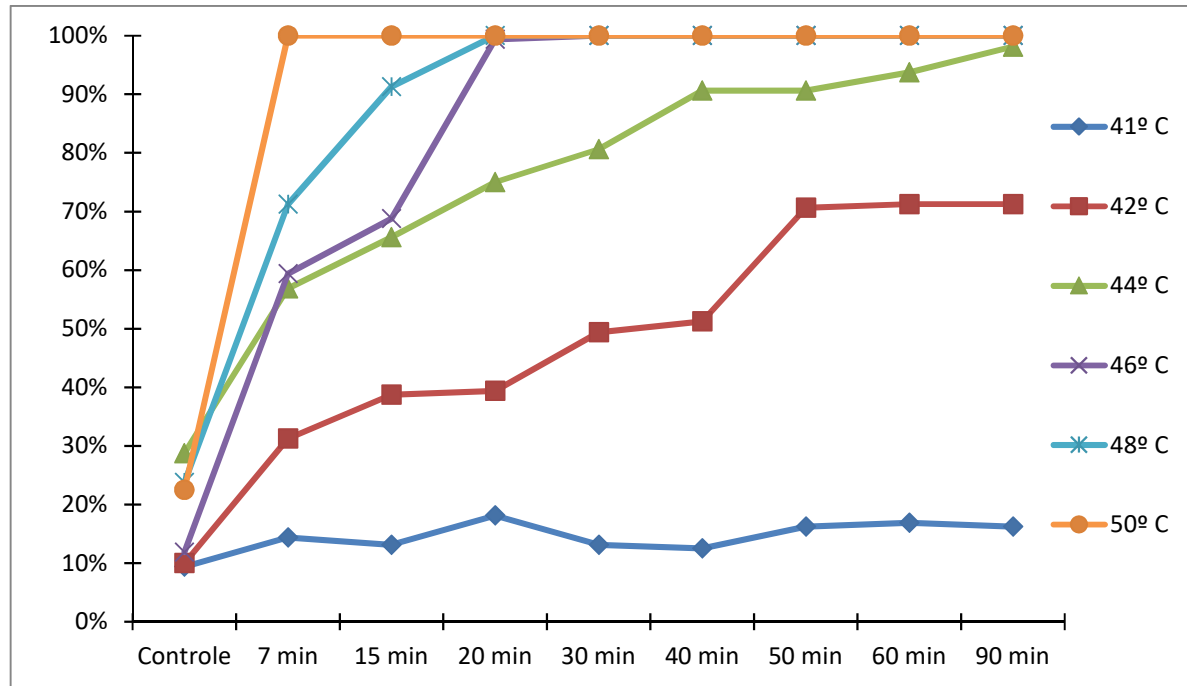


Figura 7. Relação entre temperatura e o tempo de imersão na redução da emergência de adultos de *C. capitata* provenientes de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 2. Tempo letal estimado para a redução da emergência de adultos a partir de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo letal (minutos)		
	TL ₅₀	TL ₉₀	TL ₉₉
46 °C	6,86	16,99	35,59
48 °C	5,02	11,62	23,04

5.1.2 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de pupas e adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* ("in vitro")

Os tratamentos com temperaturas acima de 46 °C diminuíram significativamente o número de indivíduos sobreviventes em comparação com as temperaturas mais baixas (≤ 44 °C). Temperaturas de 41, 42 e 44 °C diferiram das demais temperaturas testadas, pois apresentaram maior número de indivíduos sobreviventes (Tabela 3).

Conforme o aumento do tempo de imersão de larvas de *C. capitata*, menor foi o número de pupas obtidas. O menor valor de adultos foi obtido no tempo de 90 minutos. Através da curva de mortalidade em relação às temperaturas utilizadas, a inviabilidade das larvas aumenta gradativamente conforme as temperaturas são maiores (Figura 8).

Houve interações entre níveis de temperatura e tempo de imersão, medido em pupas ($F= 57,5235$; $GL= 40$; $p <0,01$) e adultos ($F= 31,8424$; $GL= 40$; $p <0,01$), a partir de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidas a tratamento hidrotérmico. Apesar da obtenção de pupas no tratamento de 20 e 15 minutos à 46 e 48 °C, respectivamente, as larvas tratadas não conseguiram atingir a fase adulta, revelando que essas temperaturas e tempos de exposição não permitiram a emergência de adultos da mosca-do-mediterrâneo. Todos os tratamentos acima de 15 minutos a partir de 48 °C impediram o pupamento das larvas tratadas. Temperaturas menores (41, 42 e 44 °C) e tempos de imersão mais curtos (≤ 30 minutos) tiveram maiores diferenças em comparação com temperaturas mais altas e tempos mais elevados. Isso ocorreu devido ao número de imaturos sobreviventes ser maior em temperaturas mais baixas sob reduzidos tempos de exposição (Tabela 3).

Para larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidas a diversas temperaturas e tempos de imersão, verificou-se que naquelas ≥ 46 °C, foram necessários tempos de exposição menores (20-30 minutos) para impedir o pupamento e emergência dos adultos. Em temperaturas ≤ 42 °C, os tempos de imersão mais longos não foram capazes de evitar o pupamento e a emergência de adultos de *C. capitata* (Figuras 9 e 10).

As doses letais para reduzir em 99% a emergência de adultos a partir das larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* tratadas em água quente foram de 24,23 minutos a 46 °C e 17,29 a 48 °C (Tabela 4). Comparando-se a sobrevivência de *C. capitata* nas diferentes doses testadas, observou-se que as larvas foram mais termosensíveis.

Utilizando a técnica de imersão em água quente, Jang (1986) e Jang et al. (1999) avaliaram a dose letal para larvas de *C. capitata* e concluíram que a exposição a 46 °C entre 20 e 30 minutos foi suficiente para ocasionar de 95 a 100% de mortalidade das larvas de primeiro ínstar. As larvas de terceiro ínstar necessitaram em média de 10 minutos de exposição na mesma temperatura, mostrando que são menos termotolerantes. Para *A. suspensa*, os autores verificaram que foi preciso imergir larvas de primeiro e terceiro ínstars entre 6 e 7 minutos e 5 e 6 minutos, respectivamente, à 46 °C para matar todos os insetos (SHARP & CHEW, 1987)

Ainda desenvolvendo doses letais para larvas de terceiro ínstar de *C. capitata*, Gazit et al. (2004) e Armstrong et al. (2009) usaram a metodologia do sistema de aquecimento em bloco e obtiveram resultados bem distintos, provavelmente devido à diferenças genéticas das populações testadas. Em trabalhos com *A. ludens*, utilizando o mesmo equipamento, o

tempo para causar mortalidade total dos insetos foi de aproximadamente 25 minutos a 46 °C (HALLMAN et al., 2005).

Hallman et al. (2011) utilizaram a técnica de imersão em água quente para estimar as doses letais para larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* e relataram que o tratamento a $44,7 \pm 0,1$ °C por 50 minutos preveniu 100% o pupamento de *C. capitata*.

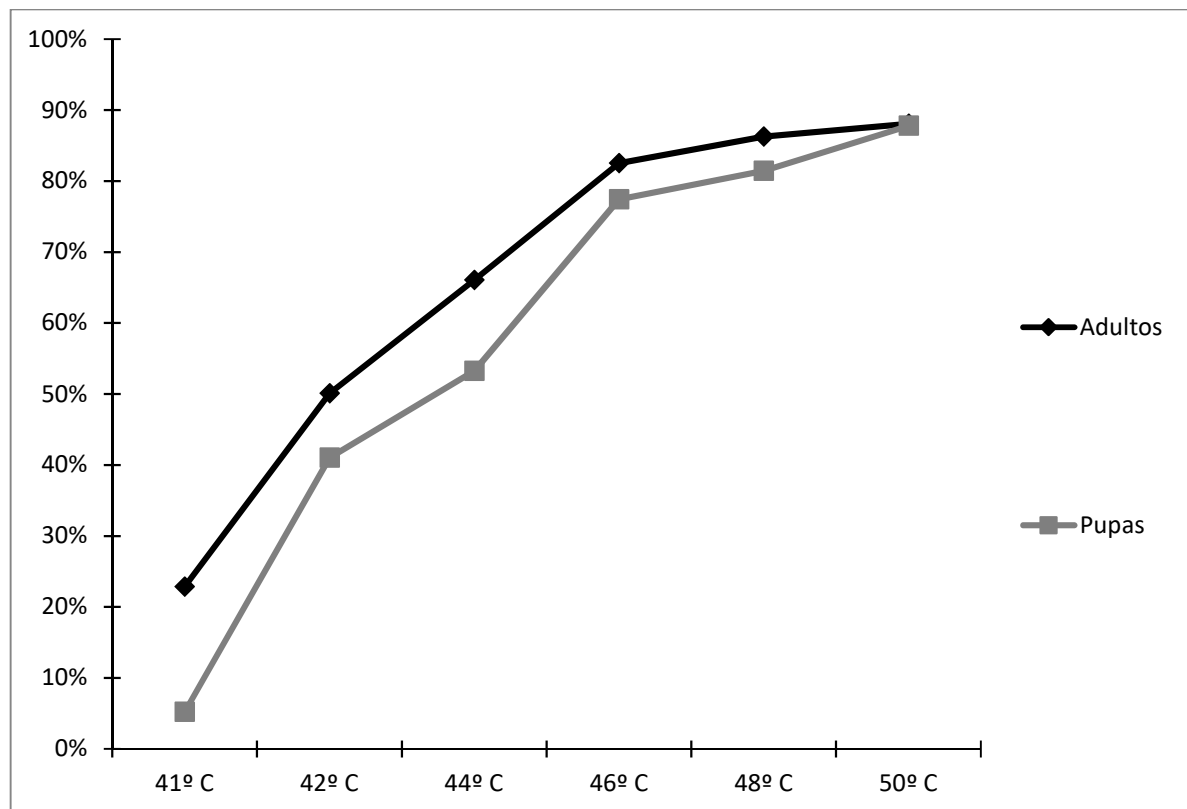


Figura 8. Efeito da temperatura na porcentagem de redução de pupamento e emergência de adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 3. Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de pupas e adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* (n=20) submetidos à tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo de imersão (minutos)								
	0	7	15	20	30	40	50	60	90
Pupas ± EP									
41° C	19,75 ± 0,25 aA	19,00 ± 0,38 aA	19,25 ± 0,37 aA	19,37 ± 0,26 aA	19,12 ± 0,30 aA	19,25 ± 0,25 aA	18,87 ± 0,35 aA	18,37 ± 0,92 aA	17,62 ± 1,05 aA
42 °C	20,00 ± 0,00 aA	18,87 ± 0,48 aA	18,37 ± 0,56 aA	15,12 ± 0,68 bB	9,50 ± 0,82 bC	8,75 ± 0,25 bC	8,37 ± 0,68 bC	7,00 ± 0,71 bC	0,50 ± 0,27 bE
44 °C	19,75 ± 0,16 aA	18,50 ± 0,42 aA	18,37 ± 0,42 aA	11,75 ± 1,36 cB	6,75 ± 1,35 cC	5,25 ± 1,00 bC	2,87 ± 0,40 cD	1,00 ± 0,33 cDE	0,00 ± 0,00 bE
46 °C	19,62 ± 0,18aA	16,25 ± 0,75 bB	4,12 ± 1,06 bC	0,62 ± 0,26 dD	0,00 ± 0,00 dD	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 dD	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 bD
48 °C	19,25 ± 0,31aA	12,37 ± 0,89 cB	1,75 ± 0,41 cC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 bC
50 °C	19,87 ± 0,13aA	2,12 ± 0,79 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 bB
Adultos ± EP									
41° C	19,12 ± 0,30 aA	16,00 ± 0,71 aB	14,37 ± 0,53 aB	15,00 ± 0,60 aB	16,12 ± 0,44 aB	16,50 ± 0,76 aB	16,00 ± 0,76 aB	15,37 ± 1,08 aB	10,37 ± 0,96 aC
42 °C	19,75 ± 0,16 aA	16,00 ± 0,68 aB	15,12 ± 1,09 aB	13,75 ± 0,65 aB	7,87 ± 0,74 bC	4,00 ± 0,33 bD	6,62 ± 0,86 bC	6,37 ± 0,75 bCD	0,12 ± 0,13 bE
44 °C	19,12 ± 0,40 aA	11,12 ± 0,88 bB	10,62 ± 0,53 bB	9,50 ± 1,22 bB	5,37 ± 1,07 cC	2,87 ± 0,67 bD	1,50 ± 0,27 cDE	0,12 ± 0,13 cE	0,00 ± 0,00 bE
46 °C	19,00 ± 0,33 aA	9,87 ± 0,58 bB	2,62 ± 1,02 cC	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 dD	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 bD
48 °C	17,75 ± 0,37 aA	7,00 ± 0,42 cB	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 bC
50 °C	19,37 ± 0,32 aA	2,12 ± 0,79 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 bB

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas e letra maiúscula das linhas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

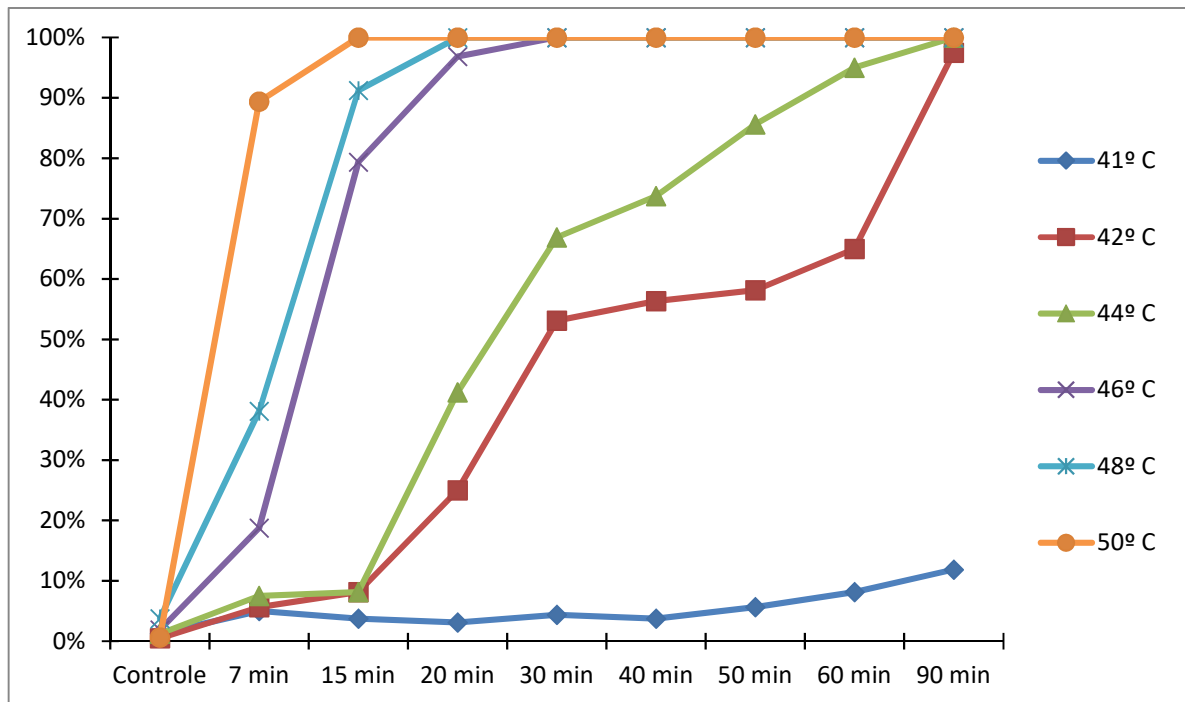


Figura 9. Relação entre a temperatura e o tempos de imersão na redução de pupamento de *C. capitata* provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidas ao tratamento hidrotérmico.

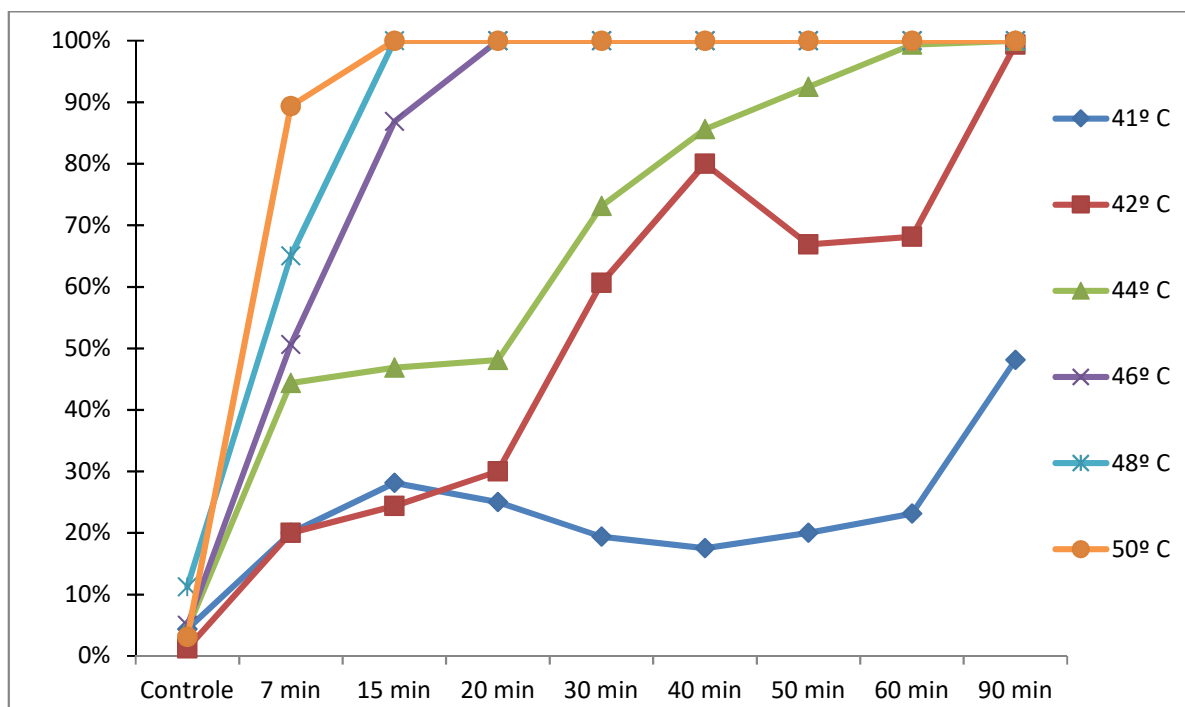


Figura 10. Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de emergência de adultos de *C. capitata* provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidas ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 4. Tempo letal estimado para a redução da emergência de adultos a partir de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo letal (minutos)		
	TL ₅₀	TL ₉₀	TL ₉₉
46 °C	7,14	13,99	24,23
48° C	5,75	10,54	17,29

5.1.3 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de ovos de *A. fraterculus* ("in vitro")

Através da curva de mortalidade dos ovos tratados é possível ver que quanto maior a temperatura empregada, menor é o número de larvas eclodidas, o inverso também se aplica, pois em temperaturas mais baixas, maior é a quantidade de larvas eclodidas (Figura 11).

Obteve-se interações entre as temperaturas e os tempos de exposição, medidas em larvas eclodidas ($F= 6,0523$; $GL= 40$; $p < 0,01$), a partir de ovos tratados de *A. fraterculus*, revelando a necessidade da escolha combinada das duas variáveis para fins de desinfestação. Os tempos e temperaturas de 20 minutos a 46 °C, 15 minutos a 48 °C e 7 minutos a 50 °C ocasionaram a não eclosão de larvas de *A. fraterculus*. A imersão por 90 minutos não apresentou eclosão de larvas em todas as temperaturas empregadas. Tratamentos com 50 °C preveniram a eclosão larval de *A. fraterculus* nos tempos a partir de 7 minutos (Tabela 5).

Através da curva de sensibilidade de ovos de *A. fraterculus* ao tratamento hidrotérmico, é possível avaliar que quanto maior a temperatura e o tempo de exposição empregado, menor é a taxa de eclosão de larvas (Figura 12).

As doses letais necessárias para ocasionar 99% de letalidade de ovos de *A. fraterculus* foram estimadas em 20,81 e 13,55 minutos em temperaturas de 46 e 48 °C, respectivamente (Tabela 6).

Em trabalhos com *A. suspensa*, Sharp e Chew (1987) estimaram que seriam necessários tempos de exposição de 24,8 minutos a 43 °, 8,3 minutos a 46,1 °, 2,0 minutos a 48,9 °, 1,2 minutos a 51,7 ° e 0,9 minutos a 54,4 °C para causar mortalidade de 99,9968% dos ovos tratados. Isso retrata que as doses letais podem variar consideravelmente entre as espécies de um mesmo gênero.

Avaliando a mortalidade de ovos de *B. tryoni* submetidos a tratamentos com água quente, Corcoran (1993) observou 100% de eficiência a 45 °C por 5 minutos de imersão, em ovos com 4 horas de idade. Para ovos com 30 horas de idade, o autor não verificou diferença com relação a sobrevivência observada na testemunha, relatando que o período embrionário pode ser um fator determinante de tolerância ao calor. Heard et al. (1991) estimaram para ovos de *B. tryoni* um probit 9 de 5 e 15 minutos para ovos de 2 horas expostos a 46 ° e 48 °C, respectivamente, enquanto que para ovos de 32 horas, os valores estimados foram de 2 e 5 minutos para as referidas temperaturas.

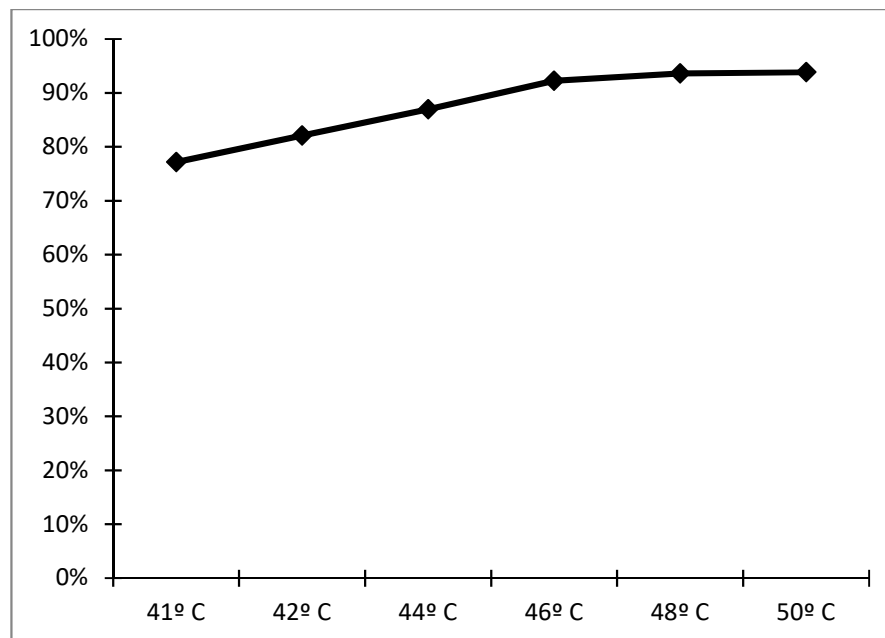


Figura 11. Efeito da temperatura na porcentagem de inviabilização de ovos de *A. fraterculus* submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 5. Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de larvas eclodidas de *A. fraterculus* (n=20) a partir de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo de imersão (minutos)									
	0	7	15	20	30	40	50	60	90	
	Larvas eclodidas ± EP									
41 °C	12,00 ± 0,85 aA	7,75 ± 1,31 aB	7,00 ± 1,10 aB	6,37 ± 0,96 aB	3,12 ± 0,91 aC	2,00 ± 0,42 aCD	1,75 ± 0,53aCD	1,12 ± 0,35aCD	0,00 ± 0,00 aD	
42 °C	10,12 ± 0,52abA	6,00 ± 1,07abB	4,87 ± 0,55 bBC	4,00 ± 0,60bBCD	3,00 ± 0,53aCDE	1,87 ± 0,44abDEF	1,37 ± 0,18 aEF	1,00 ± 0,27 aEF	0,00 ± 0,00 aF	
44 °C	10,00 ± 0,60 bA	5,25 ± 1,19 bB	3,00 ± 0,46 bcC	1,62 ± 0,50 cCD	1,62 ± 0,50 abCD	1,12 ± 0,40 abCD	0,50 ± 0,19 aD	0,37 ± 0,26 aD	0,00 ± 0,00 aD	
46 °C	10,50 ± 0,57abA	2,37 ± 0,56 cB	1,12 ± 0,40cdBC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 bC	0,00 ± 0,00 bC	0,00 ± 0,00 bC	0,00 ± 0,00 bC	0,00 ± 0,00 aC	
48 °C	10,00 ± 0,38 bA	1,50 ± 0,33cdB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 aB	0,00 ± 0,00 aB	
50 °C	11,12 ± 0,79abA	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 dB	0,00 ± 0,00 cB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 bB	0,00 ± 0,00 aB	0,00 ± 0,00 aB	

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas e letra maiúscula das linhas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

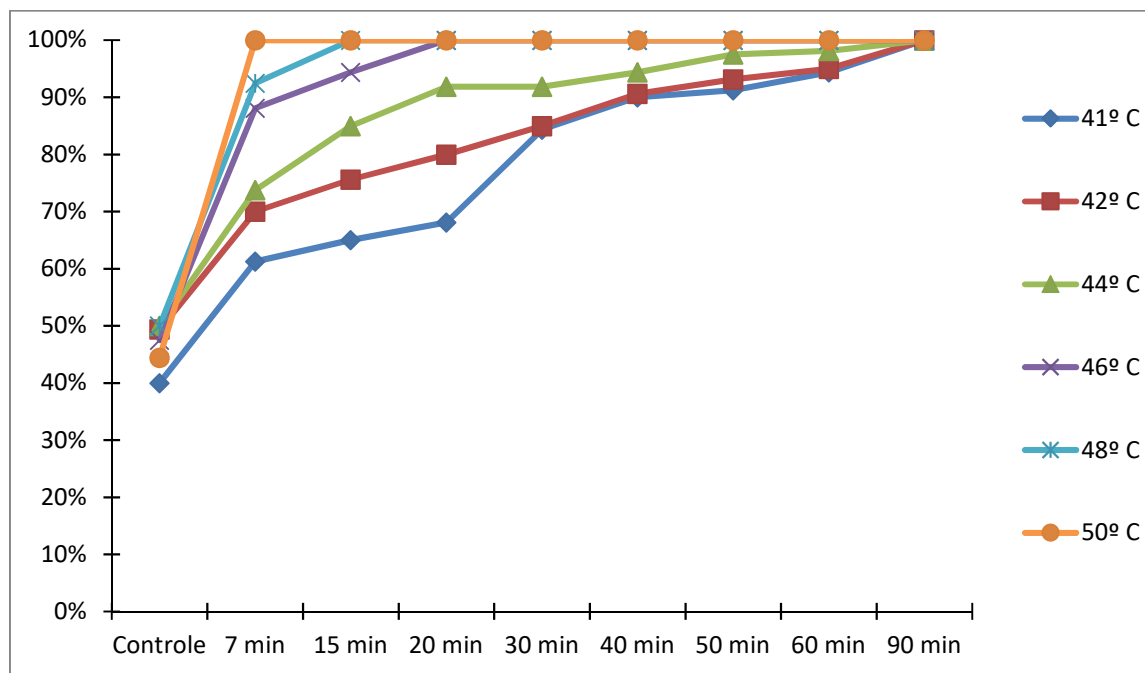


Figura 12. Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na eclosão de larvas de *A. fraterculus* a partir de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 6. Tempo letal estimado para a letalidade de ovos de *A. fraterculus* submetidos a tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo letal (minutos)		
	TL ₅₀	TL ₉₀	TL ₉₉
46 °C	2,60	8,19	20,81
48° C	2,60	6,46	13,55

5.1.4 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* ("in vitro")

As temperaturas acima de 46 °C diminuíram significativamente o número de pupas e adultos obtidos em comparação com as temperaturas abaixo de 44 °C. As temperaturas de 41 e 42 °C diferiram das demais temperaturas utilizadas, pois apresentaram pupas e adultos em todos os tempos de imersão empregados (Tabela 7). O número de pupas e adultos provenientes das larvas tratadas diminuiu gradativamente conforme o aumento da temperatura (Figura 13).

Houve interações entre temperatura e tempo de imersão, medido em pupas (F= 58,8179; GL= 40; p <0,01) e adultos (F= 45,3571; GL= 40; p <0,01), a partir de larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* submetidas a tratamento hidrotérmico. Os tempos a partir de 40 minutos a 46 °, 20 minutos a 48 °C e 15 minutos a 50 °C impediram o pupamento das larvas tratadas (Tabela 7).

Para larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* observou-se que nas temperaturas ≥ 46 °C, foram necessários tempos de exposição menores (15-40 minutos) para impedir o pupamento e emergência dos adultos em relação às temperaturas mais baixas. Em temperaturas ≤ 42 °C, houve desenvolvimento do inseto em todos os tempos de imersão empregados (Figuras 14 e 15). As doses letais estimadas para impedir que 99% das larvas de segundo ínstar atingissem a fase adulta foi de 26,62 minutos a 46 °C e 18,38 minutos 48 °C (Tabela 8).

O local de onde o inseto é originário e o método de criação empregado, seja em dieta artificial ou em frutos, podem afetar na termotolerância de determinada população. Isso pode ser observado comparando-se os dados do presente estudo com aqueles de Sharp e Chew (1987), que estimaram para letalidade de larvas de terceiro ínstar de *A. suspensa*, um probit 9 de 5,3 minutos a 46,1 ° e 2 minutos a 49 °C.

Hallman (1996) comparou a mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *A. suspensa* criadas em dieta semi artificial e em toranja (grapefruit) e concluiu que para ocasionar 95% da mortalidade das larvas desenvolvidas na dieta seria preciso imergi-las por 34,3 minutos a 43 °C. As larvas que eram obtidas através da toranja, precisariam de 33,6 minutos de imersão por 43 °C. O autor concluiu que não teve diferenças significativas na mortalidade das larvas de terceiro ínstar desenvolvidas na fruta e na dieta semi artificial.

Ainda avaliando a mortalidade de larvas de terceiro ínstar de *A. suspensa*, Hansen e Sharp (1994) realizaram tratamentos com água quente em temperaturas de 40, 43 e 47 °C por diversos tempos de imersão. Os autores observaram que para evitar o pupamento das larvas tratadas eram necessários tratamentos acima de 110 minutos à 40 °C, 40 minutos à 43 °C e 10 minutos à 47 °C.

Em trabalhos de modelos termais a partir da utilização de água quente, Thomas e Mangan (1997) relataram que para evitar pupamento a partir de larvas de terceiro ínstar de *A. ludens*, foi necessário 40 minutos a 45 °C.

Jang (1991) avaliou a termotolerancia e estimou doses letais para larvas de terceiro ínstar de *B. dorsalis* criadas em laboratório. O autor observou que eram necessários tempos de imersão de 39,3 e 19,3 minutos em temperaturas de 46 e 48 °C para alcançar o probit 9 dos imaturos tratados. Em trabalhos semelhantes feitos com larvas de terceiro ínstar de *B. latifrons*, Jang et al. (1999) relataram doses de 95% de eficácia com tempo de 17-20 minutos a 46 °C.

Tabela 7. Interação entre temperatura e tempo de imersão no número de pupas e adultos de *A. fraterculus* (n=20) provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo de imersão (minutos)								
	0	7	15	20	30	40	50	60	90
Pupas ± EP									
41 °C	18,50 ± 0,53 aA	18,00 ± 0,60 aA	18,00 ± 0,53 aA	18,12 ± 0,58 aA	18,00 ± 0,53 aA	17,25 ± 0,77 aA	18,12 ± 0,44 aA	16,75 ± 0,75 aA	18,00 ± 0,65 aA
42 °C	19,25 ± 0,31 aA	18,62 ± 0,38 aA	15,87 ± 0,64 bB	14,50 ± 0,63 bB	12,50 ± 0,57 bC	12,12 ± 0,64 bC	10,00 ± 0,71 bD	8,87 ± 0,44 bD	6,25 ± 0,59 bE
44 °C	19,37 ± 0,26 aA	14,87 ± 0,61 bB	10,25 ± 0,62 bC	7,37 ± 0,60 cD	7,00 ± 0,60 cD	6,25 ± 0,59 cD	4,25 ± 0,53 cE	1,00 ± 0,33 cF	0,00 ± 0,00 cF
46 °C	19,00 ± 0,38 aA	15,25 ± 0,65 bB	4,00 ± 0,46 cC	1,37 ± 0,38 dD	0,50 ± 0,27 dD	0,00 ± 0,00 dD	0,00 ± 0,00 dD	0,00 ± 0,00 cD	0,00 ± 0,00 cD
48 °C	19,25 ± 0,25 aA	11,62 ± 0,60 cB	1,37 ± 0,38 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
50 °C	19,37 ± 0,26 aA	4,75 ± 0,37 dB	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
Adultos ± EP									
41 °C	17,37 ± 0,68 aA	16,50 ± 0,68 aA	17,12 ± 0,61 aA	16,87 ± 0,55 aA	16,75 ± 0,80 aA	16,25 ± 0,80 aA	16,25 ± 0,75 aA	15,37 ± 0,65 aA	16,50 ± 0,65 aA
42 °C	17,87 ± 0,55 aA	17,50 ± 0,60 aA	14,25 ± 0,45 bB	13,25 ± 0,75 bB	11,12 ± 0,58 bC	11,00 ± 0,76 bCD	9,00 ± 0,80 bDE	7,12 ± 0,64 bE	5,00 ± 0,46 bF
44 °C	18,50 ± 0,38 aA	13,25 ± 0,53 bB	9,62 ± 0,94 bC	4,75 ± 0,62 cD	3,50 ± 0,46 cD	3,12 ± 0,52 cD	1,62 ± 0,32 cDE	0,75 ± 0,25 cE	0,00 ± 0,00 cE
46 °C	18,37 ± 0,42 aA	9,62 ± 0,86 cB	1,75 ± 0,25 cC	0,75 ± 0,31 dC	0,12 ± 0,13 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
48 °C	18,12 ± 0,35 aA	4,87 ± 0,44 dB	0,75 ± 0,25 cC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC
50 °C	17,87 ± 0,40 aA	2,12 ± 0,35 eB	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 dC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC	0,00 ± 0,00 cC

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas e letra maiúscula das linhas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

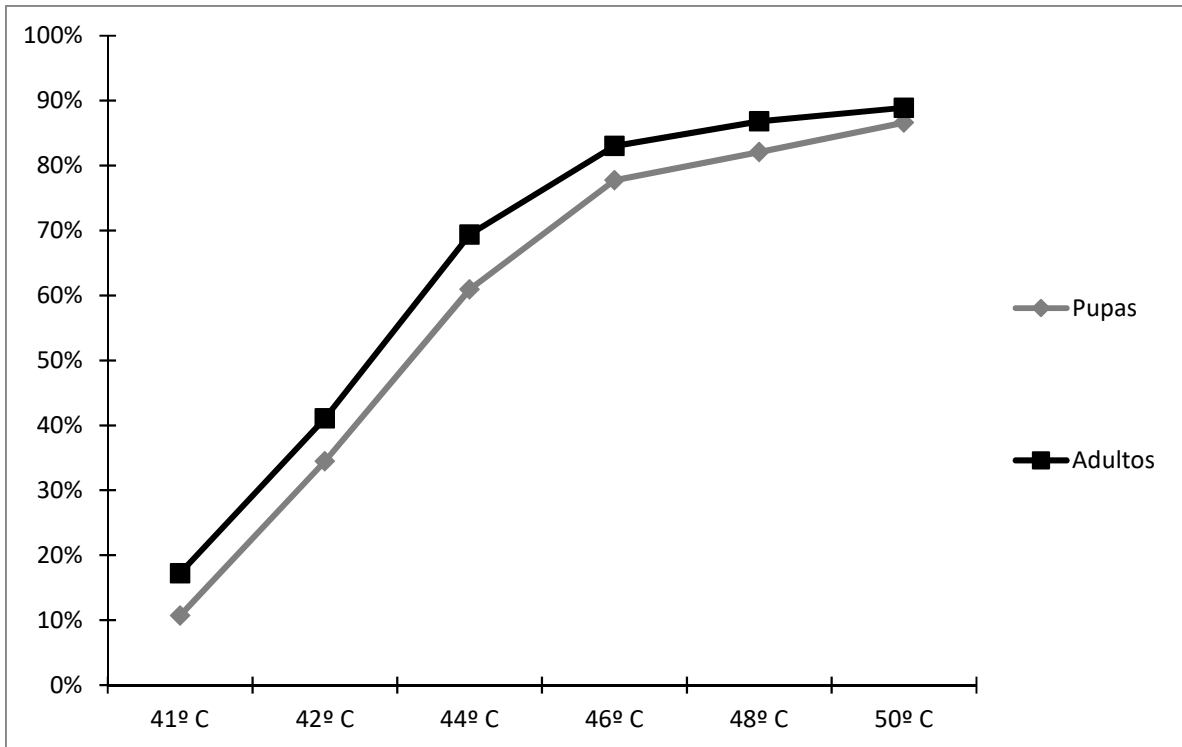


Figura 13. Efeito da temperatura na redução de pupamento e emergência de adultos de *A. fraterculus* provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos à tratamento hidrotérmico.

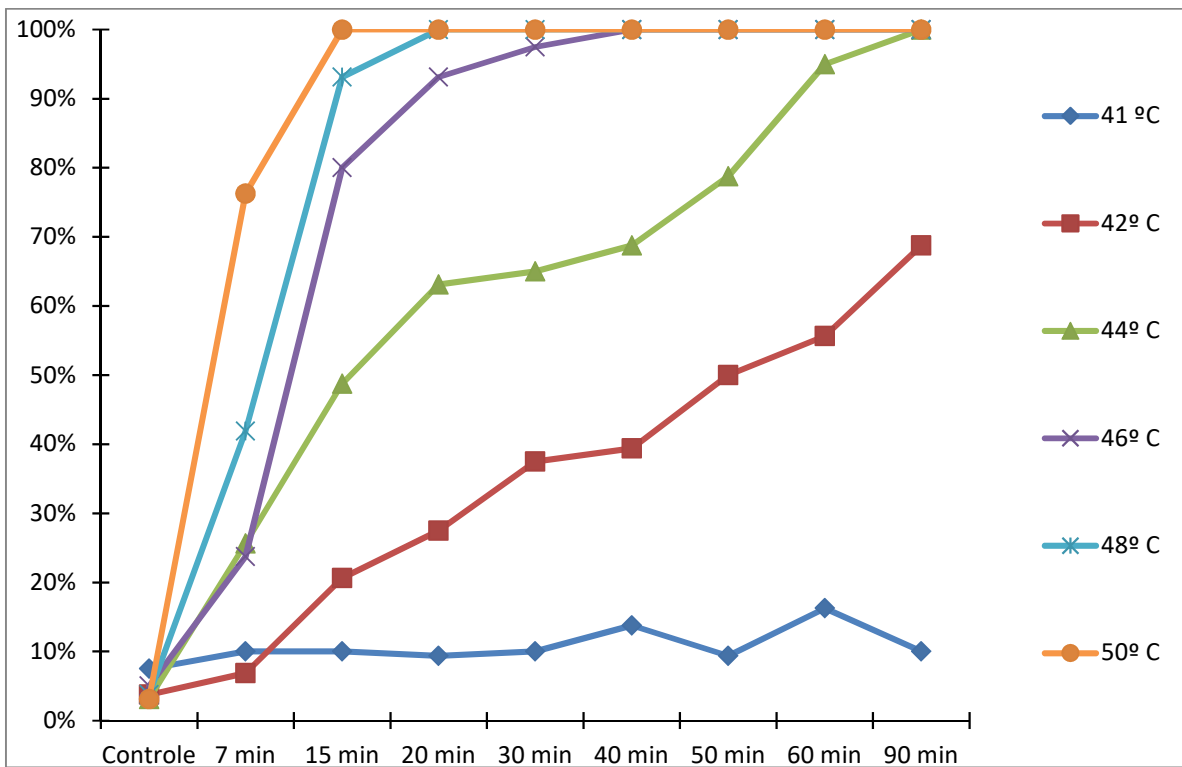


Figura 14. Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de pupamento de *A. fraterculus* provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.

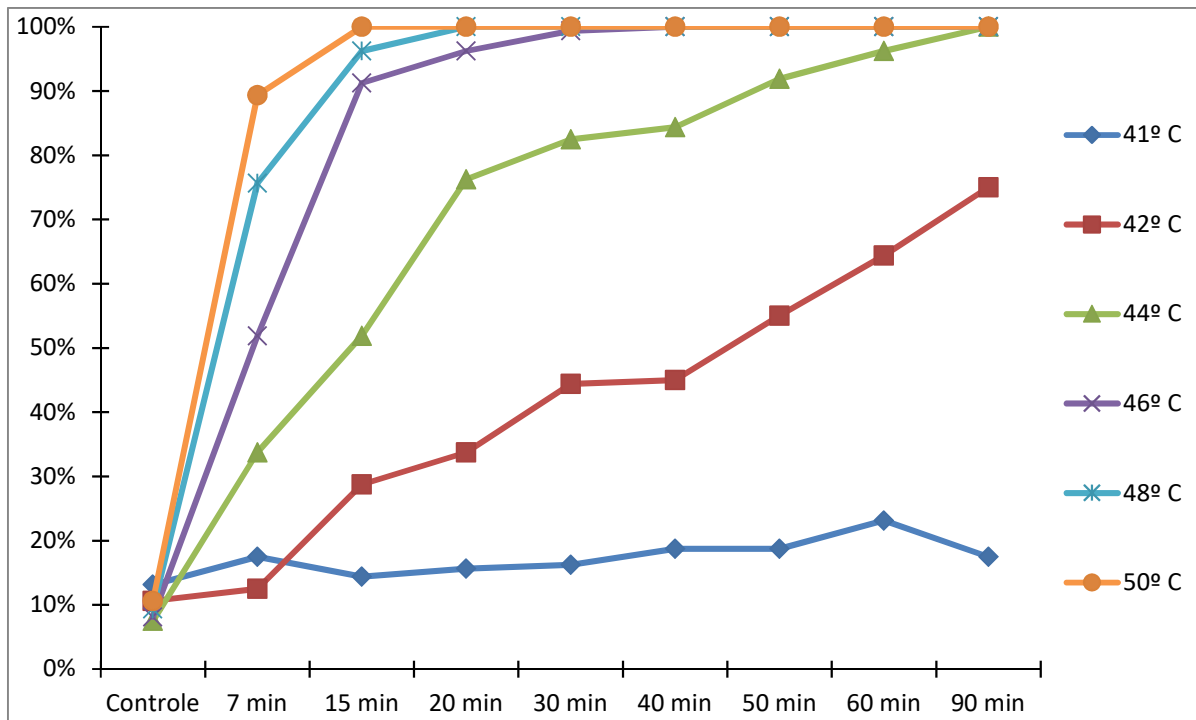


Figura 15. Relação entre a temperatura e o tempo de imersão na redução de emergência de adultos de *A. fraterculus* provenientes de larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 8. Tempo letal estimado para a redução de emergência de adultos de *A. fraterculus* a partir de larvas de terceiro ínstar submetidos a tratamento hidrotérmico.

Temperatura	Tempo letal (minutos)		
	TL ₅₀	TL ₉₀	TL ₉₉
46 °C	6,82	14,44	26,62
48 °C	4,71	9,98	18,38

5.2 Tratamento hidrotérmico em caquis 'Fuyu' infestados artificialmente por *C. capitata* e *A. fraterculus* ("in vivo")

5.2.1 Ovos e larvas de terceiro ínstar em caquis infestados com *C. capitata* ("in vivo")

O tratamento de 46° C por 20 minutos de imersão diferiu dos demais tratamentos utilizados, sendo o único em que se obteve adultos a partir de caquis infestados com ovos de *C. capitata*. Os tempos de imersão mais elevados (60-90 minutos) ou a temperatura elevada (48 °C) foram eficientes para evitar pupamento e emergência de adultos (Tabela 9).

Na avaliação de pupas e adultos provenientes de larvas de terceiro ínstar em caquis infestados por *C. capitata*, os tratamentos a 44 °C por 60 e 90 minutos de imersão e 48 °C por 20 minutos preveniram o pupamento, mostrando que tratamentos com temperaturas altas ou tempos de imersão longos são eficientes para controlar a mosca-do-mediterrâneo (Figura 16). Apesar da pequena quantidade de pupas e adultos emergidos, os tratamentos a 46° C por 20 e 30 minutos obtiveram indivíduos sobreviventes (Tabela 9).

Os tempos de exposição para o tratamento hidrotérmico de larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* foram mais eficientes quando comparados ao tratamento de ovos, sendo que para 46° C por 20 minutos de imersão foi registrada uma taxa de redução maior de pupamento em relação ao que foi obtida com os ovos tratados na mesma temperatura.

Dentre os tratamentos utilizados, 44° C por 60 e 90 minutos e 48 °C por 20 minutos foram os mais eficientes na redução do pupamento a partir da exposição de ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata*. O tratamento a 46 °C por 30 minutos evitou 100% de pupamento a partir de ovos tratados (Tabela 9). Mesmo a temperatura de 46° C sendo uma faixa comumente utilizada em tratamentos de água quente, seria necessária a realização de mais testes com tempos de imersão acima de 40 minutos.

Doria et al. (2004), tratando frutos de goiabas das variedades 'Ogawa' e 'Paloma', infestados com ovos e larvas de 1° e 2° ínstares de *C. capitata* com imersão em água quente a 42 °, 44 ° e 46° C por 30, 60 e 90 minutos em cada temperatura, relataram que nenhum dos tratamentos empregados foi efetivo para fins quarentenários, visto que nenhuma dose alcançou 100% de mortalidade dos imaturos. Vieira (2011) tratou frutos de goiaba da variedade 'Kumagai' e verificou que o tratamento a 47° C por 36 minutos de imersão foi suficiente para prevenir o pupamento de *C. capitata*.

Em trabalhos feitos com laranjas 'Valência' infestadas com ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidas a tratamento hidrotérmico, Albergaria et al. (2007) concluíram que as doses letais para ovos foram de 44 °C por 96 minutos e 46 °C por 81 minutos de imersão, e para larvas de terceiro ínstar foram de 44° C por 144 minutos e 46° C por 85 minutos.

Armstrong e Follett (2007) trataram frutos de lichia e pitomba infestados com ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* submetidos à tratamento com água quente a 49

°C. Os autores relataram que o tratamento com 20 minutos de imersão ocasionou 100% de mortalidade dos ovos e larvas de *C. capitata*.

O uso do tratamento com água quente para tangerinas 'Dancy' foi utilizado por Lopes et al. (2008). Os autores avaliaram os frutos infestados com larvas de segundo ínstar de *C. capitata* a 46 ° e 50 °C em diferentes tempos de exposição e observaram que os tratamentos que causaram 100% de mortalidade das larvas foram a 46 °C por 32 minutos e 50 °C por 21 minutos de imersão.

Tabela 9. Número de pupas e adultos provenientes de ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* em caquis infestados submetidos à tratamento hidrotérmico.

Tratamento (temperatura/tempo)	Número de indivíduos			
	Tratamento com ovos		Tratamento com larvas de 3º ínstar	
	Pupas	Adultos	Pupas	Adultos
Controle	200	157	257	179
44° C 60'	0,00	-	0,00	-
44° C 90'	0,00	-	0,00	-
46° C 20'	88	68	02	01
46° C 30'	0,00	-	11	06
48° C 20'	0,00	-	0,00	-

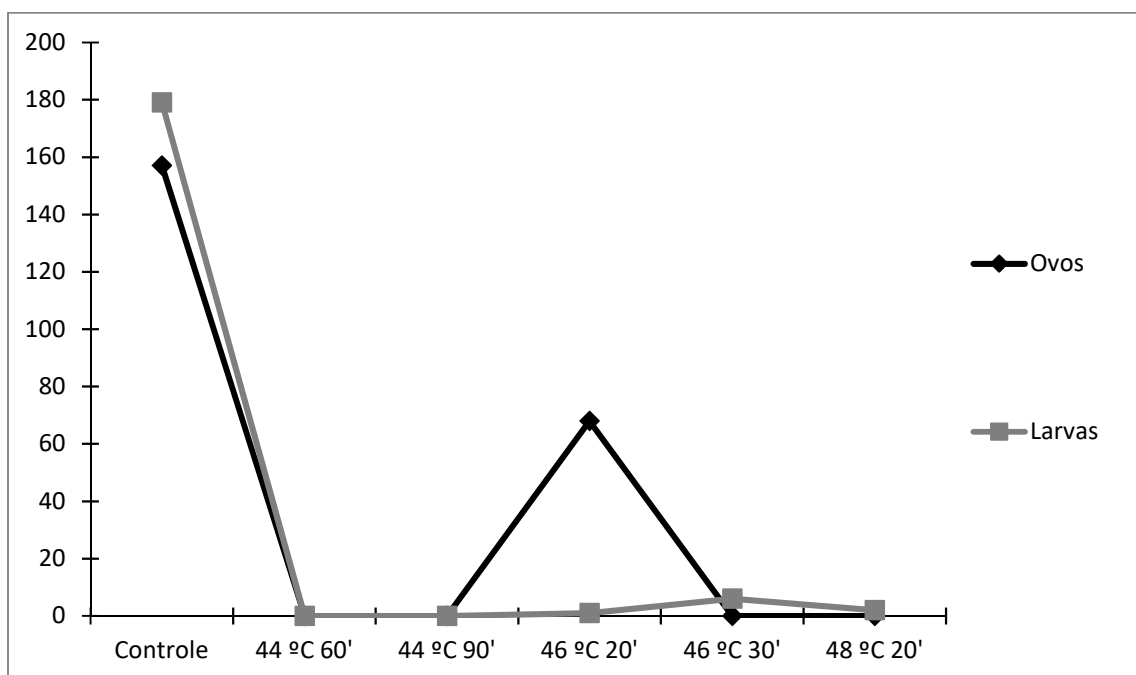


Figura 16. Número de adultos de *C. capitata* provenientes de caquis infestados com ovos e larvas de terceiro ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Sharp e Picho-Martinez (1990) avaliaram a eficiência do tratamento hidrotérmico na desinfestação de *C. capitata* em frutos de manga das variedades 'Haden e 'Kent' e relataram que o tratamento necessário para alcançar probit 9 para larvas de terceiro ínstar foi de 46° C por 76 minutos de imersão. Empregando o tratamento com água quente em mangas das variedades 'Tommy Atkins', 'Haden' e 'Keith', Nascimento et al. (1992) relataram que as doses letais para ovos de *C. capitata* foram a 46° C por 59 minutos e para larvas de terceiro ínstar foram a 46° C por 80 minutos de imersão. Utilizando as mesmas três variedades anteriores, infestadas com larvas de 1°, 2° e 3° ínstars de *C. capitata*, Mendonça et al. (2000) relataram que os tratamentos a 46° C por 75 e 90 minutos causaram 100% de mortalidade de larvas de primeiro e segundo estágio, mas não foram suficientes para matar todas as larvas de terceiro ínstar.

5.2.2 Efeito do tratamento hidrotérmico na viabilidade de ovos e larvas de segundo ínstar em caquis infestados com *A. fraterculus* ("in vivo")

Todos os tratamentos foram eficientes para prevenir o pupamento e emergência de adultos de *A. fraterculus* a partir de ovos tratados com água quente (Tabela 10). Sharp (1990) estimou probit 9 a 49,5 °C para *A. suspensa* com tempos de imersão de 10, 20 e 25 minutos para ameixas, nectarinas e pêssegos, respectivamente.

Visando inviabilizar ovos de *A. suspensa* em mangas, Sharp e Spalding (1984) e Sharp (1986) relataram 100% de inviabilidade dos ovos em temperaturas de 46 °C por 65 minutos de imersão em água quente.

Nos tratamentos realizados com larvas de segundo ínstar, a única dose que não relatou pupas e adultos a partir das larvas tratadas foi a 44 °C por 90 minutos de imersão. Tratamentos com tempos de imersão mais longos (60 e 90 minutos) foram mais eficientes para evitar o desenvolvimento das larvas tratadas. Os tratamentos com temperaturas mais altas (46 e 48 °C), com tempos de imersão curtos (20 ou 30 minutos) obtiveram uma quantidade de pupas e adultos superior aos tratamentos com tempos de imersão maiores (Tabela 10).

Empregando o tratamento com água quente na desinfestação de goiabas por *A. suspensa*, Gould e Sharp (1992) relataram que, para causar 99,9968% de inviabilidade de larvas de terceiro ínstar, era preciso um tempo de imersão de 32,7 minutos a 46 °C.

Em trabalhos feitos com mangas de diversas variedades, foram relatados tempos letais para larvas de terceiro ínstar de *A. ludens* a 46 °C por 110 minutos (SHELLIE; MANGAN, 2002) e 46 °C por 75 e 100 minutos para mangas 'Ataulfo' com peso de 570 e 700g, respectivamente (HERNANDEZ et al., 2012). Com *A. serpentina* o tempo foi estipulado a 64,5 minutos em temperaturas entre 46 e 47 °C para frutos das variedades 'Haden', 'Tommy Atkins', 'Kent', 'Keitt', e 'Ataulfo' (SHARP et al., 1989b). Para *A. fraterculus* e *A. distincta* foram necessários tempos de imersão de 75,6 e 65.8 minutos, respectivamente, a 46 °C em mangas 'Haden' e 'Kent' pesando entre 450 e 700 g (SHARP; PICHO-MARTINEZ, 1990).

De acordo com os resultados, larvas de segundo ínstar de *A. fraterculus* possuem maior tolerância ao calor do que ovos, visto que não houve ocorrência de pupamento e emergência em nenhum dos tratamentos realizado com ovos.

Tabela 10. Número de pupas e adultos de *A. fraterculus* provenientes de caquis infestados com ovos e larvas de segundo ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Tratamento (temperatura/tempo)	Número de indivíduos			
	Tratamento com ovos		Tratamento com larvas de 2º ínstar	
	Pupas	Adultos	Pupas	Adultos
Controle	163	124	133	101
44 °C 60'	0	0	07	03
44 °C 90'	0	0	0	0
46 °C 20'	0	0	72	37
46 °C 30'	0	0	76	43
48 °C 20'	0	0	93	37

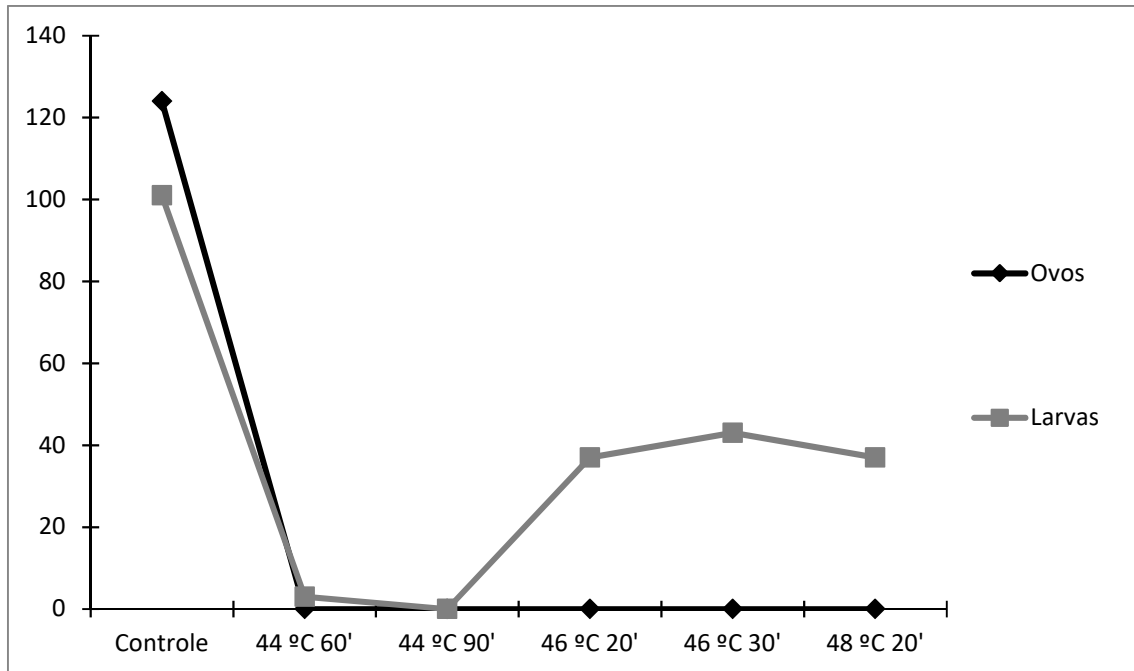


Figura 17. Número de adultos de *A. fraterculus* provenientes de caquis infestados com de ovos e larvas de segundo ínstar submetidos ao tratamento hidrotérmico.

5.3 Análise físico-químicas de caquis 'Fuyu' submetidos ao tratamento hidrotérmico

5.3.1 Firmeza da casca e da polpa

Os valores médios e a comparação de médias de firmeza dos caquis sob os diferentes tratamentos e armazenados à temperatura de $25,0 \pm 0,5$ °C por um ou sete dias são representados na Tabela 11.

Dentre as medidas feitas nos frutos nos dois tempos de armazenamento, a única que apresentou diferenças significativas entre os tratamentos realizados foi a distância de perfuração onde foi registrado a máxima força da probe, em caquis com um dia de armazenamento (Tabela 11).

A diferença dos valores de firmeza observados entre o primeiro e o sétimo dia de armazenamento após o tratamento com água quente revela que os frutos pertencentes à testemunha obtiveram variações semelhantes aos frutos dos tratamentos de imersão em água quente, revelando que a variância de valor na firmeza dos frutos está relacionada com o processo de amadurecimento do caqui. De acordo com Paull e Chen (1983), a exposição de

frutas a altas temperaturas reduz a firmeza da polpa devido à redução de enzimas hidrolíticas da parede celular.

Besada et al. (2008) avaliaram a qualidade de caquis 'Rojo Brillante' em diferentes estágios de maturação após terem sido tratados em água quente entre 45 e 50 °C. Os autores concluíram que a resposta do caqui ao tratamento está relacionada com o seu estágio de maturação. Frutos recém colhidos tiveram uma preservação da firmeza e redução do dano causado pelo frio quando submetidos ao tratamento hidrotérmico. Já caquis que estavam maduros, apresentaram danos causados pelo calor, proveniente do próprio tratamento, e não reduziram as injúrias causadas pelo frio.

Avaliando os efeitos dos tratamentos com água quente em diferentes temperaturas e tempos de imersão e atmosfera controlada na manutenção da qualidade de caqui 'Fuyu', Burmeister et al. (1997) relataram que temperaturas entre 47 e 52 °C, com tempos de exposição curtos (≤ 20 minutos) e pós armazenamento a 20 °C foram eficientes para reduzir as injúrias causadas pelo frio que pode ser ocasionados durante os períodos de transporte do fruto. De acordo com os autores, essa atenuação do dano causado pelo frio está relacionado com a firmeza do caqui.

O tratamento hidrotérmico pode ser usado para retardar a perda de firmeza dos caquis, mantendo sua qualidade comercial. De acordo com Lima et al. (2010), durante o crescimento e amadurecimento do caqui 'Fuyu', há uma grande diminuição da firmeza do fruto, particularmente durante os últimos dias do período de desenvolvimento.

Tabela 11. Valores médios de firmeza para caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico e armazenados a $25 \pm 1,0$ °C durante 1 e 7 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)							
	1		7		1		7	
	Força necessária para perfuração da casca (N)		Distância de perfuração onde foi registrada máxima força (mm)		Força necessária para penetração da polpa (N)			
Controle	9,22 a	5,02 a	1,90 c	3,29 a	2,09 a	0,96 a		
44° C 60'	7,96 a	6,27 a	2,47 ab	5,98 a	1,68 a	0,65 a		
44° C 90'	8,93 a	5,85 a	2,65 a	7,25 a	1,96 a	0,58 a		
46° C 20'	7,90 a	6,62 a	2,05 bc	5,86 a	1,87 a	0,82 a		
46° C 30'	9,03 a	6,24 a	2,21 abc	5,39 a	1,76 a	0,76 a		
48° C 20'	7,55 a	6,91 a	2,03 bc	3,30 a	1,64 a	1,06 a		
CV* (%)	11,54	21,01	8,56	31,90	32,89	67,56		
Tempo de armazenamento	Média dos tratamentos							
1 dia	8,43 a		2,22 b		1,83 a			
7 dias	6,15 b		5,18 a		0,80 b			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

5.3.2 Coloração

Não houve diferenças significativas entre os tratamentos e a testemunha na mudança de cor dos caquis submetidos ao tratamento com água quente e armazenados por um ou sete dias, separadamente. Ocorreu a perda da coloração amarela (correspondente a letra "b" da escala de medidas de cores) para todos os tratamentos, comparando-se entre o primeiro e o sétimo dia de armazenamento. No sétimo dia de armazenamento, as médias dos valores de coloração de todos os tratamentos foram menores que aqueles dos frutos analisados no primeiro dia (Tabela 12).

Salvador et al. (2006) avaliaram as diferenças de coloração de caquis 'Rojo Brillante' em diferentes tempos de colheita, em diferentes temperaturas de armazenamento, em relação ao uso de 1-methylcyclopropeno (500 ml/L) antes de armazená-los a 1 e 15 °C por 50 e 30 dias, respectivamente. Os autores concluíram que a perda de coloração em frutos não tratados foi mais acentuada quando armazenados em temperaturas mais baixas. O uso do 1-MCP retardou a descoloração dos caquis nos dois períodos de armazenamento.

Tabela 12. Valores médios de coloração para caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico e armazenados a $25 \pm 1,0$ °C durante 1 e 7 dias.

Tratamento	Tempo de armazenamento (dias)							
	1		7		1		7	
	Coloração (L)		Coloração (a)		Coloração (b)			
Controle	53,92 a	42,94 a	42,33 a	34,74 a	89,32 a	39,09 a		
44° C 60'	53,44 a	43,89 a	39,30 a	29,01 a	91,08 a	40,81 a		
44° C 90'	52,84 a	40,81 a	40,07 a	24,91 a	88,89 a	34,85 a		
46° C 20'	51,22 a	43,03 a	44,02 a	23,49 a	87,78 a	37,33 a		
46° C 30'	53,38 a	46,34 a	41,52 a	29,41 a	90,00 a	42,45 a		
48° C 20'	52,03 a	44,17 a	39,98 a	30,81 a	83,69 a	36,91 a		
CV (%)	4,25	8,73	8,26	15,24	5,94	14,15		
Tempo de armazenamento	Média dos tratamentos							
1 dia	52,80 a		41,20 a		88,46 a			
7 dias	43,53 b		28,73 b		38,57 b			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

5.3.3 Sólidos solúveis

Não houve diferenças significativas no teor de sólidos solúveis (°Brix) nas análises entre os frutos tratados após um ou sete dias de armazenamento, revelando que o uso do tratamento hidrotérmico em temperaturas de 44 °C com tempos de imersão mais longos (60 e 90 minutos) e temperaturas de 46 e 48 °C com tempos de exposição menores (20 e 30 minutos) não alteram a concentração de açúcares dos caquis (Tabela 13).

Nas análises feitas nos frutos que haviam sido armazenados após um dia de tratamento, os níveis de sólidos solúveis variaram de 14,9 a 15,9 °Brix. Nos caquis analisados sete dias após serem submetidos ao tratamento hidrotérmico, os valores variaram entre 14,2 e 15,3 °Brix (Tabela 13).

Em trabalhos realizados com o uso do tratamento de ar quente em temperaturas semelhantes as que foram empregadas nesse trabalho, Woolf et al. (1997) concluíram que a utilização de calor não afetou os níveis de sólidos solúveis de caquis 'Fuyu', que se mantiveram na faixa de 14-15 %.

Lay-Yee et al. (1997) utilizaram o uso do tratamento hidrotérmico para desinfestação e manutenção da qualidade de caquis da variedade 'Fuyu' e relataram que tratamentos com temperaturas de 47 °C com tempos de imersão de 90 e 120 minutos e temperaturas 50 °C com tempos de exposição de 30 e 45 minutos não alteraram o teor de sólidos solúveis dos frutos.

5.3.4 Acidez titulável (AT)

Os caquis tratados em água quente não diferiram entre si quanto à concentração de acidez titulável após um ou sete dias de armazenamento. Apesar das médias obtidas após o sétimo dia de armazenamento terem sido inferiores às do primeiro dia, não foi estatisticamente diferentes. Woolf et al. (1997) também relataram que o uso do tratamento com calor não gerou diferenças significativas no teor de acidez titulável dos caquis da variedade 'Fuyu'. O decréscimo do nível de ATT visto nos frutos analisados após sete dias de armazenamento a $25,0 \pm 1,0$ °C está relacionado com o desenvolvimento intrínseco do caqui (Tabela 13).

Usando a técnica de aquecimento com radiofrequência, a qual consiste em expor os frutos a ondas eletromagnéticas que atingem o seu interior, causando fricção molecular, e conseqüentemente, aumentando a temperatura interna de forma mais rápida, Monzon et al. (2007) avaliaram a sua empregabilidade na manutenção da qualidade de caquis 'Fuyu'. Os autores concluíram que o uso do tratamento com temperaturas de 48, 50 e 52 °C com tempos de exposição de 0,5 a 18 minutos não alteraram o teor de acidez titulável dos frutos.

5.3.4 pH

As variações médias de pH obtidas para os caquis submetidos a tratamento hidrotérmico e armazenados por um ou sete dias a $25,0 \pm 1,0$ °C estão representadas na Tabela 13. Os frutos analisados que ficaram armazenados por 24 horas após terem sido submetidos ao tratamento hidrotérmico obtiveram uma redução menor de pH, evidenciando que essas alterações possam ter ocorrido devido ao fato dos caquis não terem sido colhidos exatamente no mesmo estágio de maturação (Tabela 13).

Após sete dias de armazenamento, foi possível observar que a taxa de pH diminui conforme a temperatura empregada era aumentada. Portanto, caquis tratados com temperaturas de 46 e 48 °C apresentaram pH menor em relação aos frutos tratados com temperaturas de 44 °C e a testemunha (Tabela 13).

Ozer et al. (2013) avaliaram a qualidade de caquis da variedade 'Hachiya' após serem tratados com imersão em água quente a 48 °C por 10 minutos em diferentes tempos de armazenamento. Os autores relataram que caquis que foram analisados logo após terem sido tratados, não apresentaram diferenças significativas nos valores de pH. Eles observaram que a taxa de pH mudava de acordo com o tempo em que o fruto ficava armazenado.

Tabela 13. Valores médios de acidez, pH e sólidos solúveis para caquis submetidos ao tratamento hidrotérmico e armazenados a $25 \pm 1,0$ °C durante 1 e 7 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)							
	1		7		1		7	
	Acidez (%)		pH		Sólidos solúveis (°Brix)			
25° C 0'	44,11 a	37,50 a	5,94 b	6,30 a	15,7 a	15,3 a		
44° C 60'	42,08 a	38,81 a	6,24 ab	6,19 a	15,2 a	14,3 a		
44° C 90'	37,60 a	39,94 a	6,34 a	6,04 ab	14,9 a	14,5 a		
46° C 20'	48,64 a	38,81 a	6,23 ab	5,88 b	15,5 a	14,3 a		
46° C 30'	50,00 a	39,48 a	6,32 a	5,91 b	15,9 a	14,3 a		
48° C 20'	43,34 a	49,91 a	6,29 a	5,88 b	15,1 a	14,2 a		
CV (%)	22,88	13,80	1,83	1,61	6,84	4,59		
Tempo de armazenamento	Média dos tratamentos							
1 dia	44,29 a		6,23 a		15,4 a			
7 dias	40,74 a		6,03 b		14,5 a			

Médias seguidas pela mesma letra minúscula das colunas não diferem entre si, a 1% de probabilidade, pelo teste de Tukey.

6. CONCLUSÕES

- O aumento do tempo de imersão em água quente diminuiu o pupamento de *C. capitata* a partir de ovos e larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* tratadas "in vitro". Tratamento de ovos a 46 °C por 30 minutos, 48 °C por 20 minutos e 50 °C por 7 minutos e tratamentos de larvas a 46 °C por 30 minutos, 48° C por 15 minutos e 50 °C por 7 minutos impediram a emergência total de adultos.
- A combinação entre temperatura e tempo de exposição acarretou em redução significativa do pupamento de *A. fraterculus* "in vitro", a partir de ovos e larvas tratadas em água quente
- Larvas de terceiro ínstar de *A. fraterculus* são mais termotolerantes do que os ovos, submetidos ao tratamento hidrotérmico "in vitro".
- O tempo de exposição dos tratamentos influencia significativamente na taxa de emergência de adultos de *A. fraterculus* e *C. capitata*.
- Caquis 'Fuyu' infestados com ovos ou larvas de terceiro ínstar de *C. capitata* e submetidos ao tratamento hidrotérmico nas temperaturas de 44° por 60 minutos e 48 °C por 20 minutos não permitem o pupamento da mosca-do-mediterrâneo.
- Caquis infestados com larvas de segundo ínstar de *A. fraterculus* e submetidos ao tratamento hidrotérmico a 44 °C por 90 minutos de imersão não permitem o pupamento da mosca-das-frutas-sul-americana.
- Nas condições em que os experimentos foram realizados, com exceção do pH, as análises de firmeza, coloração, acidez e sólidos solúveis não tiveram seus índices alterados pelo tratamento hidrotérmico.

7. REFERÊNCIAS

- AGUAYO, E.; ESCALONA, V.H; ARTÉS, F. Effect of hot water treatment and various calcium salts on quality of fresh-cut 'Amarillo' melon. **Postharvest Biology and Technology**, Spain, v. 47, p. 397-406, 2008.
- ALBERGARIA, N.M.M.S. et al. Tratamento hidrotérmico de frutos de laranjeira (*Citrus sinensis*) var. 'Valência', visando ao controle de ovos e larvas de *Ceratitidis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae). **Científica**, Jaboticabal, v.35, n.2, p.146-154, 2007.
- APHIS. Animal and Plant Health Inspection Service. **Treatment manual**. 2010. Acesso realizado em: 5 de junho de 2017. Disponível em: https://www.aphis.usda.gov/import_export/plants/manuals/ports/downloads/treatment.pdf
- ARMSTRONG, J.W. Development of a hot-water immersion quarantine treatment for Hawaiian-Grown 'Brazilian' bananas. **Journal of Economic Entomology**., Hilo, v.75, n.5, p.787-790, 1982.
- ARMSTRONG, J.W. Fruit fly desinfestation strategies beyond methyl bromide. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, Hilo, v. 20, n.2, p.181-193, 1992.
- ARMSTRONG, J.W.; FOLLETT, P.A. Hot water immersion quarantine treatment against Mediterranean fruit fly and oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) eggs and larvae in litchi and longan fruits exported from Hawaii. **Journal of Economic Entomology**., Hilo, v.100, n.03, p.1091-1097, 2007.
- ARMSTRONG, J.W.; MANGAN, R.L. Commercial Quarantine Heat Treatments. In: TANG, J et al., (Eds.). **Heat Treatments for Postharvest Pest Control**. CABI: Wallingford, United Kingdom, p. 311-340, 2007.
- ARMSTRONG, J.W.; TANG, J.; WANG, S. Thermal death kinetics of Mediterranean, Malaysian, Melon, and Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) eggs and third instars. **Journal of Economic Entomology**., Riverside, v.102, n.2, p.522-532, 2009.
- BAENA, L. O acordo da OMC sobre aplicação das medidas sanitárias e fitossanitárias. **Revista de Informação Legislativa**. Brasília, v.42, n.165, 2005.
- BAKER, A. C. The basis for treatment of products where fruit flies are involved as a condition for entry into the United States. Florida, USDA. Washington: Department of Agriculture, 1939. 8p. (**Circular 551**).
- BATCHELOR, T. A. Development of non-chemical desinfestation procedures in New Zealand using non-empirical, multi-disciplinary research. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, New Zealand, v.20, n.2, p.195-201, 1992.
- BESADA, C.; SALVADOR, A.; ARNAL, L.; MARTÍNEZ-JÁVEGA, J.M. Hot water treatment for chilling injury reduction of astringent 'Rojo Brillante' persimmon at different maturity stages. **HortScience**. Valencia, v.43, n.7, p.2120-2123, 2008.
- BROUGHTON, S.; de LIMA, C.P.F. Field evaluation of female attractants of monitoring *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) under a range of climatic conditions and population levels in western Austrália. **Journal of Economic Entomology**. Austrália, v.95, n.2, p.507-512, 2002.

- BURMEISTER, D. M. et al. Interaction of hot water treatments and controlled atmosphere storage on quality of 'Fuyu' persimmons. **Postharvest Biology and Technology**, Auckland, v.12, n.1, p.71-81, 1997.
- CAMARGO-FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; ALVES, H. S. MERCADO DE CAQUI: variedades, estacionalidade e preços. **Informações econômicas**, São Paulo, v.33, n.10, p.81-87, 2003.
- CINTRA, R.F; VITTI, A.; BOTEON, M. **Análise dos impactos da certificação das frutas brasileiras para o mercado externo**. In: XLI CONGRESSO DA SOBER, 2003, Juiz de Fora. Congresso. Juiz de Fora: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. 8p.
- CORCORAN, R.J. Heat-mortality relationships for eggs of *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera: Tephritidae) at varying ages. **Journal of the Australian Entomological Society**, Indooroopilly, v.32, n.4, p.307-310, 1993.
- DORIA, H.O.S.; BORTOLI, S.A.; ALBERGARIA, N.M.M.S. Influência de tratamentos térmicos na eliminação de *Ceratitidis capitata* em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.). **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.26, n.1, p.107-111, 2004.
- DUARTE, A. L.; MALAVASI, A. Tratamentos Quarentenários. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora. p. 187-192, 2000.
- DUCAMP COLLIN, M. N.; ARNAUD, C.; KAGY, V.; DIDIER, C. Review: Fruit flies: disinfestation, techniques used, possible application to mango. **Fruits**, Montpellier, v 62, n.4, p. 223-236, 2007.
- FACHINELLO, J.C. et al. Situação e perspectivas da fruticultura de clima temperado no Brasil. **Revista Brasileira de Fruticultura**. Jaboticabal, Volume especial, p.109-120, 2011.
- FALLIK, E. et al. A unique rapid hot water treatment to improve storage quality of sweet pepper. **Postharvest Biology and Technology**, Israel, v.15, p.25-32, 1999.
- FAO. Food and Agricultural Organization. **Phytosanitary treatments for regulated pests**. ISPM 28. Food and Agricultural Organization, Rome, Italy, 2009.
- FAO. **Faostat**: statistics database. Brasil, 2014. Disponível em: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>. Acesso em: 26 de junho de 2017.
- FOLLETT, P. A.; NEVEN, L. G. Current trends in quarantine entomology. **Annual Review of Entomology**. Palo Alto, v.51, p.359-385, 2006.
- GAZIT, Y. et al. Thermal death kinetics of egg and third instar Mediterranean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., [sine loco], v.97, n.5, p.1540-1546, 2004.
- GOULD, W.P.; SHARP, J.L. Hot-water immersion quarantine treatment for guavas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Miami, v.85, n.4, p.1235-1239, 1992.
- HALLMAN, G.J. Cold storage and hot-water immersion as quarantine treatments for canistel infested with caribbean fruit fly. **HortScience**, Estados Unidos, v.30, n.3, p. 570-572, 1995.
- HALLMAN, G.J. Mortality of third instar Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in diet or grapefruits and immersed in heated water or grapefruit juice. **Florida Entomologist**. Weslaco, v.79, n.2, p.168-172, 1996.

- HALLMAN, G.J.; WANG, S.; TANG, J. Reaction orders for thermal mortality of third instars of Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., [sine loco], v.98, n.6, p.1905-1910, 2005.
- HALLMAN, G.J. et al. Comparison of in vitro heat and cold tolerances of the new invasive species *Bactrocera invadens* (Diptera: Tephritidae) with three known tephritids. **Journal of Economic Entomology**, Estados Unidos, v.104, n.1, p. 21-25, 2011.
- HANSEN, J.D et al. Thermal death of oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) third instars in developing quarantine treatments for papaya. **Journal of Economic Entomology**, Miami, v.83, n.1, p.160-167, 1990.
- HANSEN, J.D.; SHARP, J.L. Thermal death in third instars of the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae): temperature-time relationships. **Journal of Economic Entomology**, Miami, v.87, n.3, p.736-740, 1994.
- HANSEN, J.D. et al. History and use of heat in pest control: a review. **International Journal of Pest Management**. Wapato, v.57, n.4, p.267-289, 2011.
- HEARD, T.A; HEATHER, N.W.; CORCORAN, R.J. Dose-mortality relationships for eggs and larvae of *Bactrocera tryoni* (Diptera: Tephritidae) immersed in hot water. **Journal of Economic Entomology**., Indooroopilly, v.84, n.6, p.1768-1770, 1991.
- HEATHER, N.W.; HALLMAN, G.J. **Pest Management and Phytosanitary Trade Barriers**. CABI, Wallingford, United Kindgom, 2008.
- HERNÁNDEZ, E.; RIVERA, P.; BRAVO, B.; TOLEDO, J.; CAROCORRALES, J.; MONTOYA, P. Hot-water phytosanitary treatment against *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in 'Ataulfo' mangoes. **Journal of Economic Entomology**., [sine loco], v.105, n.6, p.1940-1953, 2012.
- IBGE. Instituto brasileiro de geografia e estatística. **Produção Agrícola**. 2013. Acesso realizado em 10 de agosto de 2016. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>.
- IBGE. **Produção agrícola municipal**. São Paulo, 2010. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/economia/pam/2010/>. Acesso em: 26 de junho de 2017.
- JANG, E.B. Kinetics of thermal death in eggs and first instars of three species of fruit flies (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Hilo, v.79, n.03, p.700-705, 1986.
- JANG, E.B. Thermal death kinetics and heat tolerance in early and late third instars of the Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Hilo, v. 84, n.04, p.1298-1303, 1991.
- JANG, E.B. et al. Thermal death kinetics in eggs and larvae of *Bactrocera latifrons* (Diptera: Tephritidae) and comparative thermotolerance to three other tephritid fruit fly species in Hawaii. **Journal of Economic Entomology**. Hilo, v.92, n.03, p.684-690, 1999.
- LAY-YEE, M. et al. Hot-water treatment for insect disinfestation and reduction of chilling injury of 'Fuyu' persimmon. **Postharvest Biology and Technology**, New Zealand, v.10, n.1, p.81-87, 1997.
- LEE, Y.J. et al. Insect disinfestation and quality change of 'Fuyu' persimmon fruit influenced by hot-water treatment methods and MAP storage. **Korean Society of Horticultural Science**, v.28, n.2, p.234-241, 2010.

- LIMA, L.C.O. et al. Changes in cell wall composition during development of persimmon fruit. **Acta horticulturae**. Lavras, v.864, n.46, 2010.
- LOPES, E. B. et al. Tratamento hidrotérmico no controle de larvas de *Ceratitidis capitata* em frutos de tangerina. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.2, n.2, p.23-28, 2008.
- MACRAE, E.A. Development of chilling injury in New Zealand grown 'Fuyu' persimmon during storage. **New Zealand Journal of Experimental Agriculture**, New Zealand, v.15, n.3, p.333-344, 1987.
- MALAKOU, A.; NANOS, G.D. A combination of hot water treatment and modified atmosphere packaging maintains quality of advance maturity 'Caldesi 2000' nectarines and 'Royal Glory' peaches. **Postharvest Biology and Technology**, Grécia, v.38, p.106-114, 2005.
- MALAVASI, A.; MORGANTE, J.S.; ZUCCHI, R.A. Biologia de "Moscas-das-frutas" (Diptera: Tephritidae). I: Lista de Hospedeiros e Ocorrência. **Revista Brasileira de Biologia**, Brasil, v.40, n.1, p.9-16, 1980.
- MALAVASI, A. Áreas-livres ou de Baixa Prevalência. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.175-181, 2000.
- MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A.; SUGAYAMA, R.L. Biogeografia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.93-98, 2000.
- MCDONALD, P.T.; MCINNIS, D.O. *Ceratitidis capitata*: Effect of host fruit size on the number of eggs per clutch. **Entomologia Experimentalis et Applicata**. Honolulu, v.37, p.207-211, 1985.
- MENDONÇA, M. da C. et al. A. Efeito do tratamento hidrotérmico de mangas na mortalidade de larvas de *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). **Anais da Sociedade Entomológica Brasileira**. vol.29, n.1, p. 139-14, 2000.
- MONZON, et al. Effect of radiofrequency heating on the quality of 'Fuyu' persimmon fruit as a treatment for control of the Mexican fruit fly. **HortScience**. Davis, v.42, n.1, p.125-129, 2007.
- NASCIMENTO, A.S. et al. Hot-water immersion treatment for mangoes infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua* and *Ceratitidis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Brazil. **Journal of Economic Entomology**, Riverside, v.85, n.2, p.456-460, 1992.
- OZER, M.H. et al. Postharvest quality of 'Hachiya' astringent persimmons (*Diospyros kaki* L.) as affected by hot water treatment and modified atmosphere packaging. **Ital. Journal of Food Science**. Bursa, v.25, p. 57-62, 2013.
- PAULL, R.E; CHEN, N.J. Postharvest variation in cell wall degrading enzymes of papaya (*Carica papaya* L.) during fruit ripening. **Plant Physiology**. Rock Vlle, v.72, p.382-385, 1983.
- RAGA, A. et al. Sensibilidade de ovos de *Ceratitidis capitata* (WIED., 1824) irradiados em dieta artificial e em frutos de manga (*Mangifera indica* L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n.1, 1996.
- RAGA, A. Incidência, monitoramento e controle de moscas-das-frutas na citricultura paulista. **Laranja**, Cordeirópolis, v.26, n.2, p.307-322, 2005.
- RAGA, A. Pragas: Pousos Nocivos. **Revista Cultivar**, Hortaliças e Frutas. Pelotas, n.63, p.12-14, 2010.

- RAGA, A.; SOUZA-FILHO, M.F. Manejo e monitoramento de moscas-das-frutas. In: III Reunião itinerante de fitossanidade do Instituto Biológico. Mogi das Cruzes, 2010. p.43-49.
- RAGA, A. et al. Host ranges and infestation indices of fruit flies (Tephritidae) and lance flies (Lonchaeidae) in São Paulo State, Brazil. **Florida Entomologist**, Florida, v.94, n.4, p.787-794, 2011.
- RICALEDE, M.P. et al. Temperature-dependent development and survival of Brazilian populations of the Mediterranean fruit fly, *Ceratitits capitata*, from tropical, subtropical and temperate regions. **Journal of Insect Science**. Pelotas, v.12, n.33, 11p, 2012.
- ROCHA, P.; BENATO, E. A. SISTEMA PRODUTIVO E PÓS-COLHEITA DO CAQUI RAMA FORTE E FUYU. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.4, p.58-64, abr., 2006.
- SALLES, L.A. Biologia e ciclo de vida de *Anastrepha fraterculus*. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.81-86, 2000.
- SALVADOR, A. et al. Influence of different factors of firmness and color evolution during the storage of persimmon cv. 'Rojo Brillante'. **Journal of Food Science**. Chicago, v.71, n.2, p.169-175, 2006.
- SARGENT, S.A.; CROCKER, T.E.; ZOELLNER, J. Storage characteristics 'Fuyu' persimmons. **Proceedings of the Florida State Society for Horticultural Science**, v.106, p.131-134, 1993.
- SELA, S. et al. Mediterranean fruit fly as a potential vector of bacterial pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**, Israel, v.71, n.7, p.4052-4056, 2005.
- SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p.87-91, 2000.
- SILVA, F. de A. S.; AZEVEDO, C. A. V. de. The Assisat Software Version 7.7 and its use in the analysis of experimental data. **Afr. J. Agric. Res**, v.11, n.39, p.3733-3740, 2016.
- SHARP, J.L.; SPALDING, D.H. Hot water as a quarantine treatment for Florida mangos infested with Caribbean fruit fly. **Proc. Fla. State Hort. Soc.** Miami, v. 97, p.355-357, 1984.
- SHARP, J.L. Hot-water treatment for control of *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) in mangos. **Journal of Economic Entomology**., Miami, v.79, n.3, p.706-708, 1986.
- SHARP, J.L.; CHEW, V. Time/Mortality relationships for *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) eggs and larvae submerged in hot water. **Journal of Economic Entomology**. Miami, v.80, n.3, p.646-649, 1987.
- SHARP, J.L. et al. Submersion of 'Francis' mango in hot water as a quarantine treatment for the West Indian fruit fly and the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Miami, v.81, n.5, p.1431-1436, 1988.
- SHARP, J.L. et al. Hot-water quarantine treatment for mangoes for the State of Chiapas, México, infested with Mediterranean fruit fly and *Anastrepha serpentina* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Miami, v.82, n.6, p.1663-1666. 1989a.
- SHARP, J.L. et al. Hot-water quarantine treatment for mangoes from México infested with Mexican fruit fly and West Indian fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Miami, v.82, n.6, p.1657-1662, 1989b.

SHARP, J.L. Immersion in heated water as a quarantine treatment for california stone fruits infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**. Miami, v.82, n.6, p.1468-1470, 1990.

SHARP, J.L.; PICHO-MARTINEZ, H. Hot-water quarantine treatment to control fruit flies in mangoes imported into the United States pro Peru. **Journal of Economic Entomology**., Miami, v.83, n.5, p.1940-1943, 1990.

SHELLIE, K.C.; MANGAN, R.L. Hot water immersion as a quarantine treatment for large mangoes: artificial versus cage infestation. **J. Amer. Soc. Hort. Sci.** Weslaco, v.127, n.3, p.430-434, 2002.

SOUZA-FILHO, M. F. **Biodiversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus Parasitóides (Hymenoptera) em Plantas Hospedeiras no Estado de São Paulo**. 1999. 173f. Dissertação (Mestrado em Entomologia) - Programa de Pós-Graduação em Entomologia, Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1999.

THOMAS, D.B.; MANGAN, R.L. Modeling thermal death in the Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**., Weslaco, v.90, n.2, p.527-534, 1997.

USDA. 2005. United States Department of Agriculture. **The commercial storage of fruits, vegetables, and florist and nursery stocks**. Disponível em: <https://www.ars.usda.gov/ARUserFiles/oc/np/CommercialStorage/CommercialStorage.pdf>. Acesso em: 20 jun 2017

VIEIRA, S. M. A. **Avaliação dos Efeitos da Água Quente e Radiação Ultravioleta-C como Tratamentos Quarentenários para *Ceratitis capitata* (Wied) (Diptera: Tephritidae) na Qualidade de Goiabas 'Kumagai' após a colheita**. 2011. 105f. Tese (Doutorado em Concentração Tecnológica Pós-Colheita) - Programa de Pós-Graduação em Concentração Tecnológica Pós-Colheita, Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2011.

WADDELL, B.C.; CLARE, G.K.; MAINDONALD, J.H. Comparative mortality responses of two Cook Island fruit fly (Diptera: Tephritidae) species to hot water immersion. **Journal of Economic Entomology**, [Rarotonga], v.90, n.5, p.1351-1356, 1997.

WALDER, J.M.M. et al. Criação e liberação do parasitoide *Diachasmimorpha longicaudata* (Ashmed) (Hymenoptera: Braconidae) para controle de moscas-das-frutas no estado de São Paulo. **Laranja**. São Paulo, v.16, p.149-153, 1995.

WOOLF, A.B. et al. Reduction of chilling injury in the sweet persimmon 'Fuyu' during storage by dry air heat treatments. **Postharvest Biology and Technology**. Auckland, v.11, p.155-164, 1997.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A (eds.). **Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado**. Ribeirão Preto: Holos Editora, p. 13-24, 2000.

ZUCCHI, R.A. 2008. **Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species their host plants and parasitoids**. Available in: www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/, updated on October 03, 2014. Acesso em: 09 set 2016.

ZUCCHI, R.A. 2012. **Fruit flies in Brazil - Hosts and parasitoids of the Mediterranean fruit fly**. Available in: www.lea.esalq.usp.br/ceratitits/, updated on August 11, 2014. Acesso em: 09 set 2016.

ZUCCHI, R.A. Mosca-do-mediterrâneo *Ceratitis capitata* (Wiedemann). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A (eds.). **Pragas introduzidas no Brasil**. Piracicaba: FEALQ, p.153-172, 2015.