

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ÁGUA QUENTE E RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA-C COMO TRATAMENTOS
QUARENTENÁRIOS PARA *CERATITIS CAPITATA*
WIEDEMANN (DIPTERA: TEPHRITIDAE) NA QUALIDADE DE
GOIABAS 'KUMAGAI' APÓS A COLHEITA**

STELLA MARIA JANUÁRIA VIEIRA

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2011

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS
FACULDADE DE ENGENHARIA AGRÍCOLA

**AVALIAÇÃO DOS EFEITOS DA ÁGUA QUENTE E RADIAÇÃO
ULTRAVIOLETA-C COMO TRATAMENTOS
QUARENTENÁRIOS PARA *CERATITIS CAPITATA*
WIEDEMANN (DIPTERA: TEPHRITIDAE) NA QUALIDADE DE
GOIABAS 'KUMAGAI' APÓS A COLHEITA**

Tese de doutorado submetida à banca
examinadora para obtenção do título de Doutor
em Engenharia Agrícola, na área de
Concentração Tecnologia Pós-Colheita.

STELLA MARIA JANUÁRIA VIEIRA

Orientador: PROF. DR. BENEDITO CARLOS BENEDETTI

Co-orientador: DR. ADALTON RAGA

Co-orientadora: DRA. PERLA GÓMEZ DI MARCO

CAMPINAS
FEVEREIRO DE 2011

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA
BIBLIOTECA DA ÁREA DE ENGENHARIA E ARQUITETURA - BAE - UNICAMP

V673a Vieira, Stella Maria Januária
Avaliação dos efeitos da água quente e radiação
Ultravioleta-C como tratamentos quarentenários para
Ceratitis capitata Wiedemann (Diptera:Tephritidae) na
qualidade de goiabas 'kumagai' após a colheita / Stella
Maria Januária Vieira. --Campinas, SP: [s.n.], 2011.

Orientadores: Benedito Carlos Benedetti, Adalton
Raga, Perla Gómez Di Marco.

Tese de Doutorado - Universidade Estadual de
Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola.

1. Quarentena. 2. Pragas - Controle. 3. Mosca-do-
mediterrâneo. 4. Insetos. I. Benedetti, Benedito Carlos.
II. Raga, Adalton. III. Di Marco, Perla Gómez. IV.
Universidade Estadual de Campinas. Faculdade de
Engenharia Agrícola. V. Título.

Título em Inglês: Evaluation of the effect of the hot water and ultraviolet-C
radiation as quarantine treatments for Ceratitis capitata
Wiedemann (Diptera:Tephritidae) in the quality of guava
'Kumagai' after the harvest

Palavras-chave em Inglês: Quarantine, Pest control, Mediterranean fly, Insects

Área de concentração: Tecnologia Pós-Colheita

Titulação: Doutor em Engenharia Agrícola

Banca examinadora: Miguel Francisco de Souza Filho, Eliane Aparecida Benato
Rodrigues da Silva, Cláudio Luiz Messias, Sylvio Luís
Honório

Data da defesa: 22/02/2011

Programa de Pós Graduação: Engenharia Agrícola

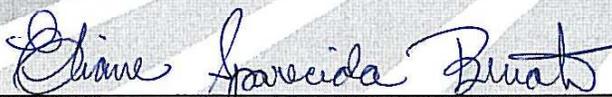
Este exemplar corresponde à redação final da **Tese de Doutorado** defendida por **Stella Maria Januária Vieira**, aprovada pela Comissão Julgadora em 22 de fevereiro de 2011, na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas.



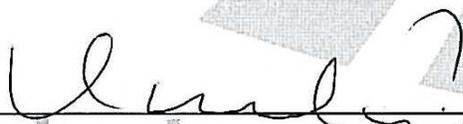
Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti – Presidente e Orientador
Feagri/Unicamp



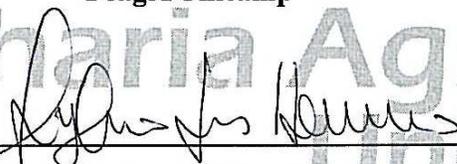
Dr. Miguel Francisco de Souza Filho - Membro Titular
Instituto Biológico



Dr. Eliane Aparecida Benato Rodrigues da Silva - Membro Titular
ITAL



Prof. Dr. Cláudio Luiz Messias - Membro Titular
Feagri/Unicamp



Prof. Dr. Sylvio Luís Honório - Membro Titular
Feagri/Unicamp

“A força não provém da capacidade física e sim de uma vontade indomável”.

MAHATMA GANDHI

DEDICATÓRIA

A Michella Silva Fernandes e Luiz Vieira Fernandes,
pela confiança, amor e apoio a que tudo faço.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela presença constante em minha vida, auxílio nas minhas escolhas e o conforto nas horas difíceis.

Aos meus familiares, Danica, Fábio, Luana tios, tias e primos, pela compreensão nos momentos de ausência, pelo porto seguro aos meus sentimentos mais intensos.

Ao Rodrigo Fernandes Cruz Humberto, e a todos os seus familiares, pela acolhida carinhosa, incentivo incondicional e inspiração, trazendo calma nos momentos de desespero.

Ao meu orientador Prof. Dr. Benedito Carlos Benedetti, pelos ensinamentos valorosos durante todo curso, também pela amizade e apoio.

Aos meus co-orientadores Dr. Adalton Raga e Dra. Perla Gómez Di Marco, pela enorme contribuição e ensinamentos necessários para o desenvolvimento desse trabalho.

Ao Prof. Dr. Antonio Carlos de Oliveira Ferraz, por me receber na Feeagri, pelo apoio e ensinamentos durante o PED.

A Faculdade de Engenharia Agrícola da UNICAMP, pela oportunidade e acolhida.

Ao Luiz Kumagai, pelas conversas produtivas e fornecimento das goiabas utilizadas nesse trabalho.

A Rosa Helena Aguiar, pela amizade e dedicação, por dividir momentos tão intensos de vida comigo.

A Rosália e Francisco, técnicos do laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita e Leandro Moraes, técnico do laboratório de Propriedades Físicas dos Materiais Biológicos, pelo auxílio na realização dos experimentos.

Aos amigos Ana Paula (bichete), Rívia, Mara, Vânia, Franciane, Ana Beatriz, Rojane, Adriano e Poliana, pela ajuda nos experimentos e pelos momentos descontraídos que tivemos juntos.

Ao Professor Dr. Rafael Augustos de Oliveira, pela enorme contribuição científica durante todo período do curso de Doutorado e também por rir das minhas piadas pouco engraçadas.

Aos professores e amigos da Universidad Politécnica de Cartagena, por me receberem tão prontamente em um país tão maravilhoso.

Agradeço aos professores da minha banca por suas valiosas sugestões.

Agradeço muitíssimo a Professora Dra. Lucila Helena Deliesposte Cescato, pelos ensinamentos sobre radiação UV-C e empréstimo do radiômetro, agradeço também ao Jackson, Luiz Fernando, Lao e Carmem, pós doutorandos e funcionários do Laboratório de Óptica do Instituto de Física da UNICAMP, sempre solícitos em todos os momentos.

Ao Isaías Cabrini, pela auxílio nas análises de Probit.

Enfim, a todos que de alguma maneira contribuíram pela execução desse trabalho, seja pela ajuda constante ou por uma palavra de amizade.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS	vii
LISTA DE TABELAS	xv
RESUMO	xviii
ABSTRACT	xx
1 INTRODUÇÃO	1
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	3
2.1 Aspectos sobre a cultura da goiabeira.....	3
2.2 Goiaba ‘Kumagai’.....	4
2.3 Qualidade dos frutos.....	5
2.4 Moscas-das-frutas.....	8
2.5 Barreiras técnicas e fitossanitárias para exportação de frutas.....	10
2.6 Tratamentos quarentenários.....	12
2.6.1 Tratamento a frio.....	12
2.6.2 Tratamento hidrotérmico com água quente.....	13
2.6.3 Radiação Ionizante.....	15
2.6.4 Radiação ultravioleta.....	17
2.6.5 Tratamentos combinados.....	19
3.0 CAPÍTULO I - AJUSTE DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA O TRATAMENTO HIDROTÉRMICO COM ÁGUA QUENTE E CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO DE RADIAÇÃO UV-C	21
3.1 INTRODUÇÃO	21
3.2 MATERIAL E MÉTODOS	21
3.2.1 Monitoramento da temperatura da água no banho-maria.....	21

3.2.3 Avaliação da temperatura no interior de goiabas ‘Kumagai’	22
3.2.4 Equipamento de radiação ultravioleta.....	24
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	26
3.3.1 Avaliação da temperatura da água no banho-maria.....	26
3.3.2 Avaliação da temperatura no interior de goiabas ‘Kumagai’	27
3.4 Equipamento de radiação ultravioleta.....	30
3.4.1 Espectro luminoso da lâmpada.....	30
3.4.2 Intensidade das lâmpadas na prateleira central.....	31
3.5 CONCLUSÕES.....	32
3.5.1 Tratamento hidrotérmico com água quente.....	32
3.5.2 Tratamento com radiação UV-C.....	32
4 CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA MORTALIDADE DE OVOS DE <i>Ceratit</i>	
<i>capitata</i> (WIEDERMANN, 1824) (DIPTERA: TEPHRITIDAE)) SUBMETIDOS	
AOS TRATAMENTOS HIDROTÉRMICO COM ÁGUA QUENTE E DE	
RADIAÇÃO UV-C.....	33
4.1 INTRODUÇÃO.....	33
4.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	33
4.2.1 Avaliação da mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico com água quente (“ <i>in vitro</i> ”).....	33
4.2.2 Avaliação da mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos à radiação UV-C (“ <i>in vitro</i> ”)	34
4.3 Avaliação dos efeitos dos tratamentos de água quente, de radiação UV-C e desses tratamentos combinados na mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> em goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório (“ <i>in vivo</i> ”).....	36
4.3.1 Tratamento hidrotérmico com água quente.....	36
4.3.2 Radiação UV-C.....	37

4.3.3 Combinação dos tratamentos hidrotérmico e de radiação UV-C.....	37
4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4.4.1 Avaliação da mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento com água quente (“ <i>in vitro</i> ”).....	39
4.4.2 Avaliação da mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos à radiação UV-C (“ <i>in vitro</i> ”).....	41
4.5 Avaliação dos efeitos dos tratamentos com água quente, de radiação UV-C e desses dois tratamentos combinados na mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> em goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório (“ <i>in vivo</i> ”).....	46
4.5.1 Tratamento com água quente	46
4.5.2 Radiação UV-C.....	49
4.5.3 Combinação dos tratamentos hidrotérmico com água quente e de radiação UV-C.....	52
4.6 CONCLUSÕES.....	55
4.6.1 Avaliação da mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos aos tratamentos com água quente e de radiação UV-C (“ <i>in vitro</i> ”).....	55
4.6.2 Avaliação dos efeitos dos tratamentos com água quente, de radiação UV-C e desses dois tratamentos combinados na mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> infestados em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ (“ <i>in vivo</i> ”).....	56
4.6.2.1 Tratamento com água quente.....	56
4.6.2.2 Radiação UV-C.....	57
4.6.2.2 Combinação dos tratamentos hidrotérmico com água quente e de radiação UV-C.....	57
5. CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE GOIABAS ‘KUMAGAI’ SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS HIDROTÉRMICO COM ÁGUA QUENTE, DE RADIAÇÃO UV-C E AMBOS COMBINADOS	58
5.1 INTRODUÇÃO.....	58

5.2 MATERIAL E MÉTODOS	59
5.2.1 Caracterização da matéria-prima.....	59
5.2.2 Tratamentos aplicados.....	59
5.3 Análises físicas e químicas.....	61
5.3.1 Perda de massa.....	61
5.3.2 Cor.....	61
5.3.3 Firmeza da polpa.....	62
5.3.4 Taxa respiratória.....	62
5.3.5 Ácido ascórbico.....	62
5.3.6 Acidez titulável e pH.....	63
5.3.7 Sólidos solúveis.....	64
5.3.8 Delineamento experimental.....	64
5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.4.1 Caracterização da matéria-prima.....	64
5.4.2 Perda de massa.....	65
5.4.3 Cor.....	67
5.4.4 Firmeza da polpa.....	70
5.4.5 Taxa respiratória.....	72
5.4.6 Ácido ascórbico.....	76
5.4.7 Acidez titulável.....	79
5.4.8 pH.....	81
5.4.9 Sólidos solúveis.....	84
5.5 CONCLUSÕES	87
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88

LISTA DE FIGURAS

Figura 01. A) Posições dos termopares em duas profundidades em goiabas submetidas ao tratamento hidrotérmico. B) Goiabas com termopares imersos em becker com água fria a 10 °C.....	24
Figura 02. A) Equipamento de radiação UV-C localizado em Laboratório de Pós-Colheita (FEAGRI/UNICAMP). B) Posicionamento das goiabas na prateleira central durante aplicação de radiação UV-C.....	25
Figura 03. Variação observada das temperaturas da água de 42,0; 43,0; 44,0; 45,0; 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 e 50,0 °C, obtidas em banho-maria após 60 minutos de funcionamento com agitação constante.....	27
Figura 04. Espectro luminoso da lâmpada utilizada no equipamento de radiação UV-C, marca Philips, com potência de 30 W e comprimento de onda de 254 nm.....	31
Figura 05. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento com água quente. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos.....	39
Figura 06. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento com água quente a $46,0 \pm 0,5$ °C em tempos de imersões de 0, 2, 5, 10, 15 e 20 minutos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	41
Figura 07. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos a dosagens crescentes de radiação UV-C e ao armazenamento em presença de 12 horas de luz e em ausência de luz. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos.).....	42
Figura 08. A- Ovos sadios (não radiados); B- Larvas eclodidas do T1(não radiados); C e D- Ovos submetidos à dose de radiação UV-C de $1,384 \text{ kJm}^{-2}$	44

Figura 09. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos a dosagens crescentes de radiação UV-C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	45
Figura 10. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> submetidos ao tratamento com água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	46
Figura 11. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> infestadas em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ e submetidas ao tratamento com água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	47
Figura 12. Adultos de <i>C. capitata</i> emergidos a partir de posturas em goiabas ‘Kumagai’ tratadas com água quente por 36 minutos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	48
Figura 13. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> infestadas em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ submetidas a doses crescentes de radiação UV-C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	50
Figura 14. Adultos de <i>C. capitata</i> emergidos a partir de posturas em goiabas ‘Kumagai’ tratadas com doses crescentes de radiação UV-C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	51
Figura 15. Mortalidade de ovos de <i>C. capitata</i> infestadas em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	53
Figura 16. Adultos de <i>C. capitata</i> emergidos a partir de posturas em goiabas ‘Kumagai’ submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).....	54
Figura 17. Variação da perda de massa de goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	65

Figura 18. Variação da perda de massa de goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....66

LISTA DE TABELAS

Tabela 01. Respectivamente, coluna a coluna: 1) temperatura da água; 2) diâmetros das goiabas; 3) lapsos de tempo para a temperatura da água atingir a profundidade de 5 mm; 4) médias desses lapsos; 5) tempos gastos em água a 10 °C para esfriamento dos frutos; 6) médias desses tempos; 7) posição do termopar no centro da goiaba; 8) lapsos de tempo para a temperatura da água atingir o centro da goiaba; 9) médias desses lapsos; 10) tempos gastos em água a 10 °C para esfriamento dos frutos; 4) médias desses tempos.....	29
Tabela 02 – Equações de regressão (tempo x temperatura) – cada uma correspondendo à média de três outras equações de regressão, extraídas a partir dos dados da tabela anterior, para as temperaturas e profundidades estudadas.....	30
Tabela 03. Tempo de infestação, idades dos adultos e número de casais adultos de <i>C. capitata</i> sexualmente maduros utilizados para cada tratamento.....	36
Tabela 04. Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968), em °C, estimados para não obtenção de pupas e não obtenção de adultos de <i>C. capitata</i> , provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas ao tratamento hidrotérmico.....	49
Tabela 05. Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968) em kJm ⁻² , estimados para não obtenção de pupas e para não emergência de adultos de <i>C. capitata</i> provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas ao tratamento de UV-C.....	51
Tabela 06. Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968) em kJm ⁻² + °C, estimados para não obtenção de pupas e para não emergência de adultos de <i>C. capitata</i> provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente.....	55
Tabela 07. Níveis dos tratamentos hidrotérmico com água quente, radiação UV-C e ambos combinados, utilizados nesse experimento.....	60
Tabela 08. Médias e desvios-padrão das medidas de massa da matéria fresca, volume, dimensões (longitudinal e diâmetro máximo) e densidade (relação massa/volume), para uma amostra de 50 goiabas.....	65

Tabela 09. Valores médios e comparação de médias de °hue para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	68
Tabela 10. Valores médios e comparação de médias de °hue para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	69
Tabela 11. Valores médios e comparação de médias de firmeza (N) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	71
Tabela 12. Valores médios e comparação de médias de firmeza (N) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	72
Tabela 13. Valores médios e comparação de médias de CO ₂ para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	73
Tabela 14. Valores médios e comparação de médias de CO ₂ para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	74
Tabela 15. Valores médios e comparação de médias de teores de ácido ascórbico (mg/100g) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	77
Tabela 16. Valores médios e comparação de médias de teores de ácido ascórbico (mg/100g) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	78
Tabela 17. Valores médios e comparação de médias dos valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	80

Tabela 18. Valores médios e comparação de médias dos valores de acidez total (% de ácido cítrico) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	81
Tabela 19. Valores médios e comparação de médias de pH para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	82
Tabela 20. Valores médios e comparação de médias de pH para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	83
Tabela 21. Valores médios e comparação de médias de sólidos solúveis (°Brix) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	85
Tabela 22. Valores médios e comparação de médias de sólidos solúveis para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.....	86

RESUMO

A goiaba é um fruto com boas características organolépticas e nutricionais, além de ter boa aceitação tanto para o consumo “in natura” como industrial. É, porém, bastante perecível após a colheita, daí decorrendo perdas significativas. Além disso, acaba destinada quase totalmente ao mercado interno, em virtude das barreiras fitossanitárias impostas por países importadores diante de problemas como a infestação por moscas-das-frutas. É exatamente no estudo dessa praga que se situa o objeto do presente trabalho, cuja realização obedeceu aos seguintes propósitos: 1) avaliar a eficiência dos métodos de controle de radiação “UV-C” e “água quente”, bem como a aplicação combinada de ambos, para o fim de promover a desinfestação de ovos de *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) em goiabas ‘Kumagai’; 2) avaliar a qualidade físico-química de goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos tratamentos quarentenários. No que se refere ao método “água quente”, o equipamento banho-maria Dubnoff existente em laboratório forneceu uma variação de temperatura de 0,5 °C, sendo que as médias dos tempos de exposição, verificados em termopares inseridos a 5 mm, para as temperaturas avaliadas de 42,0 a 50,0 °C ($\pm 0,5$) com intervalos de 1,0 °C, foram menores que as médias dos tempos de exposição daqueles termopares inseridos no centro das goiabas para as mesmas temperaturas avaliadas. Em função desse aumento no tempo de imersão em altas temperaturas, foram observadas a presença de escaldaduras na casca das goiabas tratadas a 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 e 50,0 °C ($\pm 0,5$). Por sua vez, no que tange ao método por “UV-C”, as lâmpadas utilizadas no equipamento de radiação possuíam comprimentos de onda predominantes de 254 nm (adequados, portanto, para o estudo de radiação UV-C) e a tela de aço (diâmetro da malha hexagonal: 6,0x 7,0 cm) foi o material escolhido para compor a prateleira central, distante 8 cm da fonte luminosa. Aplicados os métodos em questão, o que se observou nos testes “in vitro” foi que a ampliação do tempo de imersão no tratamento hidrotérmico e a exposição a intensidades crescentes de radiação UV-C no tratamento por radiação conduziram a um aumento na mortalidade ovos de *C. capitata*; já quanto aos testes “in vivo”, a conclusão, em relação ao método “água quente”, foi a de que tratamentos a temperaturas de 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 e 50,0 ($\pm 0,5$) °C, com tempos de imersão de 0; 46; 36; 26; 16 e 12 minutos, respectivamente, são eficientes para a mortalidade de ovos de *C. capitata* (não tendo sido

verificadas escaldaduras nas cascas das frutas às temperaturas avaliadas) e, em relação ao método “UV-C”, verificou-se que a intensidade de $16,0 \text{ kJm}^{-2}$ foi capaz de inativar 100% de ovos de *C. capitata*. Nos tratamentos combinados, foi observado efeito aditivo na mortalidade de ovos de *C. capitata*, sendo mais intensos nas combinações de $0,54 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $0,54 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Por fim, quanto à qualidade pós-colheita, a das goiabas submetidas aos tratamentos e armazenadas a $8,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante o período de armazenamento de 10 dias mostrou-se superior à das goiabas que tiveram aplicados os mesmos tratamentos e foram armazenadas a $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

PALAVRAS-CHAVE: quarentena; pragas-controle; mosca-do-mediterrâneo; insetos.

ABSTRACT

EVALUATION OF THE EFFECT OF THE HOT WATER AND ULTRAVIOLET-C RADIATION AS QUARANTINE TREATMENTS FOR *Ceratitis capitata* WIEDEMANN (DIPTERA: TEPHRITIDAE) IN THE QUALITY OF GUAVAS 'KUMAGAI' AFTER THE HARVEST

Guava is a fruit that has good organoleptic and nutritional characteristics, besides having a good acceptance as for consumption “*in natura*” as industrial. It is, however, a lot perishable after the harvest, and because of that there are countless losses to the producers. Besides it, the fruit is practically consumed in the internal market, because of the sanitary obstacles imposed by importing countries before matters as infestation by fruit flies. It is exactly in the study of this plague that is the object of this work whose achievement has obeyed the following steps: 1) evaluating the efficiency of hot water immersion, UV-C radiation methods, and the application in both, with the intention of promoting the not infestation of eggs of *Ceratitis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae) in “Kumagai” guavas; 2) evaluating the physics-chemistry quality submitted to quarantine treatments. Mentioning to the method hot water, the double boiler Duboff equipment existing in the laboratory gives us a variation of temperature of 0,5 °C, as for the average of times of expositions verified in pairs at 5 mm, for temperatures of 42,0 the 50,0 °C ($\pm 0,5$) with intervals of 1,0 °C was lower than the ones of the times in exposition in the center of guavas to the same temperatures. Due to this increase of the time of immersion in high temperatures, it was noticed the presence of burns on the treated guavas peel to 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 and 50,0 °C ($\pm 0,5$). By its shift, according to the UV-C method, the light bulbs used in the radiation equipment had 254 nm waves (proper to the study of radiation UV-C) and the steel screen (hexagonal mesh: 6,0 x 7,0 cm) was the chosen material to compose the central shelf, far 8 cm from the illuminated fountain. The used methods, what was noticed in the tests “*in vitro*” was that the amplification of the time of the immersion (in the hydrothermal) and the exposition to the increasing intensity of radiation UV-C (in the treatment by radiation) led to an increase in the mortality of eggs of *C. capitata*; according to the tests “*in vivo*” the conclusion in relation to the method hot water was that treatments to the temperatures 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 e 50,0 °C ($\pm 0,5$). With times of

immersion of 46; 36; 26; 16 and 12 minutes, respectively, are efficient to the mortality of the eggs of *C. capitata* (not having being verified burns on the fruits peel to the evaluated temperatures) and, in relation to the method UV-C, it was noticed that the intensity of 16.0 kJm^{-2} was able to activate 100% of eggs of *C. capitata*. In the combined treatments, it was observed the adding effect in the mortality of eggs of *C. capitata*, being more intense in the combinations $0,54 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $0,54 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$. Finally according to the quality after the harvest, the guavas that were submitted to the treatment and stored to $8,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ during a period of 10 days were superior to the guavas that had the same treatments and were stored to $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

KEY-WORDS: quarentine; plague-control; mediterraneum fly; insects.

1 INTRODUÇÃO

A cultura da goiabeira encontra-se em plena expansão no Brasil, respondendo por uma produção anual de aproximadamente 316 mil toneladas de frutas, concentrada nos meses de fevereiro e março, muito embora a comercialização “*in natura*” se dê o ano todo, graças a técnicas de poda e irrigação.

A marca posiciona o Brasil como um dos maiores produtores mundiais, ao lado de Índia, Paquistão, México, Egito e Venezuela. Internamente, destacam-se os estados de São Paulo, Minas Gerais e Rio de Janeiro (maiores produtores da região Sudeste), seguidos de Bahia, Pernambuco e Paraíba (maiores produtores da região Nordeste), Goiás (maior produtor da região Centro-Oeste) e Rio Grande do Sul e Paraná (maiores produtores da região Sul). Os maiores produtores nacionais são São Paulo e Pernambuco.

Originária da América tropical, a goiabeira adapta-se a diferentes condições climáticas e de solo, fornecendo frutos que são aproveitados desde sob a forma “*in natura*” até sob outras mais elaboradas, após processamento artesanal ou industrial.

A goiaba é muito perecível após a colheita, devido a seu intenso metabolismo durante o amadurecimento, o que limita sua vida útil e, conseqüentemente, ocasiona muitas perdas. Daí decorre a grande importância das técnicas de conservação na fase pós-colheita, valendo assinalar, inclusive, que manejos inadequados nesse momento são outro fator que pode acelerar as atividades metabólicas dos frutos.

Os tratamentos pós-colheita, assim, têm por objetivo exatamente conservar a qualidade dos frutos, mediante seu manejo correto, devido controle de doenças causadas por fungos e bactérias e das infestações causadas por pragas e emprego de métodos adequados, capazes de assegurar a segurança alimentar e a não interferência no equilíbrio ambiental. Saliente-se serem esses aspectos, relativamente às goiabas, fatores determinantes para a imposição de uma série de barreiras fitossanitárias por países importadores (a produção acaba, mesmo, destinada quase totalmente ao mercado interno), dentre elas, merecendo destaque as chamadas moscas-das-frutas – foco deste trabalho.

O controle dessa praga é feito, tradicionalmente, por meio da aplicação de iscas tóxicas, à base de proteína hidrolisada, associada a um inseticida ou por meio da aplicação de inseticida em cobertura total. Embora tais métodos sejam efetivos, acarretam problemas de

desequilíbrio ambiental e de segurança alimentar, emergindo as referidas barreiras como sérios obstáculos, ainda hoje, para o comércio internacional da goiaba “*in natura*” (da mesma forma como, de resto, sucede a inúmeras outras frutas). Assim, lança-se mão, para atendimento das exigências dos países importadores, de tratamentos físicos, tais como o hidrotérmico (imersão em água ou vapor aquecidos), uso de frio, radiação ionizante, fumigação, atmosfera controlada ou modificada de armazenamento, variação de métodos ou sua combinação.

O emprego de tais tratamentos, contudo, apresenta alguns problemas, ainda insolutos. Em primeiro lugar, a maioria dos tratamentos quarentenários apresenta alto custo. Não bastasse, inexistente no país, por exemplo, protocolo para o uso de tratamentos quarentenários para a desinfestação de moscas-das-frutas em goiaba. Métodos como o hidrotérmico com água quente, muito embora aprovados pelas nações importadoras e já aplicáveis por algumas unidades beneficiadoras no Brasil que já contam com a necessária estrutura, não podem ser utilizados com vistas ao comércio internacional da fruta.

Diante desse cenário, impõe-se como necessário o desenvolvimento de técnicas outras, igualmente eficientes, mas, sobretudo, economicamente viáveis. E foi no uso da radiação UV-C, comprovadamente eficiente no controle de fungos e na conservação de frutos, que o presente estudo vislumbrou a existência de um método que pudesse reunir tais características. Buscou-se discorrer acerca dos efeitos da radiação UV-C sobre insetos, para fins quarentenários, até hoje muito pouco estudados. Visou-se, ademais, à apuração dos níveis adequados para o tratamento hidrotérmico e para a radiação UV-C em goiabas ‘Kumagai’, com vistas à aceitação da goiaba pelos principais países consumidores de frutas, como Estados Unidos e Japão.

O trabalho objetivou, por fim, avaliar a eficiência dos métodos de água quente e radiação UV-C como tratamentos quarentenários para mosca-das-frutas (Diptera: Tephritidae) e seus efeitos na qualidade pós-colheita de goiabas ‘Kumagai’.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Aspectos sobre a cultura da goiabeira

A goiaba (*Psidium guajava* L.), fruto carnosos pertencente à família Myrtaceae, é originária da América tropical. Atualmente, a espécie encontra-se amplamente difundida por todas as regiões tropicais e subtropicais do mundo. O gênero a que pertence, *Psidium*, conta com aproximadamente 100 espécies descritas, entre árvores e arbustos. Em algumas regiões, a goiaba é uma fonte alimentar de grande importância, devido à alta composição de nutrientes e à digestibilidade de seus frutos (CHOUDHURY *et al.* 2001). Destaca-se entre os frutos tropicais não só por suas características organolépticas (sabor e aroma) como também pelo valor nutricional, sobressaindo o elevado teor de vitamina C, 183,5 mg/100 g de fruta (superior, inclusive, ao encontrado em frutos cítricos, em torno de 53,2 mg/100 g de fruta). Apresenta, ainda, consideráveis teores de vitaminas A e do grupo B, como a tiamina e niacina, fibras, minerais como fósforo, ferro e cálcio (El BULK *et al.* 1997; LIMA *et al.* 1999) e alto conteúdo de licopeno (5,4 a 6,5 mg/100 g de fruta), carotenóide que ajuda no combate a doenças cardiovasculares e possui características funcionais anticancerígenas (BRAMLEY, 2002; LERICI *et al.* 2000; SHI *et al.* 1999).

A goiaba apresenta excelente aceitação para o consumo *in natura* e amplo aproveitamento industrial, na forma de goiabadas, geléias, pastas, fruta em calda, purê, alimento para criança, base para bebidas, refrescos, sucos e xaropes (CEAGESP, 2006).

A Índia ocupa o primeiro lugar na produção mundial de goiabas de polpas brancas e o Brasil é o maior produtor mundial das de polpas vermelhas. No ano de 2007, a produção brasileira foi de aproximadamente 316 mil toneladas, oriunda de 15.069 hectares plantados (IBRAF, 2010). Tal produção destina-se quase totalmente ao mercado interno, inclusive para a finalidade industrial, no qual vem experimentando significativo aumento de oferta nos últimos anos (CEAGESP, 2006; GOIABRÁS, 2006).

A exportação brasileira de goiabas em 2008 foi de 219.586 kg (IBRAF, 2010), quantidade considerada reduzida, mas que se explica, em parte, pelo fato de que o mercado internacional se interessa apenas pelos frutos de polpa branca. Além disso, a perecibilidade de goiabas em pós-colheita acaba por impor que a exportação se dê exclusivamente por via aérea, o que resulta em um elevado custo operacional (LIMA, 2004). Os principais destinos do

produto brasileiro são os países europeus, Américas do Norte e do Sul e Oriente Médio, havendo apenas perspectivas de vendas para o mercado asiático.

As regiões Sudeste e Nordeste são as maiores produtoras da fruta, destacando-se os estados de São Paulo e Pernambuco como os principais produtores, responsáveis por mais de 80% da produção nacional. Entre os cultivares disponíveis aos produtores brasileiros destacam-se: ‘Kumagai’, ‘Pedro Sato’, ‘Sassaoka’, ‘Paluma’, ‘Rica’ e ‘Século XXI’ (MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL- FRUTISSÉRIES 1, 2001).

No estado de São Paulo, a produção de goiabas para mesa concentra-se nas regiões próximas à capital (Valinhos, Campinas, Vinhedo, Atibaia e Mogi das Cruzes) e nas regiões de Mirandópolis, Pacaembu e Monte Alto. A época normal de produção de goiabas no estado de São Paulo é o período de janeiro a março; entretanto, utilizando-se de sistemas de poda e irrigação, tem-se produção para mesa o ano todo. A goiabeira floresce, aproximadamente, dois meses após a poda e os frutos estão aptos a ser colhidos três a cinco meses após a floração, dependendo da época do ano (PEREIRA, 1995).

Quanto ao aspecto social, a cultura da goiaba atualmente gera, só no estado de São Paulo, 9.105 empregos diretos no campo e mais de 10.000 empregos indiretos, na cadeia produtiva (PIF- GOIABA, 2007). A possibilidade de incremento da competitividade da goiaba e seus produtos, portanto, teria, naturalmente, o condão de proporcionar a ampliação desses números, além de alavancar um grande volume de exportações e gerar divisas para o país.

2.2 Goiaba ‘Kumagai’

É o cultivar predominante nos pomares de goiaba para mesa do estado de São Paulo. Obtida através de uma seleção realizada na região de Campinas (SP), resultante do cruzamento das goiabeiras ‘Australiana’ e ‘IAC-4’, o cultivar Kumagai tem porte e vigor médios, com ramos longos, esparramados e com uma grande produtividade. Os frutos variam de 280 a 480 gramas de peso, têm formato arredondado a oblongo, casca lisa e de consistência firme e resistente, coloração verde amarelada quando maduros. A polpa, também firme, é branca, saborosa, levemente ácida, com cavidade cheia e poucas sementes (MANICA *et al.*, 2000).

Segundo Gonzaga Neto e Soares (1995), a goiaba destinada à exportação deve apresentar polpa branca, aspecto atraente, aroma e sabor delicados, peso e tamanho conformes

às especificações do comprador, resistência ao transporte e ao armazenamento, ausência de injúrias, distúrbios fisiológicos, pragas e doenças.

2.3 Qualidade dos frutos

Para que um vegetal apresente boas características de qualidade para atender ao consumidor, é necessário adotar práticas adequadas desde o cultivo até o seu destino final. A qualidade é própria de cada espécie ou cultivar, porém, pode sofrer alterações decorrentes de fatores externos ou mesmo do manuseio incorreto (LIMA *et al.*, 1999).

Com relação especificamente a frutos, seu amadurecimento, de acordo com Chitarra e Chitarra (2005), é acompanhado por uma série de transformações físicas, químicas e bioquímicas, que refletem nos atributos de qualidades dos produtos hortícolas e resultam em modificação do sabor e aroma (síntese e/ou degradação de ácidos orgânicos, polimerização de fenólicos, síntese de compostos voláteis), síntese protéica (enzimas), conversão de amido em açúcares, modificação na permeabilidade das membranas celulares (perda de firmeza, modificação da textura, solubilização de pectinas e hidrólise de polissacarídeos estruturais da parede celular), aumento na respiração, síntese de etileno e modificação na pigmentação (degradação da clorofila, com aparecimentos de pigmentos pré-existentes, síntese de carotenóides e flavonóides).

O etileno, também conhecido como “hormônio do amadurecimento”, é um dos principais fatores endógenos que estimulam a atividade respiratória e, como consequência, antecipa o amadurecimento e a senescência dos frutos climatéricos.

A goiaba é uma fruta altamente perecível após a colheita, devido ao intenso metabolismo durante o amadurecimento. Sigrist (1983) ressalta que, dependendo da variedade e das condições de armazenamento, a vida média de prateleira das goiabas é de uma a duas semanas, e que as perdas estimadas durante este período estão entre 20 a 30% da produção. A falta de conhecimento dos processos fisiológicos dos frutos, a falta de infra-estrutura adequada e de uma logística de distribuição são os principais fatores responsáveis pelo elevado nível de perdas pós-colheita observados no Brasil (VILELA *et al.*, 2003; AZZOLINI, 2002).

A qualidade da goiaba está relacionada aos seus atributos físicos de aparência, tamanho, forma, coloração e firmeza. Durante o período de amadurecimento, a maioria dos frutos sofre alterações na cor, devido ao processo de degradação da clorofila e da síntese de

pigmentos como carotenóides e antocianinas, ocasionadas em função da mudança de pH, dos ácidos, da ação das clorofilases e do aumento dos processos oxidativos (TUCKER, 1993).

A diminuição da firmeza da polpa durante o amadurecimento é decorrência principalmente da perda da integridade da parede celular, que se dá, por sua vez, em função da degradação das moléculas poliméricas que constituem esta (como celulose, hemicelulose e pectina), da degradação do amido e perda do turgor (TUCKER, 1993; LIMA, 2003).

A determinação da firmeza é uma forma prática de avaliar o estágio de maturação do fruto. Dhingra *et al.* (1983) consideraram como verdes as goiabas com firmeza de 85 N e verde-amarelas aquelas com firmeza entre 51 e 66 N. Cavalini (2004), avaliando a firmeza de goiabas 'Kumagai' em cinco estádios de maturação, encontrou uma variação média de 106,5 N (estádio 1) a 65,41 N (estádio 5).

Os sólidos solúveis (SS) representam os compostos solúveis em água presentes nos frutos, como açúcares, vitaminas, ácidos, aminoácidos e algumas pectinas. O teor de SS depende do estágio de maturação no qual o fruto é colhido e geralmente aumenta durante a maturação pela biossíntese ou degradação de polissacarídeos (CHITARRA, 2000). Jacomino (1999) verificou que, após a colheita, o teor de SS em goiabas parece não sofrer alterações significativas, devido ao baixo teor de amido em tais frutos, cujas principais formas de armazenamento de açúcares (NULTSCH e OLIVEIRA, 2000; MANICA *et al.* 2000) são, na verdade, a frutose, glicose e sacarose (as duas primeiras originárias da degradação desta última, sacarose, bem como da degradação de polissacarídeos de reserva, dentre os quais o próprio amido).

A acidez titulável (AT) de um fruto é conseqüência da presença de ácidos orgânicos, cujo teor tende a diminuir, durante o amadurecimento, em virtude do processo de oxidação, a qual, por sua vez, é ocasionada pela respiração (BRODY, 1996). No caso da goiaba, os ácidos orgânicos em questão são, principalmente, o cítrico e o málico e, em menores quantidades, os ácidos galacturônico e fumárico. A acidez de goiabas varia entre 0,24 a 1,79 ml de ácido cítrico/ 100g de polpa, respondendo pelo sabor moderado dos frutos e pela boa aceitação dos consumidores de goiaba de mesa (GERHARDT *et al.* 1997; CHAN e KWOK, 1976).

A respiração, acima referida, é o processo pelo qual os materiais orgânicos de reserva (como carboidratos, proteínas e gorduras) são oxidados, gerando-se moléculas mais simples

(CO₂ e O₂), com produção de energia (nas formas de ATP e calor) e esqueleto carbônico e possibilidade de tais moléculas serem utilizadas em reações de síntese (KADER, 1992).

A atividade respiratória varia entre as diferentes espécies e estádios de desenvolvimento dos frutos, sendo estes classificáveis, de acordo com o padrão da atividade respiratória durante o amadurecimento, em climatéricos e não-climatéricos.

Segundo Chitarra e Chitarra (2005), os frutos climatéricos apresentam, em determinada etapa do seu ciclo vital, um aumento rápido e acentuado na atividade respiratória, com amadurecimento imediato, enquanto os frutos não-climatéricos apresentam atividade respiratória relativamente baixa e constante, com ligeiro declínio após a colheita. Em geral, o amadurecimento climatérico também está associado ao aumento da produção de etileno (LELIÈVRE *et al.*, 1997). Ainda, embora os dados sobre padrão respiratório de goiabas sejam limitados e por vezes até contraditórios, permitem concluir que há possibilidade de diferenças no comportamento respiratório em função da variedade do fruto avaliada.

Biale e Barcus (1970) concluíram que a goiaba é um fruto não climatérico, que não apresenta aumento brusco na liberação de CO₂ ou aumento acentuado na liberação de O₂. Rodhes (1980), ao contrário, afirma que a goiaba é uma fruta climatérica, porque apresenta um aumento na atividade respiratória durante o armazenamento. Oliveira (1996) observou comportamento do tipo climatérico em goiabas ‘Kumagai’, nove dias após a colheita, quando apresentaram pico de respiração de 51,38 mL CO₂.kg.h⁻¹ sob armazenamento a 21-29 °C e 65–83 % UR. Vieira (2004) observou, em goiabas ‘Pedro Sato’ armazenadas às temperaturas de 8 °C e 22 °C, um comportamento não-climatérico, sem aumento na produção de CO₂ e C₂H₄.

O armazenamento refrigerado é um dos métodos mais efetivos e práticos utilizados para o prolongamento da vida útil de frutos e hortaliças frescos. A temperatura de armazenamento é o fator ambiental mais importante, uma vez que regula as taxas de todos os processos fisiológicos e bioquímicos dos vegetais, otimizando o tempo para a comercialização (THÉ *et al.*, 2001). A exposição dos frutos à baixa temperatura fora da sua faixa fisiológica aceitável altera o metabolismo e provoca a morte das células, devido à injúria pelo frio. Lutz e Hardenburg (1968) relatam que goiabas destinadas ao consumo *in natura* podem ser conservadas a temperaturas de 7,2–10 °C e 90 % UR durante 2 a 3 semanas. Durigan (1997) afirma que a goiaba possui uma vida útil comercial de 2 a 3 dias sob condições de armazenamento ambiente, devido ao seu rápido amadurecimento pós-colheita. Kader (1992)

relata que goiabas armazenadas a temperaturas de 5–10 °C com 90 % UR podem chegar a 2–3 semanas de armazenamento.

Para reduzir fatores que aceleram a maturação, as goiabas embaladas devem ser armazenadas sob refrigeração, a temperaturas entre 8 e 10 °C, com 85–90 % UR, condições sob as quais é possível conservar os frutos por até 21 dias (WILLS *et al.*, 1981).

2.4 Moscas-das-frutas

Além dos mencionados processos fisiológicos, também diversos patógenos e insetos afetam a qualidade da goiaba, respondendo por diferentes tipos de danos durante o desenvolvimento da cultura e o período pós-colheita e trazendo perdas durante os processos de produção, comercialização interna e comercialização externa (USDA, 1997; CARVALHO *et al.*, 1999).

As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) estão entre as principais espécies de insetos pragas da fruticultura mundial. A família Tephritidae é uma das maiores dentro da ordem Diptera, com 500 gêneros e aproximadamente 4.000 espécies descritas. Essa família está entre as que causam maiores prejuízos econômicos à fruticultura mundial, por atacar órgãos de reprodução das plantas, frutas com polpas e flores (GALLO *et al.*, 2002).

No Brasil, as espécies de moscas-das-frutas com larga distribuição geográfica pertencem aos gêneros *Ceratitis* e *Anastrepha*. A mosca-do-mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824), é, dentro de seu gênero, a espécie responsável pelos maiores danos econômicos. Geograficamente, distribui-se desde a África equatorial e sul da África até o Mediterrâneo, Austrália, Havaí, Américas Central e do Sul. É apontada, ainda, como uma séria ameaça para Ásia e Estados Unidos (OLIVEIRA, 2002), porque é considerada uma espécie invasora e colonizadora, dada sua facilidade adaptativa a climas e hospedeiros bastante diversos, alta capacidade reprodutiva e facilidade de dispersão (RAGA, 1996).

Selivon (2000) conclui que a distribuição geográfica de uma espécie de moscas-das-frutas está intimamente relacionada à distribuição de hospedeiros que ela é capaz de utilizar como alimento. Mais de 350 espécies de plantas foram catalogadas como hospedeiras de *C. capitata*, havendo 58 espécies botânicas referidas no Brasil, das quais 20 são espécies nativas (ZUCCHI, 2001), dentre elas a goiabeira (SALLES, 1999; BATISTA-PEREIRA, 2003; RAGA *et al.*, 1996).

Batista-Pereira *et al.* (2003), analisando espécies de moscas-das-frutas em pomar de goiabeiras no estado de São Paulo, concluiu que *C. capitata* foi a espécie mais frequente e constante, representando 99,7% do total de tefritídeos, com picos populacionais principalmente na época de ocorrência de frutos temporões (sem ensacamento).

A duração do ciclo de vida das moscas-das-frutas é dependente de vários fatores, principalmente da temperatura, planta hospedeira e da própria espécie da mosca. No caso da *C. capitata*, tal período, compreendendo do ovo à fase adulta, corresponde a cerca de 18 a 30 dias no verão, sendo que em regiões de baixas temperaturas esse ciclo é prolongado (RAGA, 1996).

Na busca e discriminação do hospedeiro, as fêmeas de moscas-das-frutas reconhecem os frutos por meio de estímulos visuais (cor, forma e tamanho) e químicos (nutrientes, substâncias voláteis das plantas, fago-inibidores e fagoestimulantes). Os ovos de *C. capitata* são brancos, translúcidos e medem de 0,9 a 1,1 mm de comprimento e de 0,18 a 0,23 mm de largura, em sua região mediana. Ao eclodir, a larva mede cerca de 1,2 mm de comprimento e 0,2 mm de largura, sendo o seu corpo constituído de 12 segmentos. Quando está completamente desenvolvida, a larva mede de 7,0 a 9,0 mm de comprimento e de 1,7 a 2,0 mm de largura, é ápoda e com coloração branca ou branca-amarelada. O pupário tem a forma de um pequeno barril e mede de 2,7 a 4,8 mm de comprimento e de 1,6 a 2,4 mm de largura. Quando adulta, a fêmea mede de 5,0 a 6,0 mm de comprimento e de 10 a 12 mm de envergadura e ovipositor medindo de 1,3 a 1,6 mm. Os olhos compostos são grandes e com reflexos brilhantes, as antenas são curtas, contendo três artículos, com o terceiro mais longo que os dois primeiros. O macho difere da fêmea apenas por apresentar, na cabeça, além de antenas, dois apêndices (macro-tríquiás) bem distintos, visíveis a olho nu, terminados numa dilatação em forma de losango, sendo o abdome composto por cinco segmentos aparentes e desprovido de ovipositor (GALLO *et al.*, 1998; MARICONI e SOUBIHE SOBRINHO, 1961).

Os danos gerados pela *Ceratitidis capitata*, são causados diretamente nos frutos pela fêmea adulta através da perfuração do fruto por ocasião da oviposição (frutos infestados caem precocemente ao chão), e também pelas larvas que consomem a polpa provocando apodrecimento interno. Em cada postura são colocados geralmente de 1 a 10 ovos. Os furos originados pelas posturas da mosca-do-mediterrâneo servem como porta de entrada para a doença denominada “podridão parda”, causada pelo fungo. Recentemente, a relevância de *C.*

capitata foi aumentada com a comprovação da sua capacidade de transmitir a bactéria *Escherichia coli* a frutos comerciais (SELA *et al.*, 2005)

Em relação ao controle no pomar, tradicionalmente é feito por meio da aplicação de iscas tóxicas à base de proteína hidrolisada associada a um inseticida, ou por meio de aplicação de inseticida em cobertura total (RAGA, 2010). Embora esse controle seja efetivo, acarreta problemas de desequilíbrio ambiental, segurança alimentar (resíduos de agrotóxicos nos frutos) e de ordem fitossanitária (CARVALHO, 2006). Dentre as alternativas a tais métodos de combate às moscas-das-frutas, podem ser citadas a técnica do inseto estéril (TIE), uso de parasitóides (controle biológico), aniquilamento dos machos, plantas hospedeiras resistentes, inibidores de acasalamento, inseticidas químicos seletivos e de menor impacto ambiental e ensacamento dos frutos (RAGA, 1996; LIPP, 2002; RAGA, 2010).

Por serem várias as espécies de moscas-da-frutas pragas quarentenárias, existem barreiras comerciais impostas pelos países importadores, limitando a exportação de frutos “*in natura*”. Na produção de frutas visando ao mercado externo, são ainda exigidas boas práticas agrícolas, o que implica uso racional e exclusivo de produtos químicos oficialmente registrados para cada cultivo, respeitando os intervalos de segurança, conservação do meio ambiente, análise de resíduos e processos de controle na colheita e pós-colheita (IBRAF, 2007).

Do ponto de vista quarentenário, uma praga é qualquer espécie, raça ou biótipo de vegetais, animais ou agentes patogênicos, nocivos para os vegetais ou produtos vegetais. A identificação de uma praga quarentenária é baseada em critérios estabelecidos pela FAO, tais como: presença ou ausência da praga em uma área de risco, sua distribuição, importância econômica e se é ou não controlada oficialmente (GALLO *et al.*, 2002).

2.5 Barreiras técnicas e fitossanitárias para exportação de frutas

A partir da Segunda Guerra, as nações mais desenvolvidas voltaram sua atenção para a questão das negociações multilaterais. A partir de então, oito rodadas de negociações de comércio foram realizadas, visando, prioritariamente, os cortes de tarifas às importações (FARIA *et al.*, 2005). Paralelamente a isso, as Barreiras Não-Tarifárias (BNTs), como as restrições de produtos vegetais com risco de pragas, ganharam importância como mecanismo de proteção aos mercados nacionais, havendo, contudo, poucas informações a respeito de seus

efeitos no comércio, na renda e no bem-estar mundiais (INMETRO, 2004). Esse tipo de mecanismo de proteção é, geralmente, mais complexo e menos transparente que as tarifas, afetando mais diretamente setores produtivos de aves, suínos, bovinos e frutas.

Países exportadores e importadores utilizam diferentes sistemas de inspeção e certificação de alimentos. Entre os motivos desta diferença incluem-se a prevalência de determinados perigos relacionados com a inocuidade dos alimentos, opções nacionais para a gestão de riscos e diferenças no desenvolvimento histórico dos sistemas de controle dos alimentos. Em tais circunstâncias, e para o efeito de facilitar o comércio e proteger a saúde do consumidor, um país exportador e um país importador podem trabalhar juntos para considerar a eficácia das medidas sanitárias em alcançar o nível desejado de proteção sanitária do segundo, de forma compatível com o Princípio de Equivalência expresso no Acordo da Organização Mundial de Comércio sobre a Aplicação de Medidas Sanitárias e Fitossanitárias (BAENA, 2005).

O reflexo das exigências internacionais é a adoção de certificação que comprove a qualidade e sanidade do bem importado, como o caso de frutas frescas destinadas principalmente à União Européia (CINTRA *et al.*, 2007). O principal requisito exigido para a importação pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos no pré-embarque é a certificação emitida pelo Serviço de Inspeção Sanitária de Animais e Vegetais (APHIS), que corresponde a um documento comprobatório de atendimento dos regulamentos fitossanitários específicos para cada vegetal. Para a União Européia, é exigido o certificado fitossanitário emitido pelo Brasil com base no Certificado Fitossanitário de Origem (CFO).

No Brasil, o Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento (MAPA) criou o Sistema de Produção Integrada de Frutas (PIF), visando à alta qualidade das frutas brasileiras, para ampliação de sua participação no mercado externo (MAPA, 2007).

Devido às dificuldades para o uso continuado de fumigantes químicos em frutos destinados à exportação (HEATHER e HALLMAN, 2008), a desinfestação de pragas por métodos físicos, como a aplicação de calor, frio, radiação ionizante e radiação UV-C, associados ou não ao uso de atmosferas modificadas, inibidores do amadurecimento e armazenamento refrigerado, está sendo amplamente investigada (VICENTE *et al.*, 2006; PINHEIRO *et al.*, 2005; VIEIRA, 2004; DÓRIA *et al.*, 2004; ARRUDA *et al.*, 2004; ALLENDE e ARTÉS, 2003a).

2.6 Tratamentos quarentenários

O conceito de tratamento quarentenário contra moscas-das-frutas baseia-se em procedimentos desenvolvidos por Baker (1939). O objetivo desse procedimento é alcançar a mortalidade de 99,9968% de moscas-das-frutas (Probit 9). Em termos quarentenários, isso equivale à sobrevivência de 3 indivíduos em uma população de 1.000.000 de insetos tratados. Esse nível de exigência baseia-se no pressuposto de que a infestação dos frutos a serem tratados é extremamente alta, o que, na realidade, não ocorre, visto que os pomares cuja produção é destinada à exportação são submetidos ao manejo integrado de pragas (MIP), ou mesmo, no caso da goiaba de mesa, a ensacamento individual dos frutos (RAGA, 2010).

Adotar o Probit 9 como exigência para a estimativa de doses para tratamentos quarentenários equivale a assumir que os frutos a serem tratados apresentam 100% de infestação. Landolt *et al.* (1984) discutiram o uso do Probit 9 como critério quarentenário, e concluíram que o risco de uma espécie de moscas-das-frutas ser introduzida em outro país via fruto infestado deve ser baseado na probabilidade de um casal da praga sobreviver ao tratamento, embarque, transporte e que ainda tenha possibilidade de emergir e se reproduzir no local de destino do fruto.

2.6.1 Tratamento a frio

A utilização de temperaturas extremas, por apresentar praticidade, além de ser uma forma não contaminante, mostra-se uma técnica aplicável por sua ação deletéria sobre ovos, larvas e pupas de insetos (BRACKMANN e GUEDES, 1994).

Curiosamente, porém, o efeito notado do frio em insetos de frutas exportadas, em um primeiro momento, foi o de que o armazenamento sob tal condição prolongava a vida de ovos e larvas de pragas nas frutas enviadas a longas distâncias. Aliás, o uso difundido, desde o final do século XIX, dessa técnica, aplicada a produtos frescos, possivelmente contribuiu para a propagação de espécies invasoras ao redor do mundo. Apenas em uma fase seguinte é que passou a haver os primeiros estudos sobre o uso do frio efetivamente para matar insetos em produtos frescos – de início, não direcionado como tratamento fitossanitário para superar barreiras quarentenárias, mas para simplesmente evitar a propagação da espécie invasora através dos produtos exportados; mais tarde, o método foi aperfeiçoado como tratamento fitossanitário (HEATHER e HALLMAN, 2008). Nesse caso, o tratamento consiste na

utilização de câmara com temperaturas baixas, nela permanecendo as frutas por um período determinado em função do tipo de praga a ser eliminada (GALLO *et al.*, 2002).

De acordo com Mullen e Arbogast (1983), a morte do inseto, nessas condições, pode ser causada por acúmulo de produtos tóxicos, ausência de absorção de nutrientes, desidratação e injúria mecânica por cristais de gelo nos fluidos corporais. Howe (1966) ressalta que a exposição do inseto, em determinadas fases da vida, a baixas temperaturas pode fazer com que os danos acumulados se manifestem na fase seguinte do ciclo biológico.

Benschoter (1983), após avaliar a exposição da mosca-da-fruta *Anastrepha suspensa* (Loew) a vários níveis térmicos e por diferentes períodos de tempo, concluiu que o inseto não tolerou as temperaturas de 1,7 °C por 14 dias (essa temperatura, porém, pode causar injúrias aos frutos). Em carambolas, para obter a mortalidade de 100% de *A. suspensa* armazenadas a 1,1°C, são necessários 15 dias, enquanto as armazenadas a 5°C demoraram 25 dias para obter esse mesmo índice de mortalidade (GOULD e SHARP, 1990).

Em kiwi, a sobrevivência de pupas de *Dacus tryoni* (Frogg.), a partir de infestação com ovos e larvas, decresceu rapidamente com o aumento do número de dias de exposição a 1°C. O estágio de ovos e larvas de primeiro ínstar foi mais tolerante ao frio que os ínstars seguintes (JESSUP e BAHEER, 1990). Já em abacate, mesmo o ínstar mais tolerante de *D. tryone* a baixas temperaturas não suportou mais de 11 dias a 1 °C (JESSUP, 1991).

Burditt e McAlister (1982), avaliaram o efeito da refrigeração a 1,7 °C sobre larvas de *A. suspensa* e *A. obliqua* (Macquart), infestando pomelo, lima, goiaba, manga e outras frutas. Para todos, um período máximo de 20 dias de armazenamento foi suficiente para causar a morte de 100% da população infestante. Em goiaba, mamão e manga, o tratamento com temperaturas abaixo de 1,7°C por 10 dias foi eficiente no controle de *Dacus dorsalis* Hendel (BURDITT e BALOCK, 1985).

Para diferentes frutas avaliadas, o controle de pragas é obtido com a conjugação de baixas temperaturas e tempo de exposição, existindo, entretanto, registros de falta de tolerância a baixas temperaturas por algumas frutas (BRACKMANN e GUEDES, 1995).

2.6.2 Tratamento hidrotérmico com água quente

O tratamento com água quente vem sendo estudado desde 1949, quando o Departamento de Fisiologia de Plantas da Universidade do Havaí, em cooperação com o

Departamento da Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 1997), deu início a um projeto para desenvolver um método de desinfestação de insetos nas frutas destinadas à exportação.

A exposição de alguns frutos a altas temperaturas, porém, acelera processos como o amolecimento da polpa, aumento dos açúcares, cor do fruto (escaldaduras e/ou amarelamento), produção de etileno, respiração, síntese de proteínas, susceptibilidade a patógenos e a atividade de enzimas (CHAN JR. *et al.*, 1991).

Algumas frutas contam com tratamentos hidrotérmicos regulamentados pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos. Para papaia, o tratamento consiste na dupla imersão em água quente, a 48 °C (± 1), por vinte minutos, seguido de outra imersão fria, a 8°C (± 1), por igual período de tempo (USDA, 1997). Para manga, o tratamento hidrotérmico consiste na imersão em água a 46 °C por um tempo de 75 a 90 minutos, para frutos com pesos entre 425 e 650 g, sendo adotado pelo Brasil para exportação desde 1989 (NASCIMENTO *et al.*, 2002).

Lopes *et al.* (2008) avaliaram a mortalidade de *C. capitata* em tangerinas ‘Dancy’ semi-maduras infestadas artificialmente e submetidas ao tratamento hidrotérmico. Os autores concluíram que as doses de segurança quarentenária para larvas da mosca-do-mediterrâneo variam entre 46 °C e 50 °C, após 35,3 e 20,8 minutos de tratamento, respectivamente.

O binômio temperatura e tempo de imersão é variável de acordo com a fruta e a praga a ser eliminada. A temperatura da água no centro da fruta deve se manter entre 43 e 46,7 °C por 90 e 35 minutos, respectivamente, e a aprovação oficial das autoridades fitossanitárias do país importador depende da efetividade do tratamento, medida pela mortalidade das moscas-das-frutas (DUCAMP-COLLIN *et al.* 2007).

Dória *et al.* (2004), avaliando a influência de tratamentos térmicos, com vapor e água quente, na eliminação de *C. capitata* em goiabas constataram que o aumento na temperatura e no tempo de exposição dos frutos provoca um acréscimo na mortalidade das moscas, tendo se mostrado mais eficiente a água quente tanto para a inviabilização dos ovos quanto para a aniquilação das larvas. Constataram, também, que o tratamento hidrotérmico à temperatura de 46 °C durante noventa minutos obteve uma mortalidade de larvas de 97,66%, mas que a técnica não pode ser indicada para fins quarentenários, devido à alta porcentagem de mortalidade (99,9968%) exigida para tal fim.

Sharp e Chew (1987), em revisão de estudos publicados, afirmam que, em muitos casos, há má formação de pupas após a aplicação de combinações de temperaturas durante o tratamento hidrotérmico. Atualmente não existe tratamento hidrotérmico no combate à moscas-das-frutas regulamentado para goiabas, fato que evidencia a necessidade de pesquisas para viabilizar a exportação dessa fruta para mercados com restrições quarentenárias para moscas-das-frutas.

Vieira (2004), estudando o comportamento da temperatura no interior de goiabas 'Pedro Sato', propôs o tratamento hidrotérmico a 47,0 °C (± 2) durante 6 minutos. A análise de atributos físicos relacionados com a qualidade dos frutos, realizada pelo autor, constatou resultados satisfatórios de firmeza, cor dos frutos, índice de maturação e respiração, não sendo analisada, porém, a eficiência do tratamento sobre a mortalidade de mosca-das-frutas.

2.6.3 Radiação Ionizante

Esse método consiste no emprego de raios gama do cobalto (^{60}Co) ou Césio (^{137}Cs) ou raios de elétrons com a energia de radiação até 10 MeV. Além de controlar a infestação da praga, esse método permite melhorar a qualidade e aumentar a conservação da maioria das espécies de frutos, através do retardamento do amadurecimento e da redução da contaminação microbiana nos frutos (GALLO *et al.*, 2002). Apenas fontes de ^{60}Co e ^{137}Cs são consideradas para uso comercial, devido à produção de raios gama de energias adequadas, disponibilidade e custo, sendo que a fonte de (^{60}Co) tem maior aceitação por apresentar-se na forma metálica e ser insolúvel em água, proporcionando maior segurança ambiental (SILVA e ROZA, 2010).

De acordo com a Agência Internacional de Energia Atômica, a irradiação impede a divisão de células vivas (como bactérias e células de organismos superiores), pois altera suas estruturas moleculares, além de inibir a maturação de alguns vegetais ao induzir alterações bioquímicas nos processos fisiológicos dos tecidos (IAEA, 1991). O processo de irradiação acarreta alterações químicas mínimas nos alimentos, não nocivas nem perigosas, sendo recomendada a sua aplicação pela Organização Mundial da Saúde (GCIIA, 1990). Na verdade, pode-se dizer, mais abrangentemente, que as variações de valor nutritivo, físicas e químicas, de modo geral, são mínimas, em se realizando controle atento a fatores como o tipo de alimento, dose à qual foi exposto, embalagem, condições e tempo de armazenamento (VERRUMA-BERNARDI e SPOTO, 2003).

No Brasil, em 26/01/2001, a Diretoria Colegiada da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA) aprovou a Resolução (RDC) nº 21, que não restringe os alimentos a serem irradiados e nem impõe uma dose máxima tolerada de absorção, apenas exigindo que não haja prejuízo às qualidades funcionais e sensoriais. Estabelece, ainda que, se o produto irradiado for usado como ingrediente em outro alimento, o fato deve ser mencionado na embalagem final (LEAL *et al.*, 2004).

Atualmente, essa técnica está sendo utilizada como tratamento fitossanitário nos EUA, Holanda, Alemanha, Austrália, Índia, México, Vietnã e Tailândia. Em geral, os vegetais toleram melhor a irradiação do que a aplicação de fumigantes químicos ou altas temperaturas.

O parâmetro típico para aferição da eficácia da irradiação de frutas, com finalidade de eliminar moscas-das-frutas, é a capacidade de prevenir a emergência de adultos ou de inabilitá-los a voar ou se reproduzir. As doses de irradiação eficazes para a desinfestação de frutos variam de 50 a 150 Gray (Gy) (Pimentel, 2007).

O protocolo de pesquisa envolve infestar a fruta e irradiá-la quando o inseto está na fase de ovo ou de terceiro ínstar larval, considerados mais rádio-tolerantes. A irradiação de fases imaturas de moscas-das-frutas, na dieta ou “*in vitro*”, pode produzir um efeito maior do que a mesma dose na fruta. Por exemplo, a dose estimada para impedir a emergência adulta no terceiro ínstar de mosca-das-frutas mexicana, *Anastrepha ludens* (Loew), foi cinco vezes maior que a dose necessária observada “*in vitro*” (HALLMAN e THOMAS, 2010).

O uso dessa técnica quarentenária, porém, é cercado de algumas recomendações por parte da literatura especializada, que a apontam como viável, para controle de moscas-das-frutas, em havendo certificação de que o tratamento não altera a qualidade da fruta, instalação e manutenção específicas associadas à rentabilidade do sistema e pesquisa de aceitação dos consumidores (DUCAMP-COLLIN *et al.*, 2007).

Quanto aos problemas de perdas, o uso da técnica de irradiação para a conservação de alimentos, por si só, não os soluciona todos, pois, ao contrário dos métodos químicos convencionais, não apresenta efeitos residuais, de modo que somente com a manutenção do alimento em condições assépticas após a irradiação é possível evitar nova contaminação microbiana (GCIIA, 1990).

Raga *et al.* (1996), utilizando um irradiador de (⁶⁰Co), observaram que há um aumento da rádio-resistência de ovos de *C. capitata*, no decorrer do desenvolvimento

embrionário, estimando, para ovos de 48 horas, um Probit 9 de 24,67 Gy em dieta artificial e não observando valores diferentes daqueles obtidos em mangas infestadas com ovos da mesma espécie.

Moy e Wong (2002) provaram a eficácia de doses baixas de irradiação no controle de moscas-das-frutas em mamões, avaliando, também, que doses de 750 Gy proporcionaram manutenção da firmeza dos frutos. Calore e Vieites (2003) concluíram que a irradiação não promoveu aumento da vida-útil de pêssegos 'Biuti', associando esse fato ao uso da refrigeração. Arthur *et al.* (1993) concluíram que, para fins quarentenários, a radiação gama do (^{60}Co), na dose de 50 Gy, aplicada em pêssegos infestados por *C. capitata*, é perfeitamente segura para fins de exportação, inibindo completamente a emergência de adultos.

Germano, Arthur e Wiendl (1996) observaram um prolongamento da vida útil de abacates 'Fortuna' e 'Quinta' de 4,2 e 8,2 dias, com doses de irradiação de 75 e 100 Gy, respectivamente. Não houve diferença significativa quanto a perdas de massa, e os frutos de ambas as variedades tiveram vida útil significativamente aumentada quando mantidos em ambientes refrigerados.

Oliveira *et al.* (2006) irradiaram frutos de goiaba 'Kumagai' em diferentes doses e armazenados a 8 °C (± 1), com UR de 85%, durante 21 dias. A dose de 600 Gy foi a mais efetiva na conservação das goiabas, proporcionando menor perda de massa, menores índices de doença, maior índice de conservação, maior firmeza, manutenção da coloração da casca e melhor aceitação sensorial durante os 21 dias de armazenamento. Os autores também concluíram que a associação da radiação gama à refrigeração mostrou-se eficiente para a conservação da goiaba branca, promovendo o aumento da vida útil do produto.

2.6.4 Radiação ultravioleta

A radiação ultravioleta é a radiação eletromagnética com um comprimento de onda menor que o da luz visível e maior que o dos raios X. O nome significa "mais alta que", "além do" violeta (do latim *ultra*), e decorre do fato de o violeta ser, dentre as cores visíveis, a que possui o menor comprimento de onda e a maior frequência, sendo representada pela faixa do espectro eletromagnético compreendida entre os comprimentos de 10^{-7} a 10^{-8} nm (Figura 1) ou de 100 a 400 nm. É comum, quando se trata de estudos de efeitos fotobiológicos e fotoquímicos, subdividi-la em três partes: 1) UV-A: entre 315 e 400 nm; 2) UV-B: entre 280 e

315 nm; e 3) UV-C: entre 100 e 280 nm; tais limites, porém, não são bem definidos (CEPA, 2006).

Segundo Taiz e Zeiger (2004), a luz de comprimentos de onda curtos (alta frequência) possui alta energia; a luz de comprimentos de onda longos (baixa frequência) possui baixa energia.

A radiação UV é responsável por um grande número de reações fotoquímicas que ocorrem principalmente nas regiões mais altas da atmosfera. De acordo com Corrêa (2007), quando atinge a superfície, a radiação UV exerce diversos tipos de efeitos sobre os seres vivos e materiais inorgânicos. Dentre esses efeitos, podem ser destacados: atenuação de crescimento da lavoura e frutos, diminuição da produção de fitoplâncton, cânceres e mutações genéticas em peixes e anfíbios.

A luz ultravioleta C, com comprimento de onda de 254 nm (UV-C), também pode ser utilizada para inativar vários tipos de organismos perigosos em alimentos, aumentando a sua vida de prateleira. É largamente utilizada em indústria farmacêutica, eletrônica e também em indústrias de purificação e desinfecção de água. As vantagens em se usar a luz UV-C é a não produção de subprodutos indesejáveis, que poderiam mudar as características sensoriais (gosto, odor e cor) no produto final (GUERRERO-BELTRÁN e BARBOSA-CÁNOVAS, 2004). A luz UV-C (monocromática, 245 nm) é obtida através de uma lâmpada germicida de vapor de mercúrio a baixa pressão, e permite um processo seco, frio e que pode ser simples e efetivo a baixo custo, em comparação a outros métodos de esterilização.

Capdeville *et al.* (2002) constataram que o uso de radiação ultravioleta C com comprimento de onda de 254 nm mostrou bons resultados para o controle de podridões pós-colheita em diferentes espécies vegetais, agindo como germicida, na indução de resistência e no aumento da vida útil dos frutos. Coutinho *et al.* (2003) constataram que a utilização de luz ultravioleta na dosagem $11,15 \text{ kJ.m}^{-2}$, durante trinta minutos, inibe 100% das podridões de pêssegos 'Jade', armazenados à temperatura ambiente por um período de 4 a 8 dias (26 °C e 75–80 % de UR).

Allende e Artés (2003a), trabalhando com UV-C (nas dosagens: 0,407, 0,814; 2,443; 4,07; 8,14 kJ.m^{-2}) em alface fresca 'Lollo Rosso' minimamente processada, observaram que o uso de radiação aumentou a taxa de respiração e que, no interior das embalagens, como já seria de esperar, as concentrações de CO_2 eram mais altas e as de O_2 , mais baixas. Já em

trabalho com alface ‘Red Oak Leaf’, Allende e Artés (2003b), combinando radiação ultravioleta (nas mesmas dosagens supra) com atmosfera modificada, não observaram aumento significativo da taxa respiratória, constatando que doses curtas de UV-C são efetivas e aumentam o tempo de vida de alfaces frescas processadas.

Maharaj *et al.* (1999), associando radiação UV-C na dosagem de $3,7 \times 10^{-2} \text{ J.m}^{-2}$ à temperatura de armazenamento de $16 \text{ }^\circ\text{C}$ e à UR de 95%, constataram significativa redução do processo de senescência em tomates ‘Capello’ e que, quando altas dosagens de radiação ($24,4 \times 10^{-3} \text{ J.m}^{-2}$) eram aplicadas, estes estragavam mais rapidamente, chegando-se à conclusão de que uma possível ação negativa da UV-C talvez seja a elevação de níveis de putrescina.

A radiação ultravioleta é uma técnica comprovadamente eficaz na desinfestação por fungos e conservação de frutos, o que se deve a suas propriedades germicidas – basicamente consistentes na capacidade de desnaturação das proteínas e destruição do DNA microbiano, com conseqüente aumento de vida útil do produto (AGUAYO *et al.*, 2007) –, somado ao fato de que não deixa resíduos.

Jagger (1981) relata que a radiação UV abaixo de 300 nm é fortemente absorvida por proteínas e ácido nucléicos, resultando em efeitos letais e mutagênicos nos sistemas biológicos.

A aplicação da radiação UV-C apresenta a vantagem de não deixar radioatividade residual; entretanto, a luz UV-C não penetra muito profundamente nos produtos. Assim, é usada mais freqüentemente para a esterelização em superfícies (MORGAN, 1989).

Na literatura mundial, não são comuns trabalhos sobre a utilização da luz ultravioleta na influência e/ou controle de moscas-das-frutas ou qualquer outra praga quarentenária. O uso da tecnologia de aplicação de luz UV deve ser mais bem estudado no que diz respeito à efetividade de penetração nos materiais e aos níveis de luz aplicados, pois os efeitos da radiação são variáveis segundo as espécies, e até mesmo dentro de cada espécie (GUERRERO-BELTRÁN E BARBOSA-CÁNOVAS, 2004).

2.6.5 Tratamentos combinados

Diversas técnicas utilizando tratamentos físicos em pós-colheita de frutos, como a aplicação de calor, do frio, irradiação (ionizante), radiação UV-C (não-ionizante), associados ao uso de atmosferas modificadas, inibidores do amadurecimento e armazenamento

refrigerado (VICENTE *et al.* 2006; PINHEIRO *et al.* 2005; HEATHER e HALLMAN, 2008), vêm sendo desenvolvidas e aprimoradas para atender às exigências dos países consumidores de frutas.

O uso de atmosfera modificada, ativa ou passiva, também é um método empregado para ampliar a vida de prateleira dos vegetais, pode ser feito mediante o acondicionamento em filmes plásticos, pela injeção de gases na embalagem ou pelo recobrimento com ceras especiais (ARRUDA *et al.* 2004; PEREIRA *et al.* 2003).

Glass e Chapman (1961) observaram o efeito de 3% de O₂ e 3% de CO₂, às temperaturas de 1,7 e 3,4 °C, sobre *Conotrachelus nenuphar* (Herbst) (Coleoptera: Curculionidae) e *Rhagoletis pomonella* (Walsh) (Diptera: Tephritidae), ambas pragas da maçã. Concluíram que essas condições foram letais para a primeira espécie após 33 dias de exposição e, após 90 dias, para a segunda espécie.

A exposição de lagartas de *Cydia pomonella* (L.) à atmosfera controlada contendo 1,5 a 2,0% de O₂ < 1,0 % de CO₂ a temperaturas de 0,56 °C por 13 semanas previne a emergência de adultos dessa espécie de lepidóptero, sendo esse lapso de tempo equivalente ao período de transporte e comercialização de maçãs no mercado internacional (TOBA e MOFFITT, 1986).

Lima (2003) observou redução de metabolismo e aumento em 20 dias do tempo de prateleira de goiabas ‘Pedro Sato’ tratadas com cálcio e 1-MCP associados a embalagem e refrigeração. Cerqueira *et al.* (2007), utilizando embalagens tipo PD 900, PVC, PP e PEBD em goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a 22°C (± 2) e 70 % UR, observaram que houve redução da perda de massa até o fim do oitavo dia de armazenamento.

3 CAPÍTULO I: AJUSTE DE EQUIPAMENTOS UTILIZADOS PARA O TRATAMENTO HIDROTÉRMICO COM ÁGUA QUENTE E CONSTRUÇÃO DO EQUIPAMENTO DE RADIAÇÃO UV-C

3.1 INTRODUÇÃO

Os tratamentos quarentenários exigem um nível elevado de segurança fitossanitária. Ausente tal condição, há possibilidade de sobrevivência de pragas, com conseqüentes prejuízos sócio-econômicos, sobretudo em se tratando de uma grande escala comercial – espécimes remanescentes podem ser interceptados pelo sistema de inspeção fitossanitária, por exemplo, e com isso gerar rejeição da carga ou até mesmo o bloqueio momentâneo da exportação.

Níveis adequados e seguros de eliminação de pragas em vegetais e que mantenham a qualidade dos produtos são os maiores desafios durante o desenvolvimento dos tratamentos quarentenários, visto que alterações físicas e químicas podem ocorrer durante sua aplicação e, também, que este tratamento deve ser economicamente viável ao produtor rural.

Neste capítulo, o objetivo foi promover o ajuste dos equipamentos envolvidos na aplicação do tratamento hidrotérmico à base de água quente (banho-maria Dubnoff) e a construção do equipamento de radiação UV-C.

Testes preliminares foram realizados no intuito de avaliar a variação da temperatura do equipamento, bem como a migração de calor no interior de goiabas ‘Kumagai’. Em relação ao equipamento de radiação UV-C, aspectos relacionados à construção, como a avaliação do espectro luminoso da lâmpada e testes de intensidade de radiação em diferentes materiais e distâncias da fonte luminosa, foram abordados, como requisitos básicos necessários à condução dos estudos subseqüentes.

3.2 MATERIAL E MÉTODOS

3.2.1 Monitoramento da temperatura da água no banho-maria

Esse experimento foi realizado no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI-UNICAMP).

A primeira etapa consistiu em avaliar o padrão da variação de temperatura da água em função do tempo, dentro do equipamento de banho-maria Dubnoff modelo NT 232. A importância desse passo está em que, muito embora os equipamentos de tratamento hidrotérmico tenham, de um modo geral, uma faixa de erro predeterminada pelo fabricante, com a ação dos anos, a própria utilização e dificuldades de manutenção adequada, pode haver mudanças desses níveis, sem cuja avaliação ficariam comprometidos os resultados de experimentos que utilizassem o instrumental em questão.

O equipamento banho-maria possui capacidade para 28 litros, com aquecimento controlado por termostato e agitação constante até aproximadamente 10 rpm. Para o acompanhamento da temperatura em seu interior, foi utilizado termopar tipo T (cobre constantan) com agulha hipodérmica acoplado a um sistema de aquisição de dados Stanford Research Systems Model SR 630 e conectado a um computador Lg Satélite, com sistema operacional Microsoft Windows XP Professional versão 2002, no qual as temperaturas foram registradas e armazenadas a cada minuto.

O monitoramento dos ensaios foram feitos através de Termopares tipo T, previamente ajustados por termômetro de coluna de mercúrio, que também foi inserido na água durante os testes. Foram monitoradas as temperaturas de 42,0 a 50,0 °C, com intervalos de 1°C. Após a estabilização, as respectivas temperaturas foram registradas e armazenadas durante 60 minutos.

3.2.3 Avaliação da temperatura no interior de goiabas ‘Kumagai’

Após a verificação da variação da temperatura da água, foi avaliado o comportamento das temperaturas no interior das goiabas ‘Kumagai’, durante o tratamento hidrotérmico de dupla imersão (primeiro o banho em água quente e depois em água fria a 10 °C).

Foram utilizadas goiabas com estágio de maturação denominado verde-claro, correspondente à coloração número 2 da escala de cores do Programa Paulista para a Melhoria dos Padrões Comerciais e Embalagens de Hortifrutigranjeiros (Ministério da Integração Nacional Secretaria de Infra-estrutura Hídrica; Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola - FRUTISSÉRIES 1, 2001). Três goiabas foram empregadas por tratamento, sendo cada fruto considerado uma repetição. Dois termopares tipo T com agulhas hipodérmicas foram inseridos, um com a ponta desta à profundidade de 5 mm da superfície e

o outro com ela no centro de cada fruto. O diâmetro das goiabas foi medido através de paquímetro digital Mitutoyo, com precisão de 0,01 mm, para que os termopares que foram colocados no centro de cada fruto fossem marcados na posição correta antes da inserção.

A utilização de termopares posicionados no centro da goiaba, por sua vez, foi necessária para avaliar o tempo gasto até que a temperatura determinada no equipamento de banho-maria alcançasse a posição mais distante da fonte de calor, caso o equipamento fosse utilizado para testes com larvas de *C. capitata*.

Para impedir a entrada de água nos furos provocados pelos termopares, foi realizada sua vedação, colocando-se uma camada fina de massa de calafetar no entorno dos termopares na superfície do fruto.

As temperaturas da água avaliadas foram de 42,0 a 50,0 ($\pm 0,5$) °C, com intervalos de 1 °C. Quando as temperaturas programadas eram registradas no centro das goiabas submersas, estas eram retiradas e imediatamente transferidas para a água fria a 10 °C, disponibilizada em becker de vidro com capacidade de 5 L. A temperatura no interior do Becker era monitorada por termopares e ajustada por meio de termômetro de coluna de mercúrio.

Para a manutenção da temperatura da água a 10 °C, foram utilizadas pedras de gelo e agitação manual para uniformizar a temperatura, procedimento também monitorado mediante o uso de termopares na água. As goiabas permaneceram em água fria até o resfriamento do fruto a aproximadamente 20 °C, sendo a temperatura monitorada por computador. As posições dos termopares nas goiabas podem ser visualizadas na Figura 01 A e B.

A colocação das goiabas, à temperatura ambiente, no banho-maria (a temperaturas mais elevadas) produz, naturalmente, um estresse nos frutos, cuja severidade é determinada pelo aumento da temperatura e tempo de imersão. Aliás, o risco dos tecidos serem danificados pelo calor é uma das razões pelas quais existe uma variedade tão grande de tratamentos.

Os danos podem ser internos ou externos. Os externos normalmente aparecem como escurecimento da casca (presença de escaldaduras) ou amarelamento de frutos de casca verde. Os danos internos se manifestam como desenvolvimento fraco de cor de polpa, amaciamento anormal, não degradação do amido e escurecimento da polpa (BATISTA *et al.* 2001).

Após o tratamento, os frutos foram avaliados visualmente para verificar se houve influência da temperatura na cor da casca das goiabas (frutos com a presença de escaldaduras), foram descartados.



(A)



(B)

Figura 01. A) Posições dos termopares a duas profundidades em goiabas submetidas ao tratamento hidrotérmico. B) Goiabas com termopares imersos em becker com água fria a 10 °C.

3.2.4 Equipamento de radiação ultravioleta

A câmara para o tratamento com radiação UV-C adaptado de Allende e Artés (2003a) foi construído no Laboratório de Materiais e Estruturas da FEAGRI-UNICAMP e instalado no Laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita da FEAGRI-UNICAMP (Figura 02 A e B).

O irradiador de UV-C é constituído de uma estrutura de madeira com cantoneiras de ferro com dimensões de 1,66 m de altura x 1,14 m de comprimento x 0,60 m de largura, sendo provido de 4 rodas, na base, para locomoção. No interior dessa estrutura foram colocadas cantoneiras de ferro como suportes laterais para as prateleiras, a fim de que estas pudessem ser removíveis e permitisse escolher quatro distâncias entre a fonte luminosa e o produto a ser tratado. Das prateleiras, uma, central, se destina à disposição dos frutos e as outras, inferior e superior, contém lâmpadas. No total, compõem o irradiador doze lâmpadas germicidas UV-C, de vapor de mercúrio a baixa pressão, da marca Philips, com potência de 30 W cada e comprimento de onda de 254 nm, sendo dispostas seis na parte superior e seis na parte inferior móvel (prateleira). Integram, ainda, o equipamento instalações elétricas e dois exaustores da

marca Qualitás modelo Q90SA3 instalados em cada lateral. A parte interna foi forrada com papel alumínio, para reflexão da luz (Figura 02 A e B).

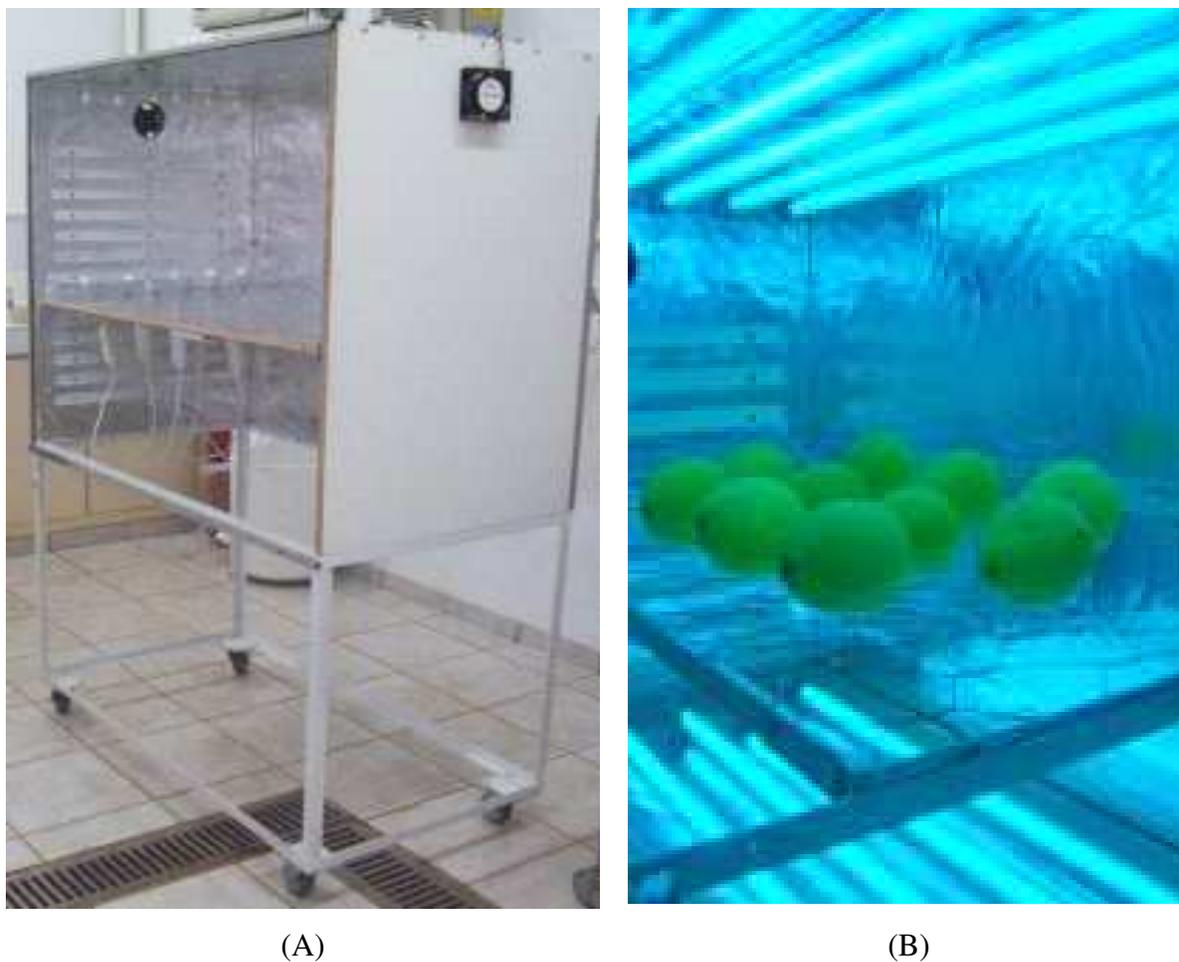


Figura 02. A) Equipamento de radiação UV-C localizado em Laboratório de Pós-Colheita (FEAGRI/UNICAMP). B) Posicionamento das goiabas na prateleira central durante aplicação de radiação UV-C.

O espectro luminoso da lâmpada utilizada nesse equipamento foi avaliado no Laboratório de Óptica do Instituto de Física da UNICAMP. O procedimento realizado em sala limpa constituiu em posicionar espectrômetro da Ocean Optics de alta resolução, modelo HR 4000 CG- UV- NIR, diante da fonte luminosa, utilizando-se um sistema para aquisição dos dados da intensidade da radiação, acoplado ao computador.

As intensidades das lâmpadas foram medidas antes de todos os ensaios, mediante o emprego de radiômetro digital Newport Optical Power Meter Model 1830-C, pertencente ao

Laboratório de Óptica do Instituto de Física da UNICAMP e cujas intensidades de radiação UV-C são expressas em mW/cm^2 e transformadas em kJ/m^2 , para melhor comparação com outros trabalhos encontrados na literatura.

Diferentes materiais (tela de tecido tipo filó, tela de ferro zincado e tela de aço com malhas hexagonais de 6,0 x 7,0 cm) foram testados, com o objetivo de avaliar a passagem da radiação na prateleira central. Após a escolha desse material, foram realizados ensaios para avaliar a intensidade das lâmpadas nas quatro distâncias estabelecidas de 8, 22, 27 e 33 cm da fonte luminosa.

Para avaliação da intensidade da lâmpadas foram feitas medidas em três pontos centrais da prateleira, nas quatro distâncias estabelecidas. O sensor do radiômetro foi direcionada para cima e para baixo, visando a obter uma média de intensidade das lâmpadas localizadas nas duas faces da prateleira (seis leituras).

A intensidade das lâmpadas utilizada nos experimentos representa a média das seis leituras realizadas. Foram utilizados, por medida de segurança, equipamentos de proteção individual, como óculos Uvex Safety Eyewear, máscara de proteção para os olhos e luvas.

3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.3.1 Avaliação da temperatura da água no banho-maria

O equipamento de banho-maria Dubnoff modelo NT 232 foi aferido por um período de 60 minutos, através da avaliação das temperaturas da água (após estabilização de cada temperatura) de 42,0 a 50,0 °C, com intervalos de 1°C. Os resultados dos ensaios indicaram que a variação máxima em todas as temperaturas avaliadas foi $\pm 0,5$ °C, como pode ser visualizado na Figura 03.

A variação de temperatura observada pode ser atribuída à falta de ajuste do equipamento, ou mesmo a características intrínsecas de desempenho deste. Segundo Braga (2008), existem limitações dos termostatos mecânicos, com possibilidade, mesmo em havendo a necessária calibração de fábrica, de um desempenho pobre em termos de precisão, fato em parte explicável pela presença de componentes mecânicos, que podem desgastar-se com o tempo.

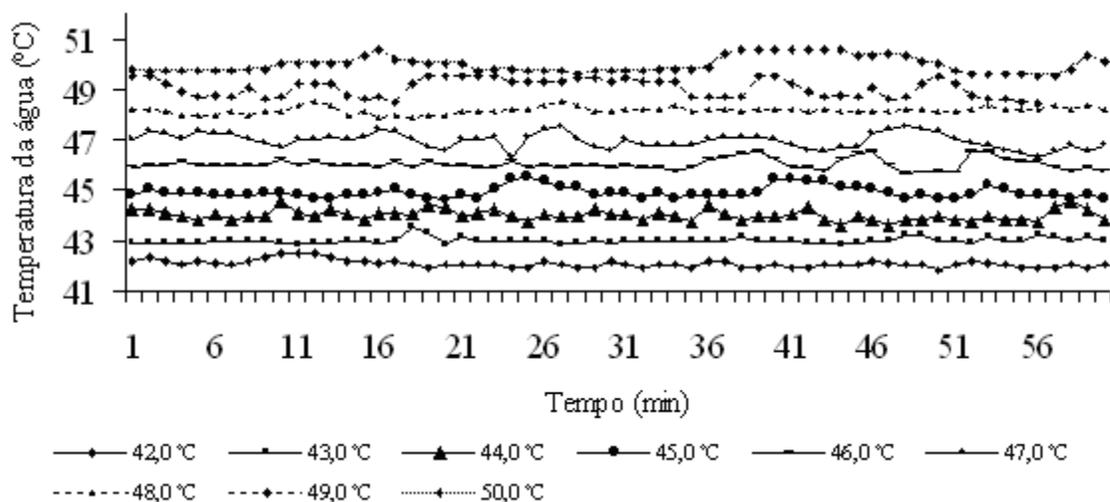


Figura 03. Variação das temperaturas da água de 42,0; 43,0; 44,0; 45,0; 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 e 50,0 °C, obtidas em banho-maria após 60 minutos de funcionamento com agitação constante.

3.3.2 Avaliação da temperatura no interior de goiabas ‘Kumagai’

Na Tabela 01 podem ser visualizados temperaturas da água, diâmetros das goiabas, lapsos de tempo para a temperatura da água atingir a profundidade de 5 mm, médias desses lapsos, tempos gastos em água a 10 °C para resfriamento dos frutos, médias desses tempos, posição do termopar no centro da goiaba, lapsos de tempo para a temperatura da água atingir o centro da goiaba, médias desses lapsos, tempos gastos em água a 10 °C para resfriamento dos frutos, médias desses tempos.

Na Tabela 02 estão dispostas as equações de regressão (tempo x temperatura), cada uma correspondendo à média de três outras equações de regressão, extraídas a partir dos dados da tabela 01, para as temperaturas e profundidades estudadas.

As médias dos tempos de exposição, verificados em termopar inserido a 5 mm, para as temperaturas de 42,0 a 50,0 ± 0,5 °C com intervalos de 1 °C, foi de 79,0; 64,6; 62,6; 61,6; 46,0; 36,0; 26,0; 16,0 e 12,0 minutos, respectivamente. À medida em que a temperatura da água era aumentada, o tempo para que essa temperatura chegasse a 5 mm dentro da goiaba diminuía, o que se deve à maior velocidade na transferência de calor quando se utilizam temperaturas mais altas (o aumento da temperatura no interior das frutas é inversamente proporcional ao tempo de exposição). Ainda a essa profundidade, houve diferença entre os tempos de imersão dos frutos tratados à mesma temperatura, o que se deve ao fato de terem

sido utilizados frutos diferentes para cada tratamento (podem eles apresentar forma, tamanho e composição distintos).

Para os termopares inseridos no centro das goiabas, o tempo de exposição nas temperaturas de 42,0 a 50,0 \pm 0,5 °C com intervalos de 1 °C foi de 115; 79,6; 64,3; 76,3; 76,0; 61,0; 51,0, 43,0 e 37,0 minutos, respectivamente. Houve uma pequena discrepância em relação a média do tempo de imersão do tratamento a 44,0 \pm 0,5 °C ser menor que a média do tempo de imersão do tratamento a 45,0 \pm 0,5 °C, porém, como se trata da utilização de frutos diferentes, pelos motivos citados anteriormente, esse fato seja perfeitamente compreensível.

Paralelamente, quando os frutos aquecidos passaram para a segunda imersão do tratamento em água fria a 10 °C, os valores de tempo de exposição ficaram bastante próximos, sem que fossem lineares, obtendo-se uma variação média no tempo de 4,0 a 6,3 minutos para os termopares inseridos a 5 mm e de 19,3 a 25,3 minutos para os termopares inseridos no centro das goiabas.

Nesse experimento, observamos que a velocidade de transferência de calor dos frutos quentes para água fria foi maior em relação aos frutos que estavam em condição ambiente e tiveram suas temperaturas aumentadas.

Foi observada a presença de escaldaduras nas cascas das goiabas tratadas acima de 46,0 (\pm 0,5) °C. A causa disso está possivelmente ligada ao longo período de imersão dos frutos a essas temperaturas, que permaneciam na água quente até que a temperatura estudada chegasse no centro. Chitarra e Chitarra (2005) afirmam que as desordens por excesso de calor correspondem aos danos ao produto quando este é submetido a temperaturas mais elevadas que a do ar, e podem ocorrer tanto no campo, aquecidas pelo sol, quanto durante o armazenamento, ou, ainda, pela aplicação de tratamentos que aumentem a temperatura do produto.

Ponzo (2009) observou escaldadura em goiabas 'Kumagai' tratadas em água às temperaturas de 58,0 °C, por 3, 5 ou 10 minutos, e de 53,0 °C, por 5 ou 10 minutos. Em um segundo experimento, constatou que as combinações de temperatura de 50,0 °C com os tempos de 5 ou 10 minutos não provocaram escaldadura em goiabas, além de apresentarem alta eficiência no controle do fungo causador da antracnose.

Tabela 01. Respectivamente, coluna a coluna: 1) temperatura da água; 2) diâmetros das goiabas; 3) lapsos de tempo para a temperatura da água atingir a profundidade de 5 mm; 4) médias desses lapsos; 5) tempos gastos em água a 10 °C para resfriamento dos frutos; 6) médias desses tempos; 7) posição do termopar no centro da goiaba; 8) lapsos de tempo para a temperatura da água atingir o centro da goiaba; 9) médias desses lapsos; 10) tempos gastos em água a 10 °C para resfriamento dos frutos; 11) médias desses tempos.

Temperatura da água (± 0,5 °C)	Ø da goiaba (mm)	Tempo a 5mm (min.)	Média Tempo (min.)	Tempo em H ₂ O 10°C (min.)	Média Tempo em H ₂ O 10°C (min.)	Posição do termopar (mm)	Tempo no centro (min.)	Média Tempo (min.)	Tempo em H ₂ O 10°C (min.)	Média Tempo em H ₂ O a 10°C (min.)
42 °C	64,65	67	79,0	6	5,3	32,33	135	115,0	23	24,0
	65,06	83		5		32,51	97		24	
	63,41	87		5		31,70	113		25	
43 °C	66,12	51	64,6	3	4,0	33,06	66	79,6	24	24,6
	61,94	74		4		30,97	87		26	
	63,27	69		5		31,63	86		24	
44 °C	61,74	69	62,6	4	6,3	30,87	58	64,3	29	22,0
	64,71	59		8		32,35	72		13	
	60,83	60		7		20,27	63		24	
45 °C	63,99	33	61,6	8	5,6	31,99	76	76,3	27	25,3
	61,49	77		4		30,75	76		23	
	64,42	75		5		32,21	77		26	
46 °C	60,75	41	46,0	3	4,3	30,37	70	76,0	17	19,3
	64,28	56		5		32,14	88		21	
	60,08	42		5		30,04	70		20	
47 °C	59,02	30	36,0	4	5,6	29,51	57	61,0	20	20,6
	57,92	35		6		28,71	63		20	
	63,32	43		7		31,66	63		22	
48 °C	61,60	28	26,0	8	5,0	30,8	52	51,0	21	21,0
	59,50	24		4		29,75	47		20	
	62,26	26		3		31,13	53		22	
49 °C	59,74	14	16,0	5	5,3	29,86	37	43,0	19	19,3
	59,87	22		6		29,93	48		18	
	63,38	13		5		31,69	44		21	
50 °C	62,76	10	12,0	3	4,3	31,38	43	37,0	20	21,6
	61,11	14		5		30,55	36		23	
	59,10	11		5		29,55	33		22	

Tabela 02 – Equações de regressão (tempo x temperatura) – cada uma correspondendo à média de três outras equações de regressão, extraídas a partir dos dados da tabela anterior, para as temperaturas e profundidades estudadas.

Trat.	5 mm	Centro
42 °C	$Y = 4,4757\text{Ln}(x) + 28,631$	$y = 5,7281\text{Ln}(x) + 18,578$
43 °C	$y = 6,2556\text{Ln}(x) + 18,809$	$y = 5,8298\text{Ln}(x) + 17,109$
44 °C	$y = 6,0392\text{Ln}(x) + 22,574$	$y = 6,0026\text{Ln}(x) + 19,172$
45 °C	$y = 6,9722\text{Ln}(x) + 17,569$	$y = 6,3892\text{Ln}(x) + 15,306$
46 °C	$y = 7,2231\text{Ln}(x) + 21,018$	$y = 8,2006\text{Ln}(x) + 10,663$
47 °C	$y = 6,4749\text{Ln}(x) + 26,153$	$y = 8,2991\text{Ln}(x) + 13,886$
48 °C	$y = 7,6773\text{Ln}(x) + 20,914$	$y = 8,2634\text{Ln}(x) + 39,760$
49 °C	$y = 5,5253\text{Ln}(x) + 31,512$	$y = 9,2763\text{Ln}(x) + 11,531$
50 °C	$y = 2,9964\text{Ln}(x) + 39,820$	$y = 8,5743\text{Ln}(x) + 14,772$

3.4 Equipamento de radiação ultravioleta

3.4.1 Espectro luminoso da lâmpada

O espectro luminoso da lâmpada utilizada no equipamento de Radiação UV-C pode ser observado na Figura 04. O maior pico observado representa o maior comprimento de onda, ou seja, o comprimento de onda predominante da lâmpada, que foi de 254 nm, obedecendo à especificação do fabricante, e viabilizando o seu uso para radiação. Porém, outros picos significantes também foram emitidos por essa lâmpada, com comprimentos de onda acima de 300 nm, fato que pode ser considerado como um erro, resultando numa interferência na leitura do radiômetro e aumentando a leitura da intensidade.

Através da medição da intensidade das lâmpadas com a utilização do vidro hialino na prateleira central foi possível quantificar esse erro. Nos ensaios realizados, as médias das seis leituras captadas pelo radiômetro foi de 0,6739 mW, que, multiplicadas pelo fator de correção (0,08 – reflexão do vidro), resultam em um valor igual a 0,054 mW.

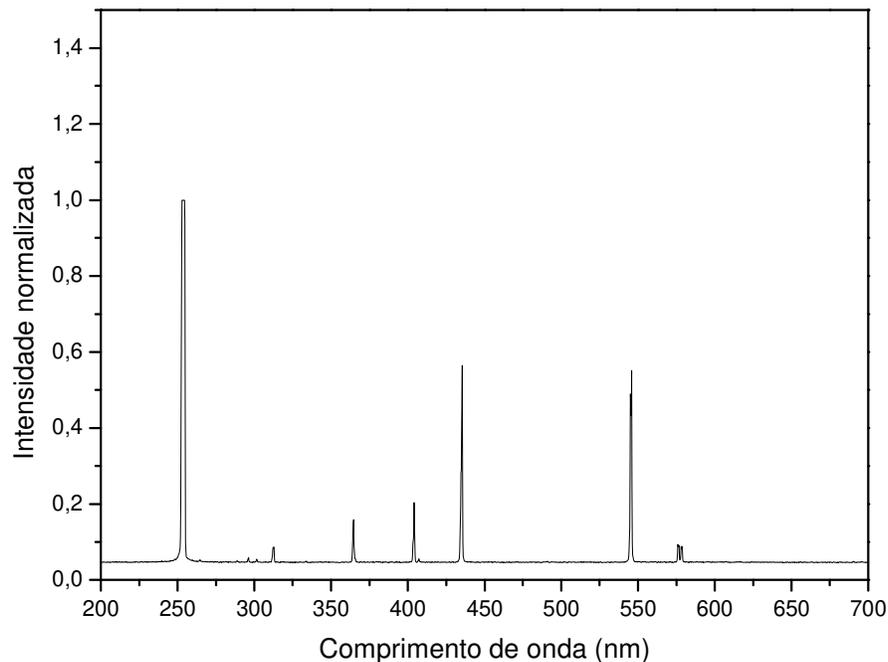


Figura 04. Espectro luminoso da lâmpada utilizada no equipamento de radiação UV-C, marca Philips, com potência de 30 W e comprimento de onda de 254 nm.

3.4.2 Intensidade das lâmpadas na prateleira central

No primeiro ensaio, foi avaliada a capacidade de passagem da radiação através da tela de filó, da tela de ferro zincado e da tela de aço com malhas hexagonais de 6,0 x 7,0 cm na prateleira central. Verificamos que a primeira, apesar de oferecer uma boa passagem de radiação UV-C, formou uma espécie de “barriga” quando colocados os frutos, não permitindo uma sustentação adequada deles e sendo, pois, descartado seu uso. As telas de ferro zincado e tela de aço com malhas hexagonais de 6,0 x 7,0 cm mantiveram os frutos bem dispostos na prateleira, sendo que a tela de tela de aço com malhas hexagonais de 6,0 x 7,0 cm permitiu maior passagem de radiação ($5,35 \text{ mW/cm}^2$) do que a tela de ferro zincado ($4,45 \text{ mW/cm}^2$), a 8 cm de distância da fonte de luz, sendo o fator determinante para a escolha desse material como componente do equipamento de UV-C. Para que os frutos não apresentassem manchas por queimaduras, estes eram virados (180°) na metade dos tempos estabelecidos, uniformizando a intensidade da radiação nas superfícies dos frutos.

A média das intensidades das lâmpadas às quatro distâncias estabelecidas, 8, 22, 27 e 33 cm, da fonte luminosa foram de 5,35; 4,75; 4,53 e 4,45 mW/cm², respectivamente. Esses valores indicam que, à medida em que distanciamos a prateleira central da fonte de luminosa, a intensidade de radiação também decresce. Por apresentar maior intensidade de radiação e oferecer um contato mais próximo do produto com a fonte luminosa, a distância de 8 cm foi escolhida para dar continuidade aos experimentos.

3.5 – CONCLUSÕES

3.5.1 – Tratamento hidrotérmico com água quente

A variação máxima da temperatura da água no equipamento banho-maria Dubnoff modelo NT 232 foi de $\pm 0,5$ °C para as temperaturas avaliadas. Através desse parâmetro foi possível obter as médias dos tempos de imersão, verificados por termopares inseridos em goiabas nas duas profundidades estudadas.

3.5.2 – Tratamento com radiação UV-C

O comprimento de onda predominante da lâmpada (Philips com potência de 30 W e comprimento de onda de 254 nm) é de 254 nm, viabilizando o seu uso para o fim de irradiação UV-C em alimentos e, pois, seu emprego neste trabalho.

A tela de aço com malhas hexagonais de 6,0 x 7,0 cm foi escolhida para utilização como suporte dos frutos na prateleira central por promover maior passagem de radiação e não causar danos nos frutos.

4 CAPÍTULO II - AVALIAÇÃO DA MORTALIDADE DE OVOS DE *Ceratitis capitata* (WIEDEMANN, 1824) (DIPTERA: TEPHRITIDAE) SUBMETIDOS AOS TRATAMENTOS HIDROTÉRMICO COM ÁGUA QUENTE E DE RADIAÇÃO UV-C

4.1 INTRODUÇÃO

Através dos ajustes e construção do equipamento de radiação UV-C estudados no capítulo anterior e suas conclusões, foi possível realizar a escolha dos tratamentos.

Diante da escassez de dados na literatura, sobre os efeitos que os tratamentos de água quente e de radiação UV-C possam causar, principalmente no que diz respeito à mortalidade de ovos de *C. capitata*, neste capítulo tal tema é abordado seguindo a ordem cronológica da realização dos experimentos.

O objetivo, aqui, foi avaliar a mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos aos tratamentos com água quente e com radiação UV-C e com ambos combinados.

Os experimentos foram divididos em duas etapas. Na primeira, ovos de *C. capitata* foram submetidos separadamente à diferentes temperaturas e tempos de imersões em água, e a intensidades crescentes de radiação UV-C (“*in vitro*”). Na segunda, goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório por *C. capitata* foram submetidas às diferentes temperaturas e tempos de imersão em água quente e intensidades crescentes de radiação UV-C e também à aplicação desses dois métodos, utilizando baixos níveis de ambos numa forma combinada (“*in vivo*”).

4.2 MATERIAL E MÉTODOS

4.2.1 Avaliação da mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento hidrotérmico com água quente (“*in vitro*”).

Esses experimentos foram realizados em laboratório de Tecnologia de Pós-Colheita da Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas (FEAGRI-UNICAMP). Os ovos de *C. capitata* utilizados neste experimento foram provenientes de criação estabelecida em 1993 pelo Laboratório de Entomologia Econômica do Instituto Biológico, em Campinas, SP.

Foi avaliada a mortalidade de ovos de *C. capitata* com no máximo 24 horas de idade submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria Dubnoff, a temperaturas de 42,0; 44,0; 46,0, 48,0 e 50,0 \pm 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 constou de oito repetições, cada qual com vinte ovos, contados sob microscópio estereoscópico. Os ovos eram transferidos para cadinhos de porcelana com capacidade de 50 ml e submetidos ao tratamento hidrotérmico. A contagem do tempo de imersão, com auxílio de termômetro de coluna de mercúrio, iniciava quando a temperatura da água do cadinho chegava à temperatura desejada.

Após a aplicação do tratamento hidrotérmico, os ovos de cada tratamento eram transferidos para placas de Petri de 10 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, e armazenados em B.O.D. à temperatura de 25 °C. Decorridas 24 horas dos tratamentos, procedia-se à avaliação da mortalidade dos ovos, em microscópio estereoscópico Citoval 2 (Carlzeiss Jena – com capacidade de aumento de 40 vezes). Os dados obtidos foram analisados estatisticamente, através do software InfoStat 1,0. As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.2.2 Avaliação da mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos à radiação UV-C (“*in vitro*”)

Este trabalho foi realizado na Universidade Politécnica de Cartagena (UPCT), em Murcia - Espanha, nos laboratórios do Grupo de Investigação de Proteção de Cultivos e Planta Piloto do Departamento de Tecnologia de Alimentos. Os ovos de *C. capitata* utilizados neste experimento foram provenientes de criação em laboratório estabelecida pelo Instituto Murciano de Investigação e Desenvolvimento Agrário e Alimentar (I.M.I.D.A), La Alberca, Murcia - Espanha.

O equipamento para a realização do tratamento de radiação UV-C era constituído de uma estrutura de madeira com cantoneiras de ferro e rodas na base. Composto por trinta lâmpadas germicidas UV-C, de vapor de mercúrio a baixa pressão, da marca Philips, com potência de 36 W e comprimento de onda de 254 nm (Eindhoven, The netherlands), dispostas quinze na parte superior e quinze na inferior, contando, ainda, com uma prateleira central forrada com rede de pesca.

Ovos de *C. capitata* foram submetidos às seguintes dosagens de radiação UV-C: 0 (testemunha); 0,087; 0,261; 0,348; 0,461; 0,692; 0,922; 1,384; 4,152; 5,534 e 8,302 kJm⁻² (T1; T2; T3; T4; T5; T6; T7; T8; T9; T10 e T11, respectivamente). Cada tratamento tinha dez repetições, cada uma das quais, por seu turno, sendo constituída de vinte ovos de no máximo, 48 horas de idade. A contagem dos ovos foi realizada em microscópio estereoscópico Olympus SZ40 e eles foram transferidos para placas de Petri contendo 20 ml de água destilada.

Após a irradiação, as placas foram divididas em duas sub-parcelas: uma armazenada em presença de 12 horas de luz, seguida de 12 horas de ausência de luz, e outra sob ausência total de luz. As placas de Petri foram dispostas em uma bancada mantida em sala climatizada a 25 °C, condição recomendada para o desenvolvimento dos ovos.

Decorridas 24 horas da aplicação dos tratamentos, a mortalidade dos ovos de *C. capitata* foi avaliada, com microscópio estereoscópico Olympus SZ61 possuindo câmera Olympus Altra 20 acoplada.

Com a finalidade de comparar as mortalidades verificadas no equipamento utilizado na UPCT, foram realizados experimentos utilizando o equipamento de radiação UV-C do Laboratório de Pós-colheita (FEAGRI-UNICAMP), com emprego de níveis de radiação UV-C próximos aos avaliados em Cartagena. Os ovos de *C. capitata* utilizados neste experimento foram provenientes de criação estabelecida em 1993 pelo Laboratório de Entomologia Econômica do Instituto Biológico, em Campinas, SP.

O Equipamento de radiação UV-C utilizado, descrito no capítulo anterior, pode ser visualizado na Figura 02. Ovos de *C. capitata* foram submetidos às seguintes doses de radiação UV-C: testemunha (sem aplicação de radiação UV-C); 0,087; 0,261; 0,348; 0,461; 0,691; 0,922; 1,383; 4,150; 5,534 e 8,301 kJm⁻² (T1; T2; T3; T4; T5; T6; T7; T8; T9; T10 e T11, respectivamente). Cada tratamento foi constituído de dez repetições, e cada parcela tinha vinte ovos, com no máximo 24 horas de idade. Os ovos foram contados em microscópio estereoscópico Citoval 2 (Carlzeiss Jena – com capacidade de aumento de 40 vezes), sendo transferidos para placas de Petri de 10,0 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, contendo 20 ml de água destilada e armazenadas em B.O.D. a 25° ± 0,2 °C.

Decorridas 24 horas da aplicação dos tratamentos, as placas foram avaliadas quanto à mortalidade dos ovos de *C. capitata*, em microscópio estereoscópico. Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, sendo as médias comparadas pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$).

4.3 Avaliação dos efeitos dos tratamentos de água quente, de radiação UV-C e desses tratamentos combinados na mortalidade de ovos de *C. capitata* em goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório (“*in vivo*”).

Esses experimentos foram realizados no laboratório de Tecnologia de Pós-colheita (FEAGRI-UNICAMP). Os ovos de *C. capitata* utilizados provinham de criação estabelecida do Laboratório de Entomologia Econômica do Instituto Biológico, em Campinas, SP.

As goiabas foram colocadas em gaiolas de acrílico, com adultos de *C. capitata* sexualmente maduros, forradas com tela antiafídica na parte superior e com um círculo forrado com tecido, na frente, para facilitar o manejo. Os frutos foram submetidos à infestação da mosca-do-mediterrâneo, por período proporcional ao tamanho da população de cada gaiola e ao número de frutos disponibilizados para infestação. Após a infestação, as goiabas foram submetidas aos tratamentos descritos a seguir. Os períodos de infestação, idade e número de adultos sexualmente maduros utilizados em cada tratamento podem ser visualizados na Tabela 03.

Tabela 03. Tempo de infestação, idade dos adultos e número de casais adultos de *C. capitata* sexualmente maduros utilizados para cada tratamento.

Tratamentos	Tempo de infestação (horas)	Idade dos adultos (dias)	Nº de casais (adultos/gaiolas)
Hidrotérmico	5	7	± 1800
Radiação UV-C	7	12	± 500
Tratamentos combinados	6	4	± 1000

Figura 06. Gaiolas contendo adultos de *C. capitata* sexualmente maduros para infestação de goiabas ‘Kumagai’.

4.3.1 Tratamento hidrotérmico com água quente

Foram realizados dois experimentos, o primeiro para avaliar se as temperaturas e tempos considerados de imersão a 5 mm no interior dos frutos (capítulo I), juntamente com as

temperaturas e tempos de imersões letais encontrados nos ensaios “*in vitro*”, são eficientes na mortalidade de ovos de *C. capitata* infestados artificialmente em goiabas ‘Kumagai’.

As goiabas foram submetidas ao tratamento hidrotérmico em banho-maria Dubnoff, às temperaturas de $46,0 \pm 0,5$ °C (T2); $47,0 \pm 0,5$ °C (T3); $48,0 \pm 0,5$ °C (T4), $49,0 \pm 0,5$ °C (T5) e $50,0 \pm 0,5$ °C (T6), com tempos de imersão de 46; 36; 26; 16 e 12 minutos, respectivamente. O tratamento 1, testemunha (T1), utilizou goiabas não tratadas. Cada tratamento tinha oito repetições, e em cada repetição empregada uma fruta.

O segundo experimento foi realizado no intuito de avaliar os efeitos do tratamento hidrotérmico na qualidade dos frutos (presença ou não de escaldaduras) e na mortalidade de ovos de *C. capitata* em goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório. Foram utilizadas temperaturas crescentes e tempo fixo de imersão em água. Os tratamentos aplicados pelo tempo fixo de 36 minutos de imersão foram os seguintes: sem aplicação de tratamento (Testemunha -T1), $42,0 \pm 0,5$ °C (T2); $43,0 \pm 0,5$ °C (T3); $44,0 \pm 0,5$ °C (T4); $45,0 \pm 0,5$ °C (T5), $46,0 \pm 0,5$ °C (T6), $47,0 \pm 0,5$ °C (T7) e $48,0 \pm 0,5$ °C (T8). Cada tratamento constou de oito repetições, sendo em cada repetição empregada uma fruta.

4.3.2 Radiação UV-C

O experimento de radiação UV-C foi constituído de 11 tratamentos, em que goiabas ‘Kumagai’ infestadas artificialmente por *C. capitata* foram colocadas em equipamento de radiação UV-C, em prateleira disposta a oito centímetros de distância da fonte luminosa, e expostas a doses crescentes de radiação, sendo elas: sem tratamento (Testemunha-T1); 0,54 (T2); 0,80 (T3); 1,0 (T4); 1,5 (T5); 2,0 (T6); 2,5 (T7); 3,0 (T8); 4,0 (T9); 8,0 (T10); $16,0 \text{ kJm}^{-2}$ (T11), com tempos de exposição de 10; 15; 18; 28; 37; 46; 55; 74; 148 e 296 segundos, respectivamente. Cada tratamento constou de oito repetições, composta por uma fruta cada.

4.3.3 Combinação dos tratamentos hidrotérmico e de radiação UV-C

Este experimento teve o objetivo de avaliar o efeito dos tratamentos combinados, medido através da mortalidade de ovos de *C. capitata* em goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório. O experimento constou de 11 tratamentos, utilizando baixas intensidades de radiação UV-C e baixas temperaturas sob tempo de imersão fixo de 36 minutos. O tratamento de radiação UV-C foi aplicado antes do tratamento hidrotérmico. Os tratamentos empregados

foram os seguintes: sem tratamento (Testemunha -T1); 0,54 kJm⁻² + 42 ± 0,5 °C (T2); 0,80 kJm⁻² + 42 ± 0,5 °C (T3); 0,54 kJm⁻² + 43 ± 0,5 °C (T4); 0,80 kJm⁻² + 43 ± 0,5 °C (T5); 0,54 kJm⁻² + 44 ± 0,5 °C (T6); 0,80 kJm⁻² + 44 ± 0,5 °C (T7); 0,54 kJm⁻² + 45 ± 0,5 °C (T8); 0,80 kJm⁻² + 45 ± 0,5 °C (T9); 0,54 kJm⁻² + 46 ± 0,5 °C (T10); 0,80 kJm⁻² + 46 ± 0,5 °C (T11). Foram feitas dez repetições, sendo usada uma fruta para cada repetição. Os níveis de radiação UV-C de 0,54 kJm⁻² e 0,80 kJm⁻² empregados para a combinação dos tratamentos foram escolhidos com base nos testes “*in vitro*”.

Após a aplicação dos tratamentos (de 4.3.1 a 4.3.3), cada fruto foi individualizado em tubo de PVC (13 cm diâmetro x 15 cm de altura) contendo uma placa de Petri (10 cm diâmetro x 1,5 cm de altura), com areia na sua base e tela de tecido tipo filó na parte superior, de modo a permitir o pupamento. As gaiolas foram armazenadas em câmaras tipo B.O.D. à temperatura de 23,0 ± 0,2 °C, por cerca de 20 dias (MALAVASI e ZUCCHI, 1999). Ao final deste período, a areia contendo as pupas era peneirada, com estas sendo contadas, colocadas em placas de Petri (também de 10 cm diâmetro x 1,5 cm de altura) e mantidas em B.O.D. a 25 °C, para posterior avaliação da emergência dos adultos.

Também com relação aos três tratamentos (de 4.3.1 a 4.3.3), a umidade relativa média no interior da câmara foi de 90%, nos primeiros 4 dias de experimento, monitorada por termohigrômetro digital, a fim de permitir as condições ideais para os desenvolvimentos embrionário e larval de *C. capitata*.

Os dados obtidos foram submetidos à análise estatística, através do software InfoStat 1.0. As médias obtidas foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Para avaliação das três técnicas em relação a índices quarentenários, os dados foram submetidos à análise de Probit através do programa Polo-PC, analisando-se as doses letais de 90%, 95% e 99,9968% (BAKER, 1939).

4.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.4.1 Avaliação da mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento com água quente (“*in vitro*”)

Observou-se diferença estatística nos parâmetros temperatura e tempo de imersão, expressando o efeito dos tratamentos na mortalidade observada dos ovos de *C. capitata*. Na Figura 05 pode ser observada a mortalidade percentual desses ovos.

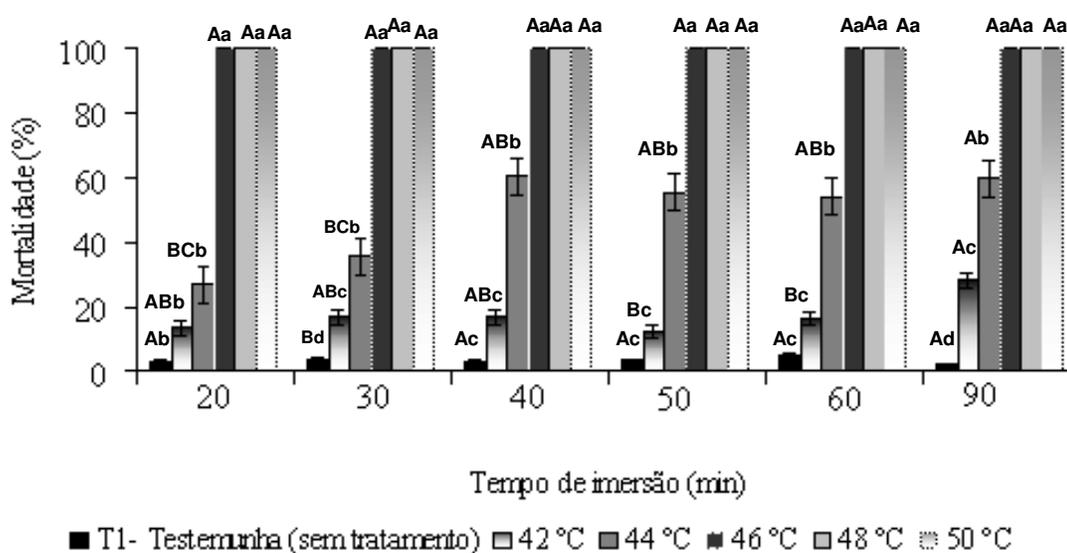


Figura 05. Mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento com água quente. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

As menores porcentagens de mortalidade de ovos de *C. capitata* foram verificadas para a testemunha (sem tratamento): 3,0; 4,0; 3,0; 3,5; 5,0 e 2,0 %, correspondentes aos tempos de imersão estudados. O aumento desses tempos conduziu a um acréscimo na porcentagem de ovos mortos, como foi observado para temperaturas de $46,0 \pm 0,5$ °C (durante 20 minutos), $48,0 \pm 0,5$ °C e $50,0 \pm 0,5$ °C, quando ocorreu uma mortalidade de 100%.

Dória *et al.* (2004) observaram que temperaturas de 44,0 e 46,0 ± 0,5 °C durante 90 minutos apresentaram maiores porcentagens de ovos viáveis de *C. capitata* em goiabas, sem demonstrar segurança quarentenária.

Corcoran (1993) observou mortalidade completa de ovos de *Bactrocera tryoni* (Froggatt) (Diptera:Tephritidae) com 4 horas de idade, submetidos ao tratamento hidrotérmico a 45 °C por 5 minutos. Para ovos com 30 horas de idade, o autor não verificou diferença com relação à sobrevivência observada no tratamento testemunha, concluindo que o período embrionário pode ser um fator determinante da maior ou menor tolerância ao calor.

Jang (1986) verificou uma taxa de mortalidade de ovos abaixo de 90% para *C. capitata*, *Dacus dorsalis* (Hendel) e *Bactrocera curcubitae* (Coquillett) (Diptera:Tephritidae), em temperatura de imersão de 43 °C por até 60 minutos, ressaltando que *C. capitata* foi a espécie mais termotolerante.

Waddell (1997) relatou que ovos de *Bactrocera melanotus* (Coquillett) e *B. xanthodes* (Broun) no início do período embrionário são menos resistentes ao tratamento hidrotérmico com água quente do que quando já próximos à eclosão das larvas. Mendonça *et al.* (2000) verificaram que larvas de 3º instar de *Anastrepha suspensa* têm maior tolerância ao tratamento hidrotérmico a 48 °C do que larvas de 1 e 2º instares na mesma temperatura.

As faixas de temperatura e de tempo de imersão encontradas no presente experimento estão de acordo com aquelas consideradas eficientes para o controle da mosca-do-mediterrâneo, de acordo com o regulamento do Departamento de Agricultura dos Estados Unidos para papaia e manga, que são de 48,0 °C e 46,0 °C durante 20 e 75–90 minutos, respectivamente (USDA,1997).

Com base nas análises destes resultados, foi conduzido outro experimento, no intuito de verificar a mortalidade de ovos num intervalo de tempo de imersão inferior a 20 minutos para a temperatura de 46,0 ± 0,5 °C. A mesma metodologia utilizada no ensaio anterior foi empregada neste experimento, porém os ovos foram imersos pelos tempos de 2; 5; 10; 15 e 20 minutos além da testemunha (T1 - sem aplicação de tratamento).

Imersos os ovos a 46 ± 0,5 °C, observou-se entre os tratamentos, diferença estatística de mortalidade, a qual se mostrou crescente à medida em que era aumentado o tempo de imersão. A Figura 06 retrata o percentual de mortalidade desses ovos.

Constatou-se baixo percentual de mortalidade de ovos de *C. capitata* (1,25 %) para o tratamento 1 (testemunha), enquanto para os tempos 2, 5, 10, 15 e 20 minutos, os percentuais de mortalidade foram de 52,5; 60,6; 61,2; 78,7 e 100%, respectivamente.

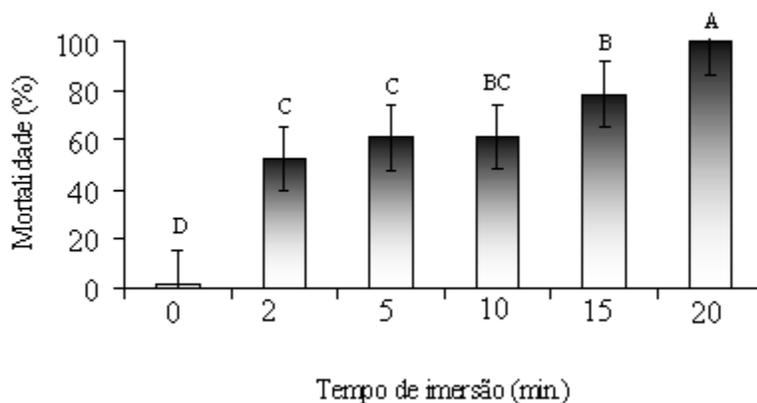


Figura 06. Mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento com água quente a $46 \pm 0,5$ °C, em tempos de imersões de 0 (testemunha), 2, 5, 10, 15 e 20 minutos. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As temperaturas abaixo de $46,0 \pm 0,5$ °C durante 20 minutos de imersão em água quente não são eficientes para eliminar 100% de ovos de *C. capitata*, o que confirma os resultados obtidos no primeiro experimento e indica que as duas populações de moscas-do-mediterrâneo testadas (da Espanha e do Brasil) têm tolerâncias à água quente similares.

4.4.2 Avaliação da mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos à radiação UV-C (“*in vitro*”)

Observou-se diferença estatística de mortalidade quando variadas as dosagens de radiação UV-C. Também se verificou diferença estatística de mortalidade na interação entre dosagens de radiação UV-C e armazenamentos com doze horas de luz e na ausência de luz. Na Figura 07 são apresentados os percentuais de mortalidades desses ovos.

Houve diferença significativa entre o T1 (testemunha) e os demais tratamentos, verificando-se alta viabilidade de ovos nas condições de temperatura e armazenamentos

empregadas no experimento (destacadas no item 4.2.2), como pode ser visualizado na Figura 10, A e B.

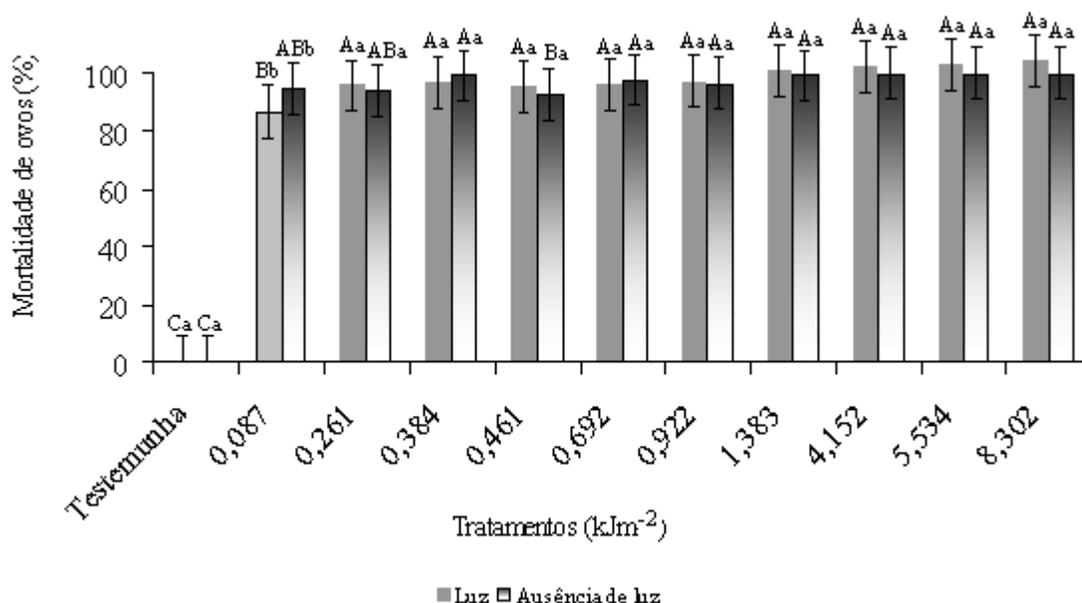


Figura 07. Mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos a dosagens crescentes de radiação UV-C e ao armazenamento em presença de 12 horas de luz e em ausência de luz. Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) dentro de cada tratamento. Médias seguidas pela mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$) entre os tratamentos.

Apesar de não haver diferenças estatísticas entre os tratamentos 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11, verificou-se 100% de mortalidade de ovos nos tratamentos 8, 9, 10 e 11, em ambos os tipos de armazenamento empregados, indicando que ovos de *C. capitata* submetidos a intensidades testadas de radiação UV-C apresentam distúrbios irreparáveis.

O aumento da intensidade de radiação UV-C conduziu o aumento na mortalidade de ovos. Esse comportamento foi igualmente observado para moscas-das-frutas por vários pesquisadores, quando utilizadas outras técnicas de desinfestação, como radiação gama (WALDER 1993; ARTHUR e WIENDL 1994; RAGA *et al.*, 1996) e tratamento hidrotérmico com água quente (CORCORAN, 1993; THOMAS e MANGAN, 1995; DÓRIA *et al.*, 2004; LURIE *et al.*, 2004; LOPES *et al.*, 2008).

Na técnica de UV-C, o papel desempenhado pela desnaturação das proteínas é o de ensejar a despolarização da membrana das células e gerar um fluxo iônico anormal no interior destas, atingindo seu DNA e levando à letalidade das formas imaturas, caso elas não consigam proceder os reparos em nível celular (AGUAYO *et al.*, 2007). O mesmo processo pode ocorrer em ovos de *C. capitata*, mediante sua constituição físico-química.

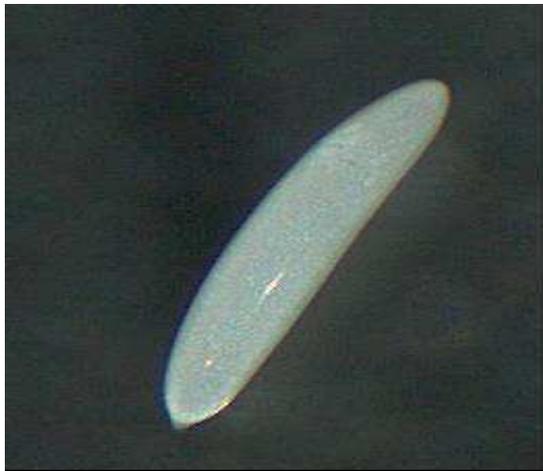
A porcentagem de mortalidade de ovos de *C. capitata* sob radiações iguais ou superiores a $1,383 \text{ kJm}^{-2}$ (T8) e armazenados em presença de luz foi de 100%, a partir da qual os ovos não são capazes de reparar os danos causados pela radiação (Figura 09). Abaixo dessa dose, existe também uma alta mortalidade de ovos, mas que não permite segurança quarentenária “*in vivo*”. Os danos visíveis durante o desenvolvimento embrionário, destacados pela coloração marrom de ovos foram observados 24 horas após a aplicação de $1,383 \text{ kJm}^{-2}$ (Figura 08, C e D).

Machado (1991) também observou manchas escuras em ovos de *Apis mellifera* L. (Hymenoptera: Apidae) irradiados com luz UV-C. Inicialmente localizadas na região anterior do ovo, as manchas se espalharam, chegando a ocupar todo o embrião.

Estudos realizados em embriões de diferentes espécies de insetos, antes da formação da blastoderme celular, como em *Drosophila melanogaster*, *Smittia* sp. e *Sciara ocellaris*, demonstraram que a irradiação causa a inativação dos embriões (VON BORSTEL e WOLFF 1995).

Machado (1997) verificou que a radiação UV-C por 10 minutos sobre ovos de *A. mellifera* com 0 a 4 horas de idade induz o aparecimento de diversos tipos de anomalias, como mutações, atraso e alterações no desenvolvimento.

Cardoso (1987) relatou que ovos de *C. capitata* de até 24 horas de idade são mais sensíveis à radiação ultravioleta de 254 nm, que lhes causa danos ao DNA e resulta em baixa eclosão de larvas, produção de cinco tipos de mutações morfológicas e baixa capacidade de inseminação dos machos.



(A)



(B)



(C)



(D)

Figura 08. A- Ovos sadios (não radiados); B- Larvas eclodidas do T1(não radiados); C e D- ovos submetidos à dose de radiação UV-C de $1,384 \text{ kJm}^{-2}$.

O experimento realizado com o equipamento da FEAGRI sobre o efeito de doses crescentes de radiação UV-C, com níveis aproximados ao experimento anterior e expressos em percentagem de mortalidade, pode ser visualizado na Figura 09. Observou-se diferença estatística de mortalidade para as diversas dosagens de radiação UV-C aplicadas.

Verificou-se mortalidade de 1,0 % de ovos para o tratamento 1 (testemunha), enquanto para os tratamentos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11 as percentagens de mortalidade foram de 87,5, 93,5; 95,5; 96,5; 95,5; 96,5; 100; 100; 100 e 100 %, respectivamente.

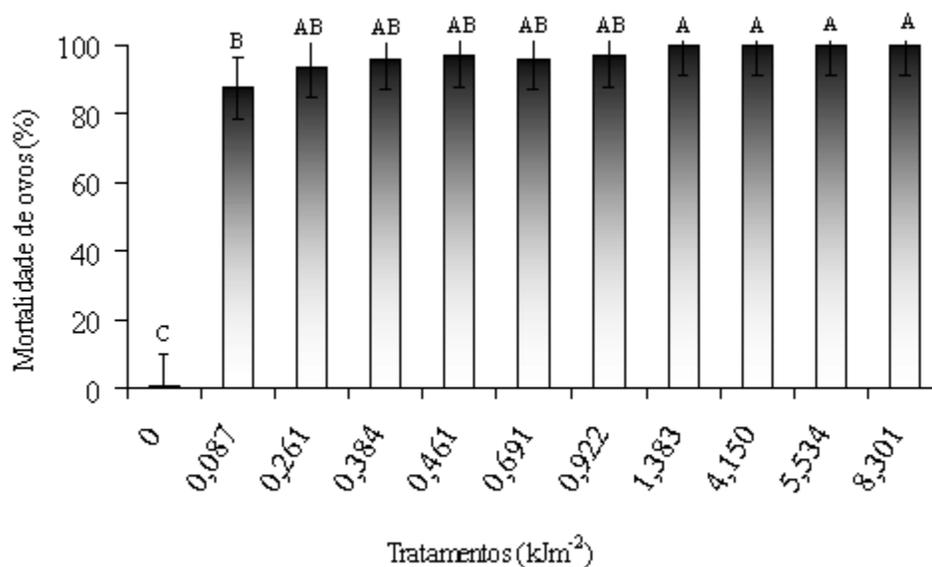


Figura 09. Mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos a dosagens crescentes de radiação UV-C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Não houve diferença estatística entre os tratamentos 3, 4, 5, 6 e 7, com doses de radiação UV-C de 0,261; 0,348; 0,461; 0,691 e 0,922 kJm⁻², respectivamente. Porém, essas doses de radiação UV-C influenciaram significativamente a mortalidade dos ovos, denotada pela coloração marrom verificada sob microscópio estereoscópico.

Apesar do tratamento 6 possuir uma dose maior de radiação UV-C do que o tratamento 5, foi nele observada uma média de mortalidade de ovos menor, demonstrando que há diferença intra-específica na resistência à radiação UV-C. Por esse motivo, os insetos submetidos à radiação UV-C não apresentam a função denominada logarítmica de mortalidade. Mendonça *et al.* (2000) observaram o mesmo fenômeno aplicando tratamento hidrotérmico com água quente em pêssegos infestados por *C. capitata*, afirmando que curvas de mortalidade com características não lineares parecem mais apropriadas para descrever a mortalidade térmica de insetos.

Verificou-se 100% de letalidade de ovos da mosca-do-mediterrâneo nos tratamentos 8, 9, 10 e 11 (1,383; 4,150; 5,534 e 8,301 kJm⁻²), comportamento semelhante àquele obtido no primeiro experimento, feito com o equipamento da UPTC. Ante ambos os resultados pode-se

concluir que doses acima de $1,383 \text{ kJm}^{-2}$ causaram 100% de mortalidade em duas populações de *C. capitata*, independentemente da região de onde provenham.

4.5 Avaliação dos efeitos dos tratamentos com água quente, de radiação UV-C e desses dois tratamentos combinados na mortalidade de ovos de *C. capitata* em goiabas ‘Kumagai’ infestadas em laboratório (“*in vivo*”).

4.5.1 Tratamento com água quente

Houve diferença significativa entre o T1 (testemunha) e os demais tratamentos, mostrando que o calor fornecido pela água quente interfere na viabilidade de ovos de *C. capitata*. Os tratamentos com temperaturas de 46,0 (T2); 47,0 (T3); 48,0 (T4), 49,0 (T5) e 50,0 $\pm 0,5$ °C (T6), com tempos de imersão de 46, 36, 26, 16 e 12 minutos, respectivamente, apresentaram 100% de letalidade de ovos de *C. capitata* (Figura 10). Portanto, temperaturas acima de $46,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ durante 46 minutos podem ser utilizadas como tratamento quarentenário para ovos de *C. capitata* em goiabas ‘Kumagai’.

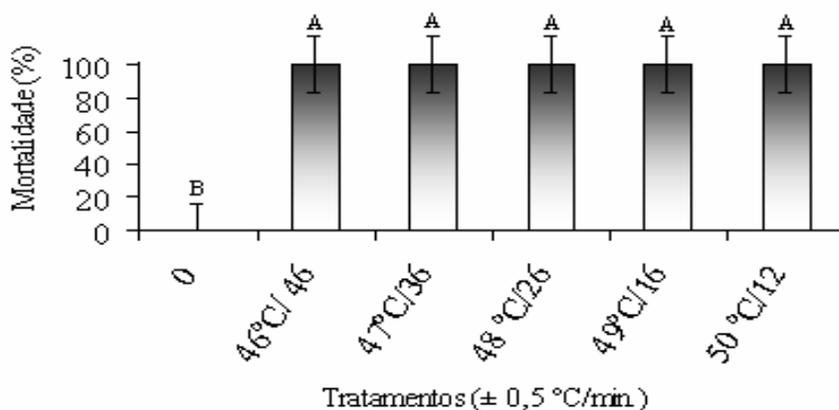


Figura 10. Mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos ao tratamento com água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Resultado diferente foi encontrado por Dória *et al.* (2004), que avaliando goiabas ‘Ogawa’ e ‘Paluma’ infestadas, anotaram que temperaturas de 42, 44 e 46 °C pelos tempos de imersão de 30, 60 e 90 minutos não controlaram ovos e larvas de 1 e 2º ínstaes.

Lopes *et al.* (2008), avaliando a mortalidade de larvas de *C. capitata* infestadas em tangerinas e submetidas ao tratamento hidrotérmico, concluíram que a temperatura de $46,0 \pm 1^\circ\text{C}$ nos tempos de imersão de 32 e 35 minutos levou a uma mortalidade de 100%.

Em relação ao segundo experimento para avaliação da mortalidade de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico, verificamos diferenças significativas entre os tratamentos aplicados: a testemunha (T1- sem aplicação de tratamento) apresentou 0% de mortalidade, enquanto que os tratamentos de 42,0 (T2); 43,0 (T3); 44,0 (T4), 45,0 (T5); 46,0 (T6); 47,0 (T7); e 48,0 (T8) $\pm 0,5^\circ\text{C}$ obtiveram mortalidades de 74,6; 74,6; 94,6; 98,7; 95,4; 100 e 100 %, respectivamente (Figura 11).

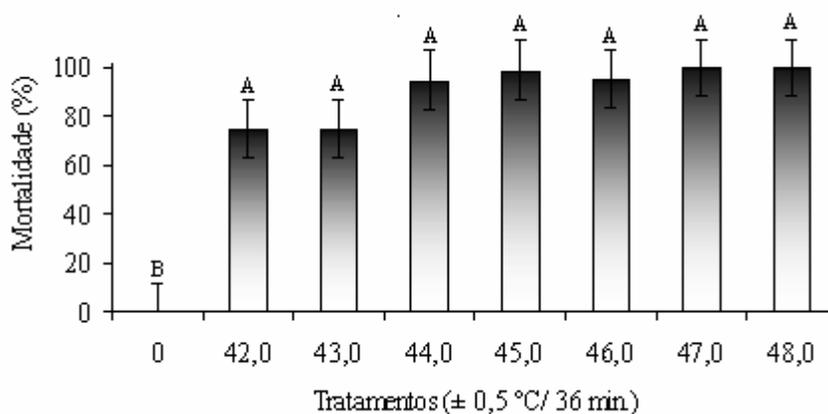


Figura 11. Mortalidade de ovos de *C. capitata* infestadas em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ e submetidas ao tratamento com água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Apesar de não haver diferenças significativas entre as médias dos tratamentos a 42,0 (T2); 43,0 (T3); 44,0 (T4), 45,0 (T5); 46,0 (T6); 47,0 (T7) e 48,0 (T8) $\pm 0,5^\circ\text{C}$, a contagem de pupas mostra que a eficiência do tratamento quarentenário só foi possível nos tratamentos a temperaturas de 47,0 e 48,0 $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

Não foi observada a presença de escaldaduras nos frutos, provavelmente devido ao tempo de imersão aqui utilizado ter sido menor (36 minutos) que o empregado no experimento para avaliação da temperatura no interior de goiabas (Tabela 01).

Em relação à avaliação da emergência de adultos, também foi observada diferença significativa entre o T1 (testemunha) e os demais tratamentos, sendo as temperaturas avaliadas

semelhantes entre si (Figura 12). A porcentagem de emergência de adultos para os tratamentos de 42,0 (T2); 43,0 (T3); 44,0 (T4), 45,0 (T5); 46,0 (T6) $\pm 0,5$ °C foi de 15,38; 22,53; 3,30; 1,28 e 1,65 %, respectivamente, enquanto que, para os tratamentos de 47,0 e 48,0 $\pm 0,5$ °C, não foi observada a emergência de adultos.

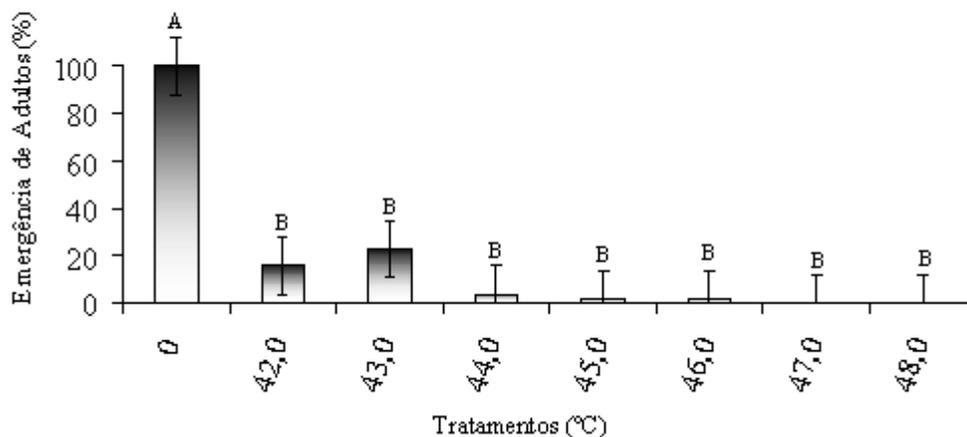


Figura 12. Adultos de *C. capitata* emergidos a partir de posturas em goiabas ‘Kumagai’ tratadas com água quente por 36 minutos. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968) para a não obtenção de pupas e para a não emergência de adultos de *C. capitata*, em goiabas ‘Kumagai’ submetidas ao tratamento hidrotérmico, podem ser visualizados na Tabela 04. Nota-se que os valores de Probit nas doses letais de 90, 95 e 99,9968 para não obtenção de pupas foram maiores que os valores de Probit nas mesmas doses letais para não obtenção de adultos, fato que indica que os tratamentos aplicados provocaram danos nas fases anteriores à adulta, não deixando que os indivíduos se desenvolvessem.

De acordo com a análise de Probit, a temperatura de $46,76 \pm 0,5$ °C atinge o índice quarentenário proposto por Baker (1939) para não obtenção de pupas, assim como a temperatura de $46,23 \pm 0,5$ °C atinge tal índice relativamente à não emergência de adultos para goiabas ‘Kumagai’. Esses resultados se encontram dentro do intervalo das temperaturas de 46,0 e $47,0 \pm 0,5$ °C (T7), avaliadas neste experimento.

Tabela 04. Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968), em °C, estimados para não obtenção de pupas e não obtenção de adultos de *C. capitata*, provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas ao tratamento hidrotérmico.

Probit (DL)	Pupas	Adultos
90	43,65 ± 0,5 °C/ 36 min.	43,40 ± 0,5 °C/ 36 min
95	44,70 ± 0,5 °C/ 36 min	44,35 ± 0,5 °C/ 36 min
99,9968	46,76 ± 0,5 °C/ 36 min	46,23 ± 0,5 °C/ 36 min

4.5.2 Radiação UV-C

Observou-se diferença estatística de mortalidade para as dosagens de radiação UV-C aplicadas, notando-se o efeito de doses crescentes de radiação UV-C na mortalidade dos ovos de *C. capitata* infestados artificialmente em goiabas ‘Kumagai’ (Figura 13).

Foram coletadas 351 pupas no tratamento 1 (testemunha), que serviu de base para os cálculos de mortalidade, obtendo-se uma média de 43,80 pupas/goiaba (maior que as médias dos demais tratamentos). A qual foi adotada como o parâmetro correspondente a “100% de infestação e 0% de mortalidade”.

Apesar dos tratamentos 4, 6 e 9 terem empregado dosagens maiores de radiação UV-C do que, respectivamente, os tratamentos 3, 5 e 8, as porcentagens de mortalidade de ovos foram menores, não apresentando a função denominada logarítmica de morte. Tendência igual foi relatada anteriormente (item 4.4.2) nos experimentos sobre o efeito da radiação UV-C na mortalidade de ovos de *C. capitata* “*in vitro*”. Diante desse fato, curvas de mortalidade com características não lineares parecem mais apropriadas para descrever a mortalidade de irradiação UV-C em insetos, assim como na mortalidade térmica.

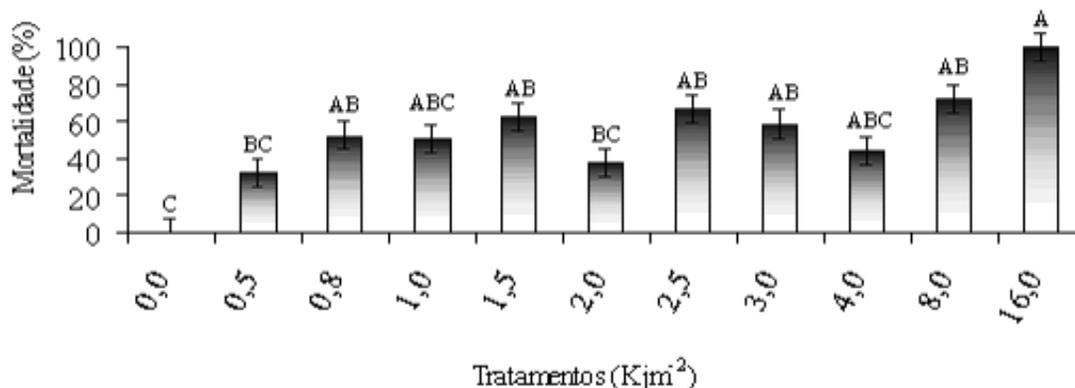


Figura 13. Mortalidade de ovos de *C. capitata* infestadas em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ submetidas a doses crescentes de radiação UV-C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A intensidade de radiação de $16,0 \text{ kJm}^{-2}$ (T11) foi capaz de inativar 100% de ovos de *C. capitata* em goiabas, intensidade muito superior àquelas encontradas nos experimentos sobre a avaliação da mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos à radiação UV-C (“*in vitro*”), quando foi verificado 100% de inviabilidade de ovos nos tratamentos com intensidades de 1,383 (T8); 4,150 (T9); 5,534 (T10) e 8,301(T11) kJm^{-2} (item 4.4.2). Essa comparação evidencia o baixo poder de penetração da radiação UV-C, ocasionado pela barreira de células constituintes dos frutos de goiaba.

Foram constatadas diferenças significativas em relação à emergência de adultos de *C. capitata* provenientes de posturas em goiabas ‘Kumagai’ tratadas com doses crescentes de radiação UV-C (Figura 14). A maior porcentagem de adultos foi verificada no tratamento 1(100 %), e a menor foi verificada para o tratamento 11 ($16,0 \text{ kJm}^{-2}$). Nos demais tratamentos, não houve diferenças significativas entre as médias de mortalidade, cujas percentagens de emergência foram 45,8; 37,6; 35,3; 25,0; 49,8; 23,3; 31,6 e 25,9, respectivamente para os tratamentos 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 e 10.

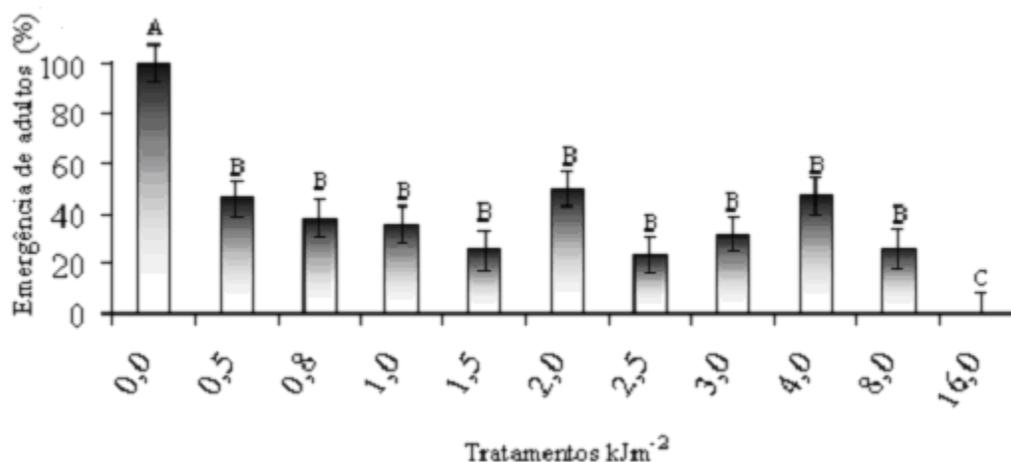


Figura 14. Adultos de *C. capitata* emergidos a partir de posturas em goiabas ‘Kumagai’ tratadas com doses crescentes de radiação UV-C. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Os Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968) para pupas e adultos de *C. capitata* provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas a doses crescentes de radiação UV-C podem ser visualizados na Tabela 05. Os pontos mais discrepantes da curva foram excluídos, visto que o programa realiza a análise com dados lineares.

Tabela 05. Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968) em kJm^{-2} , estimados para não obtenção de pupas e para não emergência de adultos de *C. capitata* provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas ao tratamento de UV-C.

Probit (DL)	Pupas	Adultos
90	4,307 kJm^{-2}	1,076 kJm^{-2}
95	9,309 kJm^{-2}	7,867 kJm^{-2}
99,9968	15,512 kJm^{-2}	11,758 kJm^{-2}

De acordo com a análise de Probit, a intensidade de radiação UV-C de 15,512 kJm^{-2} atinge o índice quarentenário proposto por Baker (1939) para não obtenção de pupas, assim como a intensidade de 11,758 kJm^{-2} atinge o mesmo índice para a não emergência de adultos.

Portanto, há uma redução de 24,20% na dose estimada para o Probit 9 requerida para a não emergência de adultos em relação àquela estimada para não pupamento, demonstrando-se, com isso, efeito deletério da radiação UV-C dos ovos na fase subsequente (adultos). Esses resultados se encontram dentro do intervalo das intensidades de 8,0 kJm⁻² (T10) a 16,0 (T11) kJm⁻², avaliado nesse experimento.

4.5.3 Combinação dos tratamentos hidrotérmico com água quente e de radiação UV-C

Observou-se diferença estatística de mortalidade entre os tratamentos aplicados, expressando ela o efeito dos tratamentos combinados na mortalidade dos ovos de *C. capitata* infestados artificialmente em goiabas ‘Kumagai’. As combinações dos tratamentos a 0,54 kJm⁻² + 42,0 ± 0,5 °C (T2); 0,80 kJm⁻² + 42,0 ± 0,5 °C (T3); 0,54 kJm⁻² + 43,0 ± 0,5 °C (T4); 0,80 kJm⁻² + 43,0 ± 0,5 °C (T5) apresentaram as menores mortalidades de ovos, não diferindo estatisticamente dos resultados relativos à testemunha. Porém, foi observado efeito sinérgico aditivo nos tratamentos 0,54 kJm⁻² + 44,0 ± 0,5 °C (T6); 0,80 kJm⁻² + 44,0 ± 0,5 °C (T7); 0,54 kJm⁻² + 45,0 ± 0,5 °C (T8); 0,80 kJm⁻² + 45,0 ± 0,5 °C (T9); 0,54 kJm⁻² + 46,0 ± 0,5 °C (T10); 0,80 kJm⁻² + 46,0 ± 0,5 °C (T11). Na Figura 15 pode ser observado o percentual de ovos de *C. capitata* infestados em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente.

Foram coletadas 731 pupas no tratamento 1 (testemunha), que serviu de base para os cálculos de mortalidade, obtendo-se uma média de 73,10 pupas/goiaba (maior que as médias dos demais tratamentos). Tal média de 73,10 pupas/goiaba foi, assim, adotada como o parâmetro correspondente a “100% de infestação e 0 % de mortalidade”.

Nos tratamentos 0,54 kJm⁻² + 45,0 ± 0,5 °C (T8); 0,80 kJm⁻² + 45,0 ± 0,5 °C (T9); 0,54 kJm⁻² + 46,0 ± 0,5 °C (T10); 0,80 kJm⁻² + 46,0 ± 0,5 °C (T11), o efeito aditivo foi mais acentuado, havendo mortalidade de ovos de 95,49; 99,73; 100 e 100%, respectivamente.

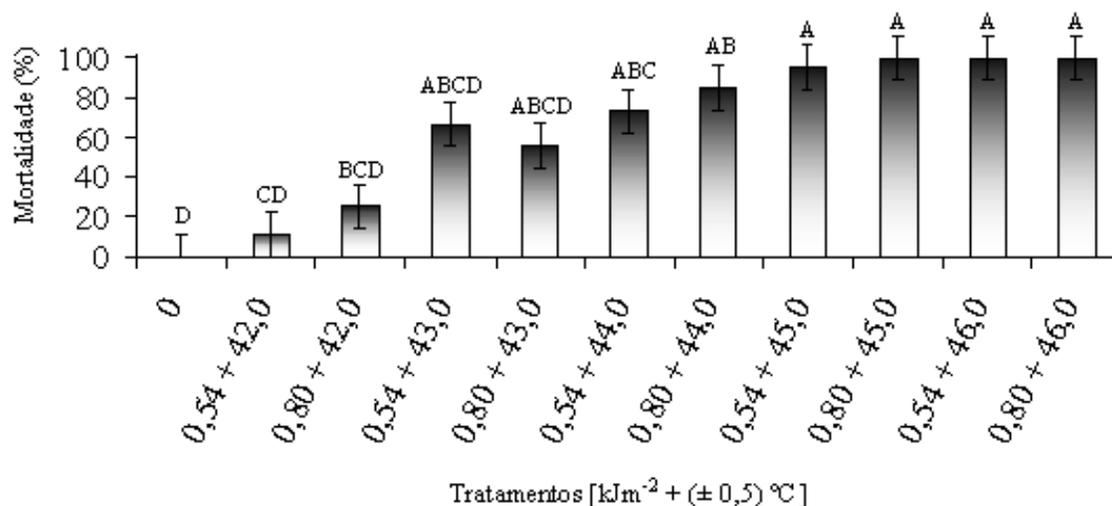


Figura 15. Mortalidade de ovos de *C. capitata* infestadas em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foram constatadas diferenças significativas em relação à emergência observada de adultos de *C. capitata* provenientes de posturas em goiabas ‘Kumagai’ tratadas com combinações de radiação UV-C e água quente (Figura 16). A maior porcentagem de emergência de adultos foi verificada no tratamento 1 (testemunha), de 100%, e as menores, de 0 %, nos tratamentos 10 e 11 ($0,54 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ °C}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ °C}$, respectivamente).

A porcentagem de emergência de adultos para os tratamentos T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8 e T9 (55,68; 59,37; 26,27; 35,84; 14,23; 9,99; 2,05 e 0,14 %, respectivamente) foi menor que a porcentagem de pupas obtidas em cada um deles (88,37; 74,97; 33,24; 44,32; 26,81; 14,91; 4,51 e 0,27 %, respectivamente), indicando que os tratamentos hidrotérmico e de radiação UV-C aplicados de forma combinada na fase de ovo provocaram efeitos deletérios aditivos nas fases subsequentes ao tratamento.

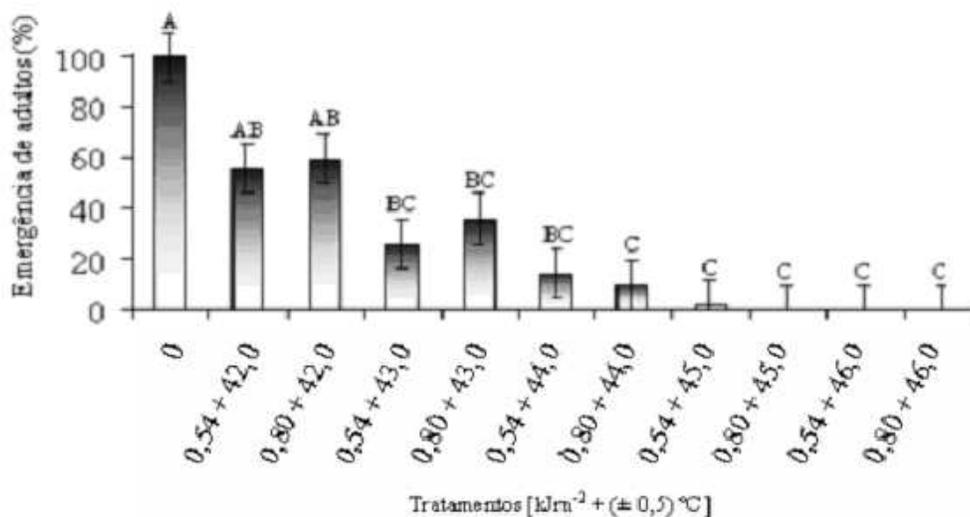


Figura 16. Adultos de *C. capitata* emergidos a partir de posturas em goiabas ‘Kumagai’ submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

As análises de valores médios de Probit dos dados foram realizadas separadamente, pois não é possível identificar a resposta dos dados combinados (misturas) pelo programa estatístico. Com isso, foram feitas duas análises, em que a temperatura do tratamento hidrotérmico foi variada e a intensidade de radiação UV-C foi fixa. Os resultados podem ser visualizados na Tabela 06.

As temperaturas de $45,58 \pm 0,5$ °C e $45,74 \pm 0,5$ °C, combinadas, respectivamente, com as intensidades de radiação UV-C de $0,54 \text{ kJm}^{-2}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2}$, atingem o índice quarentenário proposto por Baker (1939) para não pupamento, assim como atingem tal índice para a não emergência de adultos as temperaturas de $45,30$ e $45,20 \pm 0,5$ °C combinadas com as intensidades de radiação UV-C de $0,54$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2}$ respectivamente. Esses valores se encontram dentro do intervalo dos tratamentos combinados de $0,54 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C (T8) e $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C (T9), avaliados nesse experimento.

Tabela 06. Valores médios de Probit (DL 90, 95 e 99,9968) em $\text{kJm}^{-2} + ^\circ\text{C}$, estimados para não obtenção de pupas e para não emergência de adultos de *C. capitata* provenientes de goiabas ‘Kumagai’ infestadas com ovos e submetidas à combinação dos tratamentos de radiação UV-C e água quente.

Probit (DL)	Pupas		Adultos	
	0,54 kJm^{-2}	0,80 kJm^{-2}	0,54 kJm^{-2}	0,80 kJm^{-2}
90	44,13 ± 0,5 °C/ 36 min	44,48 ± 0,5 °C/ 36 min	44,03 ± 0,5 °C/ 36 min	43,92 ± 0,5 °C/ 36 min
95	44,53 ± 0,5 °C/ 36 min	44,91 ± 0,5 °C/ 36 min	44,56 ± 0,5 °C/ 36 min	44,36 ± 0,5 °C/ 36 min
99,9968	45,58 ± 0,5 °C/ 36 min	45,74 ± 0,5 °C/ 36 min	45,30 ± 0,5 °C/ 36 min	45,20 ± 0,5 °C/ 36 min

A mutação dos insetos após a aplicação dos tratamentos não foi um parâmetro avaliado, registrando-se, contudo, a presença de insetos muito menores em relação aos da testemunha (sem tratamento) e com defeitos nas asas, o que pode ter sido ocasionado pela aplicação dos tratamentos hidrotérmico, de radiação UV-C e desses tratamentos na forma combinada.

4.6 CONCLUSÕES

4.6.1 Avaliação da mortalidade de ovos de *C. capitata* submetidos aos tratamentos com água quente e de radiação UV-C (“*in vitro*”).

Foi observado que o aumento no tempo de imersão conduziu a um aumento no percentual da mortalidade de ovos de *C. capitata*, sendo que o índice de 100% só foi possível quando aplicadas temperaturas acima de $46,0 \pm 0,5$ °C durante vinte minutos de imersão em água quente.

Os ovos de *C. capitata* não sobrevivem quando submetidos a intensidade de radiação UV-C iguais ou superiores a $1,383 \text{ kJm}^{-2}$, não havendo a possibilidade de resistência destes (fotorreparação) a tal dosagem. Foram provocados danos visíveis nas larvas mortas, dentro dos ovos, denotados pela coloração marrom.

O mesmo comportamento de mortalidade de ovos foi verificado quando da utilização dos diferentes equipamentos de radiação UV-C, localizados na UPCT e na FEAGRI, sendo evidente que doses iguais ou maiores de $1,383 \text{ kJm}^{-2}$ causam 100% de mortalidade em espécies de *C. capitata* provenientes de diferentes regiões.

4.6.2 Avaliação dos efeitos dos tratamentos com água quente, de radiação UV-C e desses tratamentos combinados na mortalidade de ovos de *C. capitata* infestados em laboratório em goiabas ‘Kumagai’ (“*in vivo*”).

4.6.2.1 Tratamento com água quente

Água às temperaturas de 46,0; 47,0; 48,0; 49,0 e $50,0 \pm 0,5$ °C associadas, respectivamente, a tempos de imersão de 46; 36; 26; 16 e 12 minutos obtiveram 100% de eficiência para a inativação de ovos de *C. capitata*, podendo as combinações ser indicadas como tratamentos quarentenários de goiabas ‘Kumagai’.

Em relação ao segundo experimento, ainda referente ao tratamento hidrotérmico com água quente, e de acordo com a avaliação da contagem de pupas, foi constatado que a eficiência do tratamento, em termos quarentenários, só foi possível com as temperaturas de 47,0 e $48,0 \pm 0,5$ °C. Pode ser indicado, portanto, como tratamento quarentenário de goiabas ‘Kumagai’, desde que observada tal condição.

A temperatura de $46,76 \pm 0,5$ °C durante 36 minutos de imersão atinge o índice quarentenário proposto por Baker (1939) para não pupamento, assim como a temperatura de $46,23 \pm 0,5$ °C durante 36 minutos de imersão atinge tal índice para a não emergência de adultos. Há, na dose estimada para o Probit 9 requerida para a não emergência de adultos, uma redução em relação à dose estimada para não pupamento, o que indica efeito deletério do tratamento com água quente na fase subsequente (adulta).

4.6.2.2 Radiação UV-C

A intensidade de radiação de $16,0 \text{ kJm}^{-2}$ foi capaz de inativar 100% de ovos de *C. capitata* em goiabas infestadas em laboratório, podendo ser indicada como tratamento quarentenário de goiabas 'Kumagai'.

A intensidade de radiação UV-C de $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ atinge o índice quarentenário proposto por Baker (1939) para não pupamento, assim como a intensidade de $11,758 \text{ kJm}^{-2}$ atinge tal índice para não emergência de adultos. Há, na dose estimada para o Probit 9 requerida para a não emergência de adultos, uma redução de 24,20% em relação à dose estimada para não pupamento, o que indica efeito deletério da radiação UV-C na fase subsequente (adulta).

4.6.2.3 Combinação dos tratamentos hidrotérmico com água quente e de radiação UV-C

Os tratamentos combinados de radiação UV-C e água quente apresentaram efeito aditivo na mortalidade de *C. capitata*: as combinações de $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$; $0,54 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ promoveram 100 % de inviabilização dos ovos de *C. capitata*. Podem ser indicadas, assim, como tratamento quarentenário de goiabas 'Kumagai'.

As temperaturas de $45,58 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45,74 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ combinadas, respectivamente, com as intensidades de radiação UV-C de $0,54 \text{ kJm}^{-2}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2}$, atingem o índice quarentenário proposto por Baker (1939) para não pupamento, assim como temperaturas de $45,30 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ e $45,20 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$ combinadas com as intensidades de radiação UV-C de $0,54 \text{ kJm}^{-2}$ e $0,80 \text{ kJm}^{-2}$ respectivamente, atingem tal índice para a não emergência de adultos. Há, na dose estimada para o Probit 9 para a não emergência de adultos, uma redução em relação à dose estimada para não pupamento, o que indica efeito deletério dos tratamentos combinados na fase subsequente (adulta).

5. CAPÍTULO III – AVALIAÇÃO DA QUALIDADE DE GOIABAS ‘KUMAGAI’ SUBMETIDAS AOS TRATAMENTOS HIDROTÉRMICO COM ÁGUA QUENTE, RADIAÇÃO UV-C E AMBOS COMBINADOS

5.1 INTRODUÇÃO

O mercado consumidor de goiaba “*in natura*” tem experimentado significativa expansão, possibilitada pela melhoria da qualidade dos frutos e pelo aumento de sua vida útil pós-colheita.

Os atributos de qualidade são influenciados pelas variedades, condições edafoclimáticas e práticas culturais. O manejo inadequado na colheita e pós-colheita acelera o processo de deterioração e diminui a qualidade dos frutos, limitando o período de comercialização e ocasionando perdas. Pesquisas em pós-colheita empregando tratamentos físicos estão sendo incrementadas em todo o mundo e buscam viabilizar a utilização de técnicas de controle de pragas e doenças, com a vantagem de prolongar a vida de prateleira dos vegetais. A maior dificuldade na utilização dos métodos físicos de desinfestação é definir níveis de tratamento para cada espécie vegetal que sejam, a um só tempo, efetivos e não causadores de perda da qualidade comercial (em aspectos como aparência, firmeza, cor, odor).

O objetivo desse capítulo foi avaliar a qualidade de goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos tratamentos com água quente, radiação UV-C e de ambos combinados, hipóteses avaliadas como possibilidades de tratamentos quarentenários no capítulo anterior. A qualidade foi avaliada pelo comportamento desses frutos em testes físico-químicos realizados durante o período de armazenamento a temperaturas distintas, de 8,0 e 22,0 ± 0,2 °C, após a aplicação dos tratamentos para desinfestação, em goiabas não infestadas. As goiabas ‘Kumagai’ utilizadas no presente experimento não receberam aplicação de agrotóxicos, em fase pós-colheita, sendo apenas ensacadas, no campo, para evitar infestação natural por moscas-das-frutas.

5.2 MATERIAL E MÉTODOS

5.2.1 Caracterização da matéria-prima

Foram utilizados frutos da goiabeira (*Psidium guajava* L.) ‘Kumagai’ destinadas ao mercado externo, provenientes do Sítio Maracujá, localizado no km 6 da Estrada Velha Campinas-Indaiatuba, Bairro Pedra Branca, Campinas, SP.

Para o presente trabalho, os frutos foram acondicionados, após a colheita, em caixas de papelão, com capacidade para 15 unidades (as mesmas utilizadas para a comercialização), dispostos em única camada, protegidos internamente por sacos de papel tipo manteiga e encaminhados imediatamente ao Laboratório de Tecnologia de Pós-colheita (FEAGRI/UNICAMP).

No laboratório, os frutos foram submetidos a uma seleção visual, visando à obtenção de lotes uniformes. Foram eliminados os frutos que apresentaram qualquer dano causado durante os períodos de produção ou transporte. Com a finalidade de caracterizar o material em estudo, foram determinados em cada fruto os seguintes parâmetros: grupo ou cor de polpa, classe ou calibre, tipo ou categoria. Também foram determinados, numa amostra de 50 goiabas, as dimensões (longitudinal e diâmetro máximo), massa da matéria fresca e volume. Nas determinações das dimensões, foi utilizado um paquímetro digital Mitutoyo com precisão de 0,01 mm e, para a massa, uma balança eletrônica semi-analítica BG 400 GEHAKA com precisão de 0,001 g. As determinações de volume foram feitas pelo método de complementação de volume, usando-se água como líquido complementador, segundo metodologia proposta por Moreira (1985). Os cálculos das densidades médias do produto foram feitos através da relação massa/volume (g mL^{-1}).

5.2.2 Tratamentos aplicados

Foram aplicados dez tratamentos: testemunha (T1, sem aplicação de calor ou irradiação); 3 níveis do tratamento com água quente, 3 níveis para o tratamento de radiação UV-C e 3 níveis para ambos na forma combinada (tabela 07). Cada tratamento era constituído de cinco repetições.

Tabela 07. Níveis dos tratamentos hidrotérmico com água quente, radiação UV-C e ambos combinados utilizados nesse experimento.

Tratamentos	Níveis
1 (testemunha)	Sem tratamento
Água quente	
2	44,0 ± 0,5 °C/ 36 min.
3	46,0 ± 0,5 °C/ 36 min.
4	47,0 ± 0,5 °C/ 36 min.
Radiação UV-C	
5	8,0 kJm ⁻²
6	16,0 kJm ⁻²
7	15,512 kJm ⁻²
Combinados	
8	0,8 kJm ⁻² + 44,0 ± 0,5 °C/ 36 min.
9	0,8 kJm ⁻² + 46,0 ± 0,5 °C/ 36 min.
10	0,8 kJm ⁻² + 45,0 ± 0,5 °C/ 36 min.

Após a aplicação dos tratamentos, os frutos foram acondicionados em embalagens de papelão, sendo separados em dois lotes de acordo com as temperaturas de armazenamento. Um lote foi armazenado em câmara refrigerada (B.O.D.) mantida à temperatura de 8,0 ± 0,2 °C, (A1), e o outro (também em B.O.D.) sob a temperatura de 22,0 ± 0,2 °C (A2).

A umidade relativa no interior das câmaras foi controlada através da utilização de bandejas contendo água e papel picado e monitorada diariamente por termo-higrômetro digital com leitura fornecida em porcentagem. A análise de perda de massa também foi realizada diariamente. As demais análises físicas e químicas foram realizadas três vezes, uma no início do experimento e, depois, sob intervalos de cinco dias, totalizando 10 dias de armazenamento dos lotes.

As goiabas ‘Kumagai’ utilizadas no experimento possuíam cor de polpa branca, com classe ou calibre 6, no estágio de maturação correspondente à coloração verde-claro (equivalente ao nº 2 da escala de cores) e enquadradas na categoria “extra”, no que se refere aos limites de tolerância de defeitos graves e leves (< 5%). Os frutos apresentavam ótimos estado de conservação, sabor e odor, resultado dos cuidados dispensados pelo produtor durante todo o processo de pré-colheita e pós-colheita.

5.3 Análises físicas e químicas

5.3.1 Perda de Massa

A redução da massa da matéria fresca foi determinada utilizando-se balança digital Gehaka, modelo BG2000, com capacidade para 2.000 g e precisão de 0,01 g. Foram realizadas medidas diárias durante o período de armazenamento.

A perda de massa foi calculada a partir do peso inicial de cada fruta, de acordo com a equação 01, sendo os resultados expressos em porcentagem. Foram realizadas cinco repetições, sempre utilizando as mesmas frutas para este fim.

$$PM(\%) = \frac{(P_i - P_f)}{P_i} \times 100 \quad (01)$$

onde:

P_i = massa inicial da fruta (g);

P_f = massa final da fruta (g).

5.3.2 Cor

Devido à descoloração e danos na epiderme que os tratamentos podem causar aos frutos, foi avaliado o índice de coloração da casca das goiabas, através do espectrocolorímetro Hunter Lab., com miniscan XE Plus, sendo a aquisição de dados realizada pelo software Universal versão 4.0. A avaliação das alterações na coloração dos frutos foi feita através do sistema de medidas das coordenadas de Hunter – L*, a* e b*, onde: L* varia do branco (100) ao preto (0); a* varia do vermelho (+a) ao verde (-a); b* varia do amarelo (+b) ao azul (-b). A cor da casca da goiaba foi avaliada em termos de valores de ângulo hue (h°) através da equação 02. Foi tomada 1 leitura por fruta, no total de 5 repetições.

$$h^\circ = \tan^{-1} \left(\frac{b^*}{a^*} \right) \quad (02)$$

5.3.3 Firmeza da polpa

A firmeza da polpa foi determinada através de uma ponteira cilíndrica com 8 mm de diâmetro, acoplada a uma máquina universal de ensaios Texture Analyser, modelo TA500, com taxa de deformação de 1mm/s e célula de carga de 500 N. Após a retirada de uma fina camada da casca, as frutas foram colocadas em posição de repouso, perpendicular à direção de deslocamento da ponteira. Este ensaio foi conduzido até a deformação de 10 mm, valor suficiente para romper as células da epiderme das frutas. Os resultados relativos ao índice de firmeza correspondem à força máxima (expressa em Newton – N) necessária para vencer a resistência dos tecidos da polpa.

5.2.4 Taxa respiratória

De acordo com a metodologia proposta por Kader (2002), a atividade respiratória, avaliada pela quantificação da produção de CO₂ (mg CO₂.kg⁻¹.h⁻¹), foi determinada, por cromatografia gasosa durante o período de armazenamento. Os frutos foram colocados, individualmente, em frascos de vidro com capacidade de 900 mL, hermeticamente fechados com parafilme. Após um período de 1 hora, alíquotas de 1,0 mL da atmosfera dos recipientes foram retiradas com uma seringa de vidro, através de um septo de silicone existente nas tampas dos frascos, e injetadas em um cromatógrafo a gás da marca Varian GC 3400, equipado com detectores de condutividade térmica e de ionização de chama e coluna empacotada Chromosorb 106 (60-80 mesh, 1,8 m de comprimento e 3,2 mm de diâmetro interno). Foi utilizado, como gás de arraste, o hélio (He – 460 kPa), com fluxo de 20-25 mL.min⁻¹. As temperaturas da coluna, do injetor e do detector foram, respectivamente, 40,0 °C, 70,0 °C e 150,0 °C.

5.3.5 Ácido ascórbico

O teor de ácido ascórbico foi determinado de acordo com o método de Tillmans, através de titulação com 2,6-Diclorofenolindofenol (DCFI). Pesou-se 1,0 g de goiaba triturada e homogeneizada, em seguida colocado em balão com capacidade para 50 mL, completado com solução de ácido fosfórico a 3%. O líquido foi filtrado e uma alíquota de 10 mL foi titulada com a solução de DCFI até observação do ponto de viragem cor de rosa, persistente

por pelo menos 15 segundos. Os resultados foram expressos em teor de ácido ascórbico, calculados pela equação 03.

$$Aa = \frac{(V_T)(0,5 / V_t)(V)(100)}{(V_A) (m)} \quad (03)$$

onde:

Aa = ácido ascórbico (mg/100g);

V_T = volume de titulação (mL);

0,5 = volume retirado da diluição do ácido ascórbico em água destilada;

V_t = volume titulado na padronização da solução indicadora (mL);

V = volume aferido (mL);

V_A = volume da alíquota (mL);

m = massa da amostra (g).

5.3.6 Acidez titulável e pH

A acidez titulável (AT) foi determinada segundo a metodologia do Instituto Adolfo Lutz (1976), baseada na titulação de 10 g de polpa triturada e homogeneizada com 90 mL de água destilada, utilizando-se, como titulante, uma solução padronizada de hidróxido de sódio (NaOH) a 0,1 N e potenciômetro digital (Hanna Instruments, modelo HI 8417) com precisão de 1%. Colocou-se a amostra em homogeneizador magnético (Marconi modelo MA089), e adicionou-se uma solução de NaOH até o pH igual a 8,10. Os resultados foram calculados pela Equação 04 e expressos em porcentagem de ácido cítrico.

$$AT = \frac{mLNaOH \times N \times 64 \times 100}{m_{amostra} \times 1000} \quad (04)$$

onde:

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

N = normalidade da solução de NaOH;

64 = equivalente-grama do ácido cítrico anidro;

$m_{amostra}$ = massa da amostra (g).

O pH das amostras foi medido pela imersão direta do eletrodo do potenciômetro no momento da homogeneização com água destilada para a medida de AT.

5.3.7 Sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis (SS) foram analisados através de leitura direta em refratômetro digital de bancada Reichert, modelo Arias 500, utilizando uma gota de polpa de goiaba homogeneizada. Os resultados foram expressos em °Brix.

5.3.8 Delineamento experimental

O experimento foi constituído por dez tratamentos, com cinco repetições cada, no delineamento inteiramente casualizado (DIC). A finalidade era a verificação dos efeitos de diferentes níveis dos tratamentos (água quente, radiação UV-C, ambos combinados e testemunha) a cada uma das duas temperaturas de armazenamento consideradas, sendo os resultados analisados separadamente. Devido às suposições de normalidade e homogeneidade de variâncias, requeridas pela estatística paramétrica, não terem sido satisfeitas para os dados originais, optou-se pela estatística não paramétrica. Desta forma, os dados foram submetidos ao teste de Kruskal-Wallis, por ser o teste não paramétrico mais adequado para delineamentos inteiramente casualizados (CAMPOS, 1983), e as médias foram comparadas pelo teste Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

5.4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.4.1 Caracterização da matéria-prima

Na Tabela 08 podem ser observados as médias e desvios-padrão das medidas de massa da matéria fresca, volume, dimensões (longitudinal e diâmetro máximo) e densidade média (relação massa/volume).

De acordo com Lima *et al.* (1999), goiabas destinadas ao processamento industrial devem ter tamanho médio, com massa superior a 110 g, enquanto que aquelas destinadas ao consumo “*in natura*” devem ter preferencialmente tamanho entre médio e grande. Porém, goiabas ‘Kumagai’ de tamanho médio, com calibre 6, são mais apreciadas pelo mercado europeu.

Tabela 08. Médias e desvios-padrão das medidas de massa da matéria fresca, volume, dimensões (longitudinal e diâmetro máximo) e densidade (relação massa/volume), para uma amostra de 50 goiabas.

Medidas	Médias	Desvios-padrão
Massa (g)	155,55	7,9
Volume (mL)	165,66	10,8
Dimensão longitudinal (mm)	78,71	2,9
Diâmetro máximo (mm)	65,29	1,4
Densidade (gmL ⁻¹)	0,94	0,07

Não foi constatada a presença de insetos nas frutas utilizadas nos experimentos, antes e após a aplicação dos tratamentos e durante o período de armazenamento, comprovando-se a eficiência do manejo de pragas feito mediante o ensacamento precoce de frutos no campo.

5.4.2 Perda de massa

As variações médias de perda de massa obtidas das goiabas submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas às temperaturas de 8,0 e 22,0 ± 0,2 °C são apresentados nas Figuras 17 e 18, respectivamente. Houve uma tendência de perda de massa ao longo do período e armazenamento.

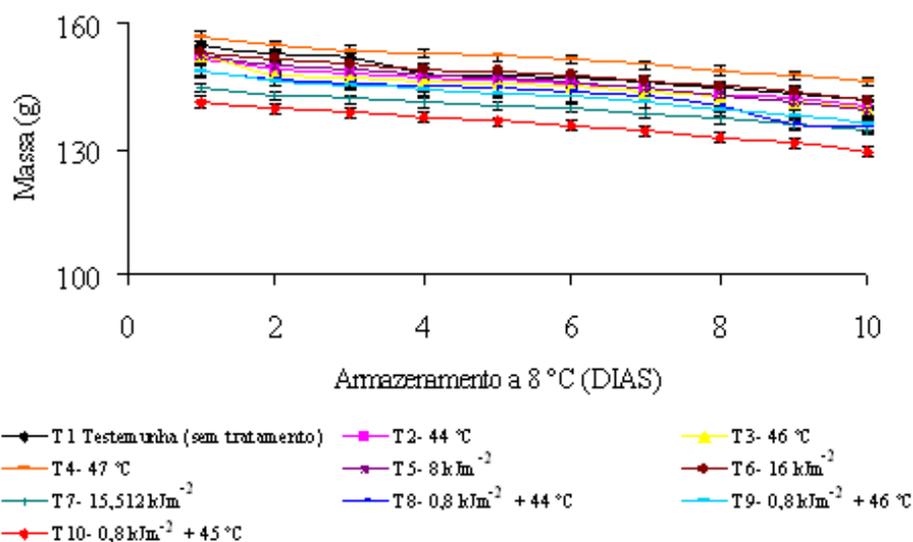


Figura 17. Variação da perda de massa de goiabas 'Kumagai' submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a 8,0 ± 0,2 °C durante 10 dias.

Para as goiabas submetidas aos tratamentos e armazenadas a $8,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, não houve diferença estatística significativa entre as médias de perda de massa dos dez tratamentos. Com base na equação 01, notou-se que as frutas submetidas ao tratamento 5 (8 kJm^{-2}) foram as que apresentaram maior valor de perda de massa, equivalente a 8,67%, enquanto aquelas submetidas ao tratamento 9 (combinação: $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) apresentaram o menor valor de perda de massa durante o período de armazenamento, equivalente a 6,67%.

Em relação às goiabas armazenadas a $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, porém, houve diferença estatística significativa entre as médias de perda de massa (ao longo dos 10 dias de armazenamento) avaliadas. Notou-se que as frutas submetidas ao tratamento 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) foram as que apresentaram maior perda, equivalente a 21,56 %, enquanto aquelas submetidas ao tratamento 3 ($46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) apresentaram a menor perda, 6,67 %.

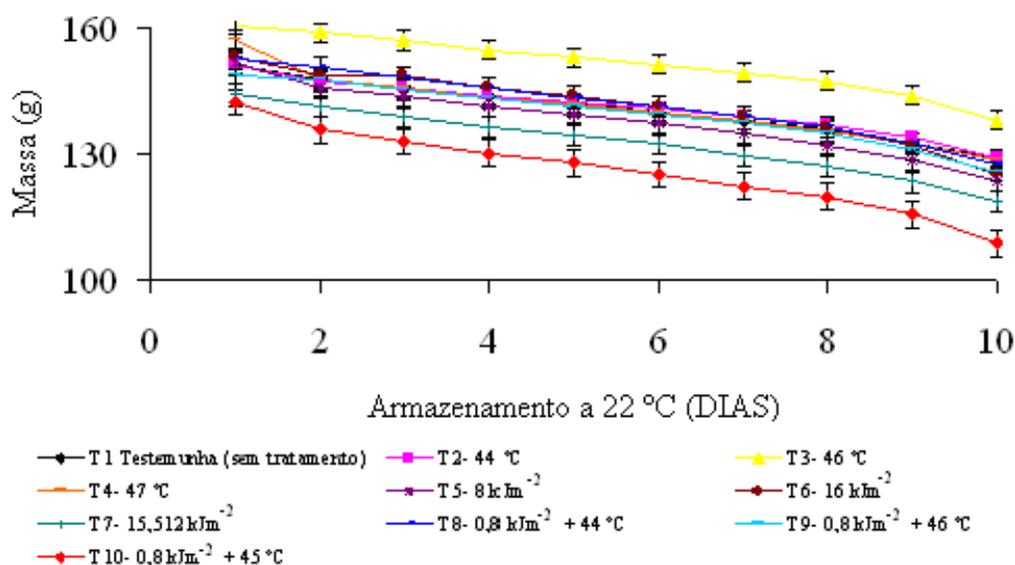


Figura 18. Variação da perda de massa de goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 10 dias.

Altos valores de perda de massa, quando comparados às goiabas armazenadas a $8,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, foram observados principalmente a partir do 5º dia de armazenamento a $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, quando as goiabas já apresentavam mau aspecto e características como cor e sabor impróprios para a comercialização. Esse fato ocorreu principalmente pela mais alta temperatura de armazenamento, que implica diretamente o aumento dos processos metabólicos dos frutos e

acelera, sua senescência. Os valores aceitáveis de perda de massa fresca para diferentes cultivares de goiaba encontram-se na faixa entre 10 e 15% (DALAL *et al.*, 1971).

Esse comportamento de menor perda de massa em goiabas armazenadas em ambiente refrigerado também foi observado por Pimentel (2007), que ressalta que condições ambientais são importantes para se evitar a transpiração excessiva, de modo que, quanto menor a temperatura e maior a umidade relativa, menores serão as taxas de transpiração e de perda de massa. Bleinroth (1996) afirma que temperaturas entre 8–10 °C associadas à umidade relativa entre 85–95 % evitam perdas excessivas de massa fresca e permitem a manutenção da aparência dos frutos.

5.4.3 Cor

Para as goiabas submetidas aos tratamentos e armazenadas a $8,0 \pm 0,2$ °C a mudança de cor não foi acentuada (Tabela 9), ocorrendo a evolução de verde claro (correspondente ao nº 2 da escala de cores), observado no primeiro dia de armazenamento, para verde-amarelo (correspondente ao nº 3 da escala de cores), observado no último dia de armazenamento.

No quinto dia de armazenamento, os maiores valores médios de °hue foram observados para os tratamentos 1 (testemunha) e 4 ($47,0 \pm 0,5$ °C), fato ligado ao uso de frutos diferentes em cada dia de avaliação e que pode responder por alguma imprecisão analítica.

No décimo dia de armazenamento, as médias dos valores de °hue foram menores que as do primeiro dia, para todos os tratamentos. De qualquer forma, a mudança de cor observada em todos os tratamentos avaliados, de verde-claro para verde-amarelo, não se apresenta como um fator limitante para a comercialização do fruto. Fakhouri e Grosso (2003) observaram vida-útil de 8 dias para goiabas ‘Kumagai’, sem tratamentos (controle) e armazenadas à temperatura de 12 °C e U.R. de 42–80%.

O maior valor médio de °hue observado no décimo dia de armazenamento foi obtido pelo tratamento 1 (testemunha), significando que as goiabas desse tratamento apresentavam-se mais verdes que as goiabas dos demais tratamentos. Diante disso, podemos dizer que os tratamentos 2 ($44,0 \pm 0,5$ °C), 3 ($46,0 \pm 0,5$ °C), 4 ($47,0 \pm 0,5$ °C), 5 (8 kJm^{-2}), 6 (16 kJm^{-2}), 7 ($15,512 \text{ kJm}^{-2}$), 8 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5$ °C), 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 47,0 \pm 0,5$ °C) influenciaram negativamente na modificação do desenvolvimento da coloração dos frutos nessas condições de armazenamento. De acordo com Cross (1987), os principais

processos envolvidos na perda da coloração verde dos frutos durante o amadurecimento são a degradação da clorofila e a síntese de caroteno.

Tabela 09. Valores médios e comparação de médias de °hue para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (°hue)	5 (°hue)	10 (°hue)
T1- Testemunha	105,36 Bb	107,78 Aa	104,39 Ac
T2- $44,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	105,62 Ba	105,69 Ca	102,46 Cb
T3- $46,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	106,80 Aa	106,32 Bb	103,01 Cc
T4- $47,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	104,01 Db	106,92 Ba	103,52 Bc
T5- 8 kJm^{-2}	105,29 BCa	103,52 GHb	95,59 EFc
T6- 16 kJm^{-2}	104,79 Da	104,21 EFa	93,57 Fb
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	103,26 Ea	103,55 FGa	96,22 EFb
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	105,66 Ba	105,00 CDb	100,0 Dc
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	105,66 Ba	104,04 DEb	99,58 Dc
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	104,52 CDa	102,89 Hb	97,29 DEc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Para as goiabas submetidas aos tratamentos e armazenadas a $22,0 \pm 0,2$ °C, a mudança de cor foi muito acentuada, principalmente no quinto dia de armazenamento, ocorrendo a evolução de verde claro (correspondente ao nº 2 da escala de cores), observada no primeiro dia de armazenamento, para amarelo (correspondente ao nº 5 da escala de cores). Ponzo (2009) observou mudança da cor verde para a amarela, em goiabas ‘Kumagai’, decorridos 8 dias de armazenamento à temperatura ambiente.

A Tabela 10 mostra os valores médios e comparação de médias de °hue para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos dez tratamentos e armazenadas a uma temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C

durante 10 dias. Os valores médios de °hue se apresentaram próximos no primeiro dia após a aplicação dos tratamentos, sendo observada diferença estatística significativa entre os tratamentos aplicados.

No quinto dia de armazenamento, também foi observado diferenças significativas entre os tratamentos aplicados, sendo que o maior valor médio de °hue foi obtido pelo tratamento 2 ($44,0 \pm 0,5$ °C), portanto, esse tratamento, em relação aos demais, causou menos mudança de cor na casca das goiabas.

No décimo dia de armazenamento, os frutos se encontravam com coloração marrom e pontos de podridão. Esses fenômenos aconteceram devido à temperatura de armazenamento ser relativamente alta, acelerando a senescência dos frutos.

Tabela 10. Valores médios e comparação de médias de °hue para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (°hue)	5 (°hue)	10 (°hue)
T1- Testemunha	105,36 Ba	94,27 Cb	81,54 Bc
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	105,62 Ba	102,05 Ab	83,44 Ac
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	106,80 Aa	96,96 Bb	77,71 Cc
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	104,01 Cda	96,59 Bb	80,90 Bc
T5- 8 kJm^{-2}	105,29 Ca	88,40 Fb	78,22 Cc
T6- 16 kJm^{-2}	104,79 Da	88,76 EFb	77,31 CDc
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	103,26 Ea	89,99 Db	74,27 Fc
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5$ °C	105,66 Ba	94,59 Cb	77,71 Cc
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5$ °C	105,66 Ba	89,38 DEb	76,74 DEc
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	104,52 CDa	90,93 Db	75,26 Ec

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

5.4.4 Firmeza da polpa

Os valores médios e a comparação de médias de firmeza para goiabas ‘Kumagai’ sob diferentes tratamentos e armazenadas às temperaturas de 8,0 e $22 \pm 0,2$ °C são apresentados nas Tabelas 11 e 12, respectivamente. Houve diferenças estatísticas significativas entre as médias, expressando uma tendência de perda da firmeza das goiabas submetidas aos tratamentos. Essas modificações são resultantes, provavelmente, da ação de enzimas associadas à degradação da parede celular, as quais atuam sobre as pectinas e outros carboidratos desta (BARRET e GONZALEZ, 1994).

Na Tabela 11, foi observada uma redução gradativa da firmeza dos frutos, no primeiro dia após a aplicação dos tratamentos, quando os correspondentes valores obtidos variaram de 101,50 N a 64,51 N. Os maiores valores foram observados nos tratamentos 1 (testemunha), 2 ($44,0 \pm 0,5$ °C), 3 ($46,0 \pm 0,5$ °C), 6 (16 kJm^{-2}) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C), havendo diferenças significativa destes em relação aos demais tratamentos. Dhingra *et al.* (1983) consideraram verdes as goiabas com firmeza acima de 85 N e verde-amarelas as goiabas com firmeza entre 55,11 N e 66,3 N.

No quinto dia de armazenamento, os maiores valores de firmeza foram verificados para as goiabas submetidas aos tratamentos 1 (testemunha), 4 ($47,0 \pm 0,5$ °C) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C), mostrando que o tratamento com água quente e de radiação UV-C nesses níveis retardam a redução da firmeza dos frutos. No décimo dia de armazenamento, o maior valor de firmeza foi encontrado no tratamento 1 (testemunha), 65,12 N, seguido de 39,46 e 35,09 N, respectivamente para os tratamentos 5 (8 kJm^{-2}) e 2 ($44,0 \pm 0,5$ °C). Coutinho *et al.* (2003) observaram maiores valores de firmeza em frutos de ameixa ‘Amarelinha’ tratados com radiação UV-C durante 3, 6 e 9 minutos.

Paull e Chen (2000), relatam que a exposição de frutos a temperaturas elevadas retarda a redução da firmeza de polpa devido à redução de enzimas hidrolíticas da parede celular.

Nesse experimento, o efeito do tratamento de radiação UV-C, no décimo dia (T_5 : 8 kJm^{-2}), sobre a firmeza dos frutos pode ser considerado como efeito secundário ao longo do tempo de amadurecimento do fruto. Existe uma perda de firmeza imediata decorrente da irradiação, mas, caso essa irradiação iniba o amadurecimento, a perda da firmeza dos tecidos será retardada depois da perda inicial (MAXIE e SOMMER, 1968).

Nas goiabas submetidas aos tratamentos e armazenadas a $22,0 \pm 0,2$ °C, houve redução drástica de firmeza, principalmente quando comparamos os resultados com aqueles obtidos em frutos armazenados a $8,0 \pm 0,2$ °C. De modo geral, as observações do presente experimento indicam que o uso de temperaturas menores de armazenamento é fundamental para manter a firmeza dos frutos.

Tabela 11. Valores médios e comparação de médias de firmeza (N) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (N)	5 (N)	10 (N)
T1- Testemunha	101,50Aa	56,72Ab	65,12Ab
T2- $44,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	83,45Aa	35,36Cb	35,09Bb
T3- $46,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	89,14Aa	35,19Cb	30,32Cb
T4- $47,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	75,28Ba	53,83Ab	21,51Dc
T5- 8 kJm^{-2}	66,43Ba	53,91Ab	39,46Bc
T6- 16 kJm^{-2}	84,9Aa9	37,84Cb	30,16Cc
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	70,99Ba	50,14Bb	28,91Cc
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	73,63Ba	41,91Bb	33,21Cc
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	64,51Ba	45,95Bb	23,02Dc
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	87,99Aa	55,98Ab	26,09Cc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Na Tabela 12 podem ser observados, que, no primeiro dia após a aplicação dos tratamentos, os valores obtidos variaram entre 101,50 a 64,51 N, não havendo diferenças significativas entre os tratamentos. A partir do quinto dia de armazenamento, no entanto, os valores obtidos variaram entre 25 N e 7,78 N. Resultados semelhantes foram observados por Carvalho *et al.* (2001), também com relação a goiabas ‘Kumagai’, que, armazenadas em

condição ambiente, apresentaram firmeza entre 80 a 20 N ao longo do período de 10 dias de armazenamento.

Tabela 12. Valores médios e comparação de médias de firmeza (N) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (N)	5 (N)	10 (N)
T1- Testemunha	101,50Aa	23,40Bb	8,08Cc
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	83,45Aa	25,75Ab	4,88Dc
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	89,14Aa	12,06Cb	8,20Bc
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	75,28Ba	7,78Db	7,44Cb
T5- 8 kJm^{-2}	66,43Ba	11,79Cb	13,10Ab
T6- 16 kJm^{-2}	84,99Aa	14,47Db	7,40Cc
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	70,99Ba	22,71Ab	9,32Bc
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5$ °C	73,63Ba	11,56Db	9,11Bb
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5$ °C	64,51Ba	11,88Db	4,58Dc
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	87,99Aa	8,14Eb	6,57Bc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

No décimo dia de armazenamento, as goiabas apresentaram valores de firmeza entre 13,10 a 4,88 N, já se encontrando impróprias para consumo humano.

5.4.5 Taxa respiratória

Na Tabela 13, podem ser observados os valores médios e comparações de médias de evolução de CO_2 ($\text{mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos dez tratamentos e armazenadas a uma temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias. Houve diferenças estatísticas significativas entre as médias (o que indica distinções na atividade respiratória das goiabas

conforme o tratamento a que submetidas) e, também, um aumento gradativo dessas médias ao longo dos períodos de armazenamento.

No primeiro dia após aplicação destes, com variação de 1,41 a 3,181 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹. Os maiores valores obtidos foram observados nos tratamentos 3 (46,0 ± 0,5 °C), 4 (47,0 ± 0,5 °C), 5 (8 kJm⁻²), 6 (16 kJm⁻²) e 10 (0,8 kJm⁻² + 45,0 ± 0,5 °C), havendo diferenças significativas destes em relação aos demais tratamentos. Os menores valores foram observados nos tratamentos 1, 2 (44,0 ± 0,5 °C), 8 (0,8 kJm⁻² + 44,0 ± 0,5 °C) e 9 (0,8 kJm⁻² + 46,0 ± 0,5 °C), demonstrando-se menor intensidade de respiração pelos frutos submetidos a esses tratamentos.

Tabela 13. Valores médios e comparação de médias de CO₂ para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de 8,0 ± 0,2 °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	5 (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	10 (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
T1- Testemunha	1,410Cb	17,951Fa	17,533Fa
T2- 44,0 ± 0,5°C	1,606Cc	20,513Eb	25,607Ea
T3- 46,0 ± 0,5°C	2,980Ac	25,962Db	45,349Ca
T4- 47,0 ± 0,5°C (Probit 9)	3,181Ac	39,155Bb	51,068Ba
T5- 8 kJm ⁻²	3,106Ac	42,386Ab	54,621Aa
T6- 16 kJm ⁻²	2,972Ac	38,711BCb	53,960Aa
T7- 15,512 kJm ⁻² (Probit 9)	2,214Bc	21,757Eb	50,281Ca
T8- 0,8 kJm ⁻² + 44,0 ± 0,5°C	1,409Cc	20,318Eb	40,280Da
T9- 0,8 kJm ⁻² + 46,0 ± 0,5°C	1,606Cc	15,202Gb	51,674ABa
T10- 0,8 kJm ⁻² + 45,0 ± 0,5°C (Probit 9)	2,980Ac	34,822Cb	47,147Ca

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, p < 0,05).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, p < 0,05).

A intensidade da respiração é determinante para definir o período de conservação dos frutos (quanto mais o fruto respira, mais ele gasta suas reservas), de modo que o uso de

tratamentos que diminuem a taxa respiratória (diminuição da produção de CO₂) é a principal estratégia para aumentar-lhes a conservação (WILLS *et al.* 1981; PIMENTEL, 2007).

No quinto e décimo dias de armazenamento, os maiores valores de taxa respiratória foram encontrados para as goiabas submetidas ao tratamento 5 (8 kJm⁻²), obtendo-se valores médios, respectivamente, de 42,386 e 54,621 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹, indicativos de que a irradiação produziu significativamente mais gás carbônico que os demais tratamentos. Os valores são bem semelhantes aos encontrados por Botelho (1996), para quem a atividade máxima de respiração em goiabas ‘Kumagai’ foi de aproximadamente 55 mLCO₂kg⁻¹h⁻¹.

Tabela 14. Valores médios e comparação de médias de CO₂ para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de 22,0 ± 0,2 °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	5 (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)	10 (mLCO ₂ kg ⁻¹ h ⁻¹)
T1- Testemunha	1,409Cc	41,239BCb	104,038Aa
T2- 44,0 ± 0,5°C	1,606Cc	31,753Db	87,235BCa
T3- 46,0 ± 0,5°C	2,980Ac	38,281Cb	116,954Aa
T4- 47,0 ± 0,5°C (Probit 9)	3,181Ac	55,059Ab	113,731Aa
T5- 8 kJm ⁻²	3,106Ac	55,725Ab	84,840Ba
T6- 16 kJm ⁻²	2,972Ac	43,296Bb	77,686Ca
T7- 15,512 kJm ⁻² (Probit 9)	2,214Bc	47,263Bb	114,889Aa
T8- 0,8 kJm ⁻² + 44,0 ± 0,5°C	1,409Cc	38,967Cb	103,599Ba
T9- 0,8 kJm ⁻² + 46,0 ± 0,5°C	1,606Cc	31,514Db	81,232Ca
T10- 0,8 kJm ⁻² + 45,0 ± 0,5°C (Probit 9)	2,980Ac	38,924Cb	62,711Da

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, p < 0,05).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, p < 0,05).

As menores taxas respiratórias no quinto e décimo dias de armazenamentos foram encontradas para as goiabas submetidas aos tratamentos 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) e 1 (testemunha): valores médios de $15,202$ e $17,533 \text{ mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, respectivamente.

As goiabas tratadas, quando submetidas ao armazenamento a $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$, tiveram acentuado aumento da taxa respiratória, que se estabeleceu em patamares bastante elevados, se comparados aos relativos ao armazenamento a $8,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$. Resultados semelhantes, em goiabas 'Paluma', foram encontrados por Bron *et al.* (2005), que constataram maior respiração dos frutos mantidos a altas temperaturas em relação aos armazenados às temperaturas de 1°C e $11 \text{ }^\circ\text{C}$.

Na Tabela 14, podem ser observados os valores médios e comparação de médias de evolução de CO_2 ($\text{mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$) para goiabas 'Kumagai' submetidas aos dez tratamentos e armazenadas a $22,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$ durante 10 dias. Os maiores valores médios de taxa respiratória, observados no primeiro dia após a aplicação dos tratamentos, foram obtidos nos tratamentos 3 ($46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$), 4 ($47,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$), 5 (8 kJm^{-2}), 6 (16 kJm^{-2}), 7 ($15,512 \text{ kJm}^{-2}$) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$).

No quinto dia de armazenamento, os maiores valores foram observados nos tratamentos 4 ($47,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) e 5 (8 kJm^{-2}), evidenciando que esses níveis de água quente e de radiação UV-C, associados à exposição dos frutos a altas temperaturas de armazenamento, causam um incremento considerável na taxa respiratória. Os menores valores foram observados nos tratamentos 2 ($44,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$) e 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$), que apresentaram valores de $31,753$ e $31,514 \text{ mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, respectivamente.

No décimo dia de armazenamento, as goiabas apresentaram valores próximos de taxa respiratória, sendo o maior valor para o tratamento 4 ($47,0 \pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$), de $113,731 \text{ mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, e o menor valor para o tratamento 10, $62,711 \text{ mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$. Valores próximos foram encontrados por Cavalini (2004), que observou em goiabas 'Kumagai', no estágio 3 de coloração, valores máximos de atividade respiratória de $65 \text{ mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$, a partir do nono dia de armazenamento à temperatura de $25,0 \pm 0,2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Lima (2003) conclui que, em goiabas 'Paluma' (polpa branca) armazenadas a $21 \text{ }^\circ\text{C}$, a respiração mostrou-se intensa, com média de $128,47 \text{ mLCO}_2\text{kg}^{-1}\text{h}^{-1}$ no sétimo dia de armazenamento, não observando um comportamento que se caracterizasse como climatérico.

No presente experimento, as goiabas amadureceram durante o período de armazenamento, fato considerado característico dos frutos climatéricos. No entanto, não foi observado o decréscimo da taxa respiratória, ou fase pós-climatérica (que corresponde ao início da senescência dos frutos), fato que deveria ter ocorrido a partir do quinto dia de armazenamento a $22,0 \pm 0,2$ °C.

5.4.6 Ácido ascórbico

As variações médias de ácido ascórbico (mg/100g) obtidas para as goiabas submetidas aos dez tratamentos e armazenadas às temperaturas de 8,0 e $22,0 \pm 0,2$ °C são apresentados nas Tabelas 15 e 16. Foi observada diferença estatística significativa entre as médias, o que denota diferenças dos efeitos dos tratamentos sobre os teores de ácido ascórbico das goiabas e também diferenças desses teores ao longo dos armazenamentos.

De acordo com Seymour, Taylor e Tucker (1993), a goiaba é uma excelente fonte de ácido ascórbico, apresentando teores de vitamina C entre 80 e 372 mg/100g. Botelho *et al.* (2002) afirmam que goiabas de polpa branca ‘Kumagai’, armazenadas à temperatura ambiente, apresentaram um máximo de 139,9 mg/g de ácido ascórbico na polpa. Os resultados encontrados no presente experimento para as goiabas submetidas ao calor e irradiação e armazenadas a $8,0 \pm 0,2$ °C são próximos aos encontrados pelos referidos autores, havendo-se obtido uma variação de teores de ácido ascórbico de 96,25 a 139,71 mg/100g no primeiro dia de armazenamento, após a aplicação dos tratamentos.

Lima e Assis (2002) e Pereira *et al.* (2006) relatam que teores de ácido ascórbico variando de 52,8 a 209,88 mg/100g são indicados para o consumo “*in natura*” de goiabas. As variedades de polpa branca estudadas pelos primeiros autores tiveram maiores teores de ácido ascórbico que as variedades de polpa vermelha.

Foi verificado, entre o primeiro e o quinto dias de armazenamento, um decréscimo nos teores ácido ascórbico para os tratamentos 2 ($44,0 \pm 0,5$ °C), 8 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5$ °C), 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C).

No décimo dia de armazenamento, houve um incremento nos teores de ácido ascórbico para o tratamento 3 ($46,0 \pm 0,5$ °C), e nos demais tratamentos os teores se mantiveram iguais aos verificados no quinto dia de armazenamento.

Tabela 15. Valores médios e comparação de médias de teores de ácido ascórbico (mg/100g) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (mg/100g)	5 (mg/100g)	10 (mg/100g)
T1- Testemunha	96,25Ea	83,07Cb	83,07Cb
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	99,80DEa	68,01DEb	68,01Db
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	105,87Da	115,23Aa	127,94Aa
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	107,06Da	74,79CDb	91,33Cb
T5- 8 kJm^{-2}	115,20Ca	98,05Bb	98,05Bb
T6- 16 kJm^{-2}	130,13ABa	105,28Ab	105,28Ab
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	125,14BCa	52,37FGb	52,37Eb
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5$ °C	104,26DEa	64,17EFb	64,17Db
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5$ °C	135,80Aa	61,90Eb	61,87Db
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	139,71Aa	40,41Gb	40,41Eb

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Na Tabela 16, podem ser observados os valores médios e comparações de médias de teores de ácido ascórbico (mg/100g) para goiabas ‘Kumagai’ armazenadas à temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias. Os tratamentos 4 ($47,0 \pm 0,5$ °C), 6 (16 kJm^{-2}) e 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C) não apresentaram diferenças significativas entre o quinto e o décimo dias, enquanto para os tratamentos 3 ($46,0 \pm 0,5$ °C), 5 (8 kJm^{-2}), 7 ($15,512 \text{ kJm}^{-2}$) e 8 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5$ °C) houve decréscimo nesses valores.

Segundo Jacomino (1999), o teor de ácido ascórbico aumenta no fruto durante os estádios iniciais de desenvolvimento até a maturação final, e, quando excessivamente maduro o fruto, tal teor diminui significativamente.

No décimo dia de armazenamento, os tratamentos 1 (testemunha) e 2 ($44,0 \pm 0,5$ °C) não sofreram decréscimo significativo nos valores médios de teores de ácido ascórbico, fato que pode ser explicado pelo menor grau de amadurecimento dos frutos aí avaliados, em relação aos frutos dos demais tratamentos. Mercado-Silva *et al.* (1998) relatam que o aumento no teor de ácido ascórbico em goiabas durante o início do amadurecimento está associado ao aumento da síntese de intermediários metabólicos, os quais são precursores do ácido ascórbico.

Tabela 16. Valores médios e comparação de médias de teores de ácido ascórbico (mg/100g) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (mg/100g)	5 (mg/100g)	10 (mg/100g)
T1- Testemunha	94,99Da	73,68Ab	87,64Ba
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	99,79Ca	69,69BDb	98,65Aa
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	105,87Ca	66,18DEb	56,26Fc
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	107,06Ca	65,31Eb	63,07CDb
T5- 8 kJm^{-2}	115,20Ba	65,17EFb	59,60Ec
T6- 16 kJm^{-2}	130,13Aa	63,12Fc	68,84Cb
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	125,14Ba	76,90Ab	63,60DEc
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5$ °C	104,26Ca	65,00Eb	53,02Fc
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5$ °C	135,80Aa	53,72Gb	51,11Fb
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	139,71Aa	71,35ABb	54,97Fc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

5.4.7 Acidez titulável

Para as goiabas armazenadas a $8,0 \pm 0,2$ °C, foi verificado, de uma forma geral, aumento nos teores de ácido cítrico durante o período de armazenamento. Comportamento semelhante foi verificado por Pereira *et al.* (2006), que testaram diferentes embalagens para goiabas ‘Cortibel’, e por Pimentel (2007), que verificou o efeito da radiação gama em goiabas ‘Pedro Sato’.

Na Tabela 17, podem ser observados os valores médios e comparações de médias de acidez titulável (ATT) para as goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a $8,0 \pm 0,2$ °C. A acidez titulável dos frutos apresentou incremento até o último dia de armazenamento. Jacomino (1999) também observou um leve aumento no teor de AT durante armazenamento de goiabas ‘Kumagai’ em diferentes embalagens, acréscimo este associado à refrigeração a 10 °C. Barret e Gonzalez (1994) atribuem que o incremento da acidez pode estar relacionado com a provável formação de ácido galacturônico, em consequência da hidrólise da pectina, processo que por sua vez, se dá por meio das enzimas pectinametilesterase (PME) e poligalacturonase (PG).

Os maiores níveis de acidez no primeiro dia de armazenamento após aplicação dos tratamentos foram observados para os tratamentos 5 (8 kJm^{-2}), 8 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5$ °C) e 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C), de 0,589, 0,590 e 0,603 % de ácido cítrico, respectivamente. Chitarra e Chitarra (2005) relatam que os níveis de acidez, em geral, não excedem 1,5% a 2,0%, com raras exceções, como em limão e espinafre (que podem conter teores acima de 3%).

No quinto dia de armazenamento, não houve diferenças significativas entre os tratamentos 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C), o que mostra uma tendência de manutenção dos níveis de acidez titulável em relação ao primeiro dia de armazenamento. Ponzo (2009) observou manutenção nos níveis de acidez titulável em goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a $25,0 \pm 0,5$ °C por 12 dias.

No décimo dia de armazenamento, houve um acréscimo dos níveis de acidez titulável para todos os tratamentos avaliados, sendo notados os maiores níveis para os tratamentos 6 (16 kJm^{-2}), 7 ($15,512 \text{ kJm}^{-2}$) e para os tratamentos 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C).

Tabela 17. Valores médios e comparação de médias dos valores de acidez titulável (% de ácido cítrico) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (% de ácido cítrico)	5 (% de ácido cítrico)	10 (% de ácido cítrico)
T1- Testemunha	0,572BCb	0,535DEc	0,790Ba
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	0,576BCb	0,531Dc	0,706Ca
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	0,573BCb	0,558Cc	0,674Da
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	0,527Db	0,520EFb	0,683Da
T5- 8 kJm^{-2}	0,589ABb	0,515Fc	0,756Ba
T6- 16 kJm^{-2}	0,565BCb	0,567Cb	0,800ABa
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	0,588Bc	0,603Bb	0,864ABa
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5$ °C	0,590Ab	0,528Dc	0,766Ba
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C	0,603Ac	0,647Ab	0,810ABa
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	0,564Cc	0,655Ab	0,828Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Na Tabela 18, podem ser observados os valores médios e comparações de médias de acidez titulável para as goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a $22,0 \pm 0,2$ °C. Houve redução dos teores de acidez titulável após o quinto dia de armazenamento, quando as goiabas já se encontravam em senescência.

Essa redução nos níveis de acidez titulável foi mais acentuada nos tratamentos 5 (8 kJm^{-2}), 6 (16 kJm^{-2}), 7 ($15,512 \text{ kJm}^{-2}$), 9 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C), o que possivelmente está relacionado ao aumento da taxa respiratória dos frutos induzido pelo armazenamento a $22,0 \pm 0,2$ °C, temperatura capaz de causar danos às goiabas.

Jacomino (1999) também observou redução nos níveis de acidez titulável em goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a altas temperaturas.

Tabela 18. Valores médios e comparação de médias dos valores de acidez total (% de ácido cítrico) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (% de ácido cítrico)	5 (% de ácido cítrico)	10 (% de ácido cítrico)
T1- Testemunha	0,572Ca	0,540CDb	0,609Ba
T2- $44,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$	0,576BCb	0,599ABa	0,596Aa
T3- $46,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$	0,573Db	0,617Aa	0,565Bb
T4- $47,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ (Probit 9)	0,527Da	0,511Eb	0,508Ca
T5- 8 kJm^{-2}	0,589ABa	0,463Eb	0,419DEc
T6- 16 kJm^{-2}	0,565BCa	0,538CDb	0,399Ec
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	0,588Ba	0,542Cb	0,421Ec
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$	0,590ABa	0,588Ba	0,446Db
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$	0,603Aa	0,563Cb	0,391Cc
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5^\circ\text{C}$ (Probit 9)	0,564Ca	0,536Db	0,430Dc

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

5.4.8 pH

As variações médias de pH obtidas para as goiabas armazenadas a 8,0 e a $22,0 \pm 0,2$ °C são apresentadas nas Tabelas 19 e 20, respectivamente. Houve diferença estatística significativa entre as médias, o que denota distinções de pH das goiabas conforme o tratamento a que submetidas e também durante os períodos de armazenamento.

Na Tabela 19, foi observado aumento gradativo do pH ao longo dos 10 dias de armazenamento, com uma variação entre 3,74 e 4,03, no primeiro dia de armazenamento, e de 3,55 e 4,51 no décimo dia de armazenamento. Comportamento diferente, também em goiabas ‘Kumagai’, foram relatados por Oliveira *et al.* (2006), para quem os valores de pH variaram de

3,53 a 3,81, não havendo diferenças significativas durante 21 dias de armazenamento refrigerado a $8,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$.

Manica *et al.* (1998) afirmam que valores de pH superiores a 3,5 indicam a necessidade de se adicionar ácidos orgânicos comestíveis no processamento dos frutos, visando à melhoria da qualidade do produto final industrializado. Portanto, os níveis médios de pH observados nos diversos tratamentos térmicos e de radiação atendem às exigências para o consumo “*in natura*”.

Tabela 19. Valores médios e comparação de médias de pH para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1	5	10
T1- Testemunha	4,03Aa	3,85Db	3,80Fc
T2- $44,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	3,81CDa	3,84Da	3,68Hb
T3- $46,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	3,83Cb	4,02Aa	3,74Gc
T4- $47,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	3,92Ba	3,90Cb	3,55Ic
T5- 8 kJm^{-2}	3,78Ec	3,90Bb	4,27CDa
T6- 16 kJm^{-2}	3,74Gc	3,87CDb	3,92Ea
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	3,78DEb	3,72Fc	4,12Da
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	3,76Fb	3,77Eb	4,51ABa
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	3,82Cb	3,64Gc	4,61Aa
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	3,78Ec	3,80Db	4,29BCa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Na tabela 20, podem ser observados os valores médios e comparações de médias de pH relativos às goiabas ‘Kumagai’ armazenadas a $22,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$. Os maiores valores de pH

avaliados no primeiro dia de armazenamento foram observados para os tratamentos 1 (testemunha) e 4 ($47,0 \pm 0,5$ °C), com valores de 3,87 e 3,92, respectivamente.

No décimo dia de armazenamento, os maiores valores de pH foram observados nos tratamentos 5 (8 kJm^{-2}), 6 (16 kJm^{-2}) e 10 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C): respectivamente, 4,20, 4,13 e 4,20. A elevação do pH tem sido associada à utilização de ácidos orgânicos em excesso, armazenados nos vacúolos, como substrato respiratório (MERCADO-SILVA *et al.* 1998).

Esses resultados são próximos àqueles obtidos para as goiabas armazenadas a $8,0 \pm 0,2$ °C. Fakhouri e Grosso (2003), avaliando os efeitos de coberturas comestíveis na vida útil de goiabas ‘Kumagai’, relatam variações mínimas de pH entre tratamentos, incluindo a testemunha, com faixas de variação (3,84 a 4,17) semelhantes àquela verificada no presente trabalho.

Tabela 20. Valores médios e comparação de médias de pH para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1	5	10
T1- Testemunha	3,87Ab	3,85Fc	4,05Ca
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	3,81Bb	3,91DEa	3,92Da
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	3,82BCc	3,90Eb	3,94Da
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	3,92Ab	3,93CDb	4,05Ca
T5- 8 kJm^{-2}	3,78DEFc	4,00Ab	4,20Aa
T6- 16 kJm^{-2}	3,73Gc	4,00ABb	4,13Ca
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	3,77CDEc	3,91DEb	4,12Ba
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5$ °C	3,76Fc	3,92CDEb	4,13ABa
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5$ °C	3,82BCb	3,83Fb	4,05Ca
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	3,78Ec	3,95BCb	4,20ABa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Lima e Assis (2002), caracterizando frutos de cultivares diferentes de goiabeira na região do submédio São Francisco, concluíram que os valores encontrados de pH, variando de 3,72 a 4,22, são considerados altos.

5.4.9 Sólidos solúveis

Foram verificadas diferenças estatísticas significativas entre as médias para as goiabas armazenadas a 8,0 e a 22,0 ± 0,2 °C, o que denota distinções de concentração de sólidos solúveis nas goiabas conforme o tratamento a que submetidas e também durante os períodos de armazenamentos.

Na Tabela 21, podem ser visualizados os valores médios e comparações de médias de sólidos solúveis (°Brix) para as goiabas armazenadas a 8,0 ± 0,2 °C. Registraram-se variações no primeiro dia de armazenamento entre 9,52 e 11,00 °Brix, respectivamente para os tratamentos 1 (testemunha) e 7 (15,512 kJm⁻²), e, no décimo dia, foram obtidas variações entre 9,30 e 11,86 °Brix respectivamente para os tratamentos 4 (47,0 ± 0,5 °C) e 8 (0,8 kJm⁻² + 44,0 ± 0,5 °C).

Lima e Assis (2002), em avaliação de teores de sólidos solúveis em alguns cultivares de goiaba, registraram variações entre 7,2 e 10,9 °Brix. Fakhouri e Grosso (2003) relataram variações nos teores de sólidos solúveis de goiabas ‘Kumagai’ superiores às variações encontradas no presente trabalho (12,72 e 16,31 °Brix) para o tratamento-controle, em armazenamento por 21 dias a 12 °C.

Segundo Gonzaga Neto *et al.* (1986), altos teores de sólidos solúveis são desejáveis tanto para os frutos destinados ao consumo “*in natura*” quanto para os destinados à indústria, implicando para esta, aliás, um custo de processamento menor.

Observa-se que os tratamentos 1 (testemunha), 4 (47,0 ± 0,5 °C) e 6 (16 kJm⁻²) apresentaram tendência ao aumento nos teores de sólidos solúveis durante o período de armazenamento, comportamento contrário ao observado no tratamento 8 (0,8 kJm⁻² + 44,0 ± 0,5 °C). Os maiores teores de sólidos solúveis encontrados nesse experimento podem ter ocorrido devido à menor utilização dos açúcares pelo processo respiratório dos frutos (STEFFENS *et al.* 2008), bem como em virtude do aumento, nestes, de pectinas solúveis (que favorecem a concentração de açúcares), uma vez que esses frutos apresentaram menor firmeza da polpa (avaliada no item 5.3.4).

Tabela 21. Valores médios e comparação de médias de sólidos solúveis (°Brix) para goiabas ‘Kumagai’ submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (°Brix)	5 (°Brix)	10 (°Brix)
T1- Testemunha	9,52Db	10,58Da	10,43CDa
T2- $44,0 \pm 0,5$ °C	10,12BCc	11,25Aa	10,32DEb
T3- $46,0 \pm 0,5$ °C	10,64Aa	10,12Eb	10,22Eb
T4- $47,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	9,91Cc	10,89CDb	11,86Aa
T5- 8 kJm^{-2}	10,15BCb	10,96BCa	9,99Eb
T6- 16 kJm^{-2}	10,12BCc	10,77BCb	11,05Ba
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	11,00Aa	10,82Ba	10,06Eb
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5$ °C	10,12Bb	10,90BCa	9,30Fc
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5$ °C	10,63Ab	11,67Aa	10,58Cb
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5$ °C (Probit 9)	9,67Db	11,88Aa	9,81Fb

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

Na tabela 22, pode ser observado, no primeiro dia de armazenamento, os sólidos solúveis variaram entre 9,52 e 11,00 °Brix respectivamente para os tratamentos 1 (testemunha) e 7 ($15,512 \text{ kJm}^{-2}$), enquanto no décimo dia de armazenamento as variações observadas foram entre 8,76 e 12,61 °Brix respectivamente para os tratamentos 6 (16 kJm^{-2}) e 8 ($0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0 \pm 0,5$ °C).

Visto que a temperatura de armazenamento $22,0 \pm 0,2$ °C acelera o metabolismo dos frutos (sendo considerada, inclusive, imprópria para conservação de goiabas), os menores valores de sólidos solúveis obtidos no presente experimento podem ter ocorrido devido à senescência dos frutos e ao aumento na taxa respiratória (com conseqüente consumo de

açúcares através da via glicolítica) ou, ainda, em função do processo acelerado de oxidação dos açúcares por causa das maiores taxas respiratórias (SHARAF e EL-SAADANY, 1996).

Tabela 22. Valores médios e comparação de médias de sólidos solúveis para goiabas 'Kumagai' submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a temperatura de $22,0 \pm 0,2$ °C durante 10 dias.

Tratamentos	Tempo de armazenamento (dias)		
	1 (°Brix)	5 (°Brix)	10 (°Brix)
T1- Testemunha	9,52Dc	14,05Aa	11,65Bb
T2- $44,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	10,12BCc	11,05BCa	10,71Cb
T3- $46,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$	10,64Ab	11,43Aa	10,56Cb
T4- $47,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	9,91Cb	11,20Ca	9,84Db
T5- 8 kJm^{-2}	10,16BCb	10,31DEa	9,32EFc
T6- 16 kJm^{-2}	10,12BCb	10,69Da	8,76Gc
T7- $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ (Probit 9)	11,00Aa	10,47Db	9,77DEc
T8- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 44,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	10,12Bb	10,19Eb	12,61Aa
T9- $0,8 \text{ kJm}^{-2} + 46,0$ $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$	10,63Ab	11,20ABa	9,54Fc
T10- $0,8 \text{ kJm}^{-2} +$ $45,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ (Probit 9)	9,67Dc	12,04Ab	12,29Aa

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre si para tratamentos (Tukey, $p < 0,05$).

Médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha não diferem entre si para períodos de armazenamento (Tukey, $p < 0,05$).

5.5 CONCLUSÕES

As goiabas submetidas aos 10 tratamentos e armazenadas a uma temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C obtiveram respostas muito melhores, quanto a índices de qualidade, que as armazenadas a $22,0 \pm 0,2$ °C. Isto se deu para *todos* os parâmetros analisados, o que credencia a temperatura de armazenamento como condição determinante para manutenção da qualidade dos frutos.

As três técnicas avaliadas (tratamentos com água quente e com radiação UV-C e ambos combinados) se mostraram viáveis para o atingimento do Probit 9 (BAKER, 1939) em goiabas ‘Kumagai’, cujos atributos de qualidade, por seu turno, são mantidos dentro do padrão aceito pelo mercado (inclusive o externo) desde que observada a temperatura de $8,0 \pm 0,2$ °C no subsequente armazenamento.

O presente trabalho pôde, assim, apurar os competentes níveis de tratamento para tal finalidade, quais sejam: **1)** para o tratamento hidrotérmico com água quente, $47,0 \pm 0,5$ °C com tempo de imersão fixo de 36 minutos; **2)** para o tratamento de radiação UV-C, $15,512 \text{ kJm}^{-2}$ e $16,0 \text{ kJm}^{-2}$; **3)** para os tratamentos combinados de radiação UV-C e água quente, $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 45,0 \pm 0,5$ °C e $0,80 \text{ kJm}^{-2} + 46,0 \pm 0,5$ °C.

Contudo, mais do que isso, o objetivo maior da pesquisa foi efetivamente alcançado, traduzindo-se em informação particularmente interessante ao incremento do comércio da goiaba – e que, embora diga respeito a esta, e especificamente à variedade Kumagai, inaugura a possibilidade de trabalhos, em relação ao tema, para obtenção do parâmetro também quanto a outras frutas (e, igualmente, para outras pragas além da mosca-do-mediterrâneo).

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGUAYO, E., ESCALONA, V.H., GÓMEZ, P., HERNANDEZ, F.A., CALERO, F. F. Técnicas Emergentes y Sostenibles para la Desinfección de Frutas e Hortalizas Mínimamente Preprocessadas. **17º Symposium Internacional Phitoma – España**. n.189.p.138-146. 2007.

AGRICULTURAL ENGINEERS YEARBOOK OF STANDARDS. American Society of Agricultural Engineers - **ASAE**, St. Joseph, MI, 2000.

ALLENDE, A.; ARTÉS, F.. Combined Ultraviolet-C and Modified Atmosphere Packaging Treatments for Reducing Microbial growth of Fresh Processed lettuce. **Food Research International**, *Lebensm.-Wiss*, n.36, p. 779-786, 2003a.

ALLENDE, A.; ARTÉS, F.; UV-C Radiation as a novel Technique for Keeping Quality of Fresh Processed ‘Lollo Rosso’ Lettuce. **Food Research International**, n.36, p. 739-746, 2003b.

ARRUDA, M. C. de; JACOMINO, A. P. SPOTO, M. H. F.; Conservação de Melão Rendilhado Mínimamente Processado Sob Atmosfera Modificada Ativa. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 1, p. 053-058, jan.-mar., 2004.

ARTHUR, V.; CACERES, C.; WIENDL, F.M. Controle da Infestação Natural de *Ceratitidis capitata* (WIED., 1824) (Díptera: Tephritidae) em Pêssegos (*Prunus pérsica*) Através das Radiações Gama. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 50 (3), p. 329-332, out./dez., 1993.

ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Desinfestação de *Averrhoa carambola* (Macquart, 1835) (DIPTERA: THPHRIDAE) Através de Radiação Gama. **Scientia Agrícola**, Piracicaba – SP, v.51, n.2, p. 216-221, maio/ago., 1994.

ASSOCIATION OFFICIAL METHODS OF ANALYSIS (AOAC). Cap. 37 –**Fruits and fruits Product – Association of official Analytical Chemists**, Gaithersburg, Maryland U.S.A., 16 th ed. v. 2. p.1-29, 1997.

AZZOLINI, M. **Fisiologia Pós-colheita de Goiabas ‘Pedro Sato’ Estádios de Maturação e Padrão Respiratório**. 2002. 100p. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, SP: ESALQ.

- BAENA, L. O Acordo da OMC Sobre Aplicação das Medidas Sanitárias e Fitossanitárias. **Revista de Informação Legislativa**. Brasília, a.42, n.165, jan./mar. 2005.
- BARRET, D.M.; GONZALEZ, C. Activity of Softening Enzymes During Cherry Maturation. **Journal of Food Science**, v. 59(3), p. 574-577, 1994.
- BATISTA, J.L.; BORTOLI, S.A.; ALVES, R.E.; FILGUEIRAS, H.A.C. Tratamentos Pós-Colheita para o Controle de Mosca-das-frutas. **Jaboticabal: Funep**, 30p., 2001.
- BATISTA-PEREIRA, L.G.; OTOBONI, C.E. de M.; NEGRETE, A.R.; JÚNIOR, F.P. da S.; PEREIRA, L. Flutuação Populacional das Moscas-das-Frutas (Díptera: Tephritidae) em Pomar de Goiabeiras. **Revista Científica Eletrônica Agronomia**. 2 ed. n.4, dez. 2003.
- 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. **Circ. N.551**, 8p, 1939.
- BENASSI, M. T.; ANTUNES, A. J. A Comparison of Meta-phosphoric and Oxalic Acids as Extractant Solutions for the Determination of Vitamin C in Selected Vegetables. **Arquivos de Biologia e Tecnologia**, v.31, n.4, p. 507-513, 1988.
- BENSCHOSTER, C. A. Lethal Effects of Cold Storage Temperatures on Caribbean Fruit Fly in Grapefruit. **Pro. Fla. State Hort. Soc.** Miami, v.96, p.318-319, 1983.
- BIALE, J.B.; BARCUS, D.E. Respiratory Patterns in Tropical fruits of the Amazon Basin. **Tropical Science**, v.12, p.93-104, 1970.
- BLEINROTH, E.W.; Colheita e Beneficiamento. In: GONGATTI NETO, A.; GARCIA, A.E.; ARDITO, E.F.G.; GARCIA, E.E.C.; BLEINROTH, E.W.; MATALLO, M.; CHITARRA, M.I.F.; BORDIN, M.R. Goiaba para Exportação: procedimentos de Colheita e Pós-Colheita. **Brasília: EMBRAPA- Série Publicações Técnicas FRUPEX**, cap. 2, p. 12-23, 1996.
- BICALHO, U. de O.; CHITARRA, A.B.; CHITARRA, M. I. F.; COELHO, A. H. R. Modificações Texturais em Mamões Submetidos `a Aplicação Pós-colheita de Cálcio e Embalagem de PVC. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.24, n.1, p.136-146, 2000.

BOTELHO, R.V. **Efeito do Tratamento Pós-Colheita com Cálcio na Ocorrência de Antracnose (*Coletotrichum gloeosporioides* Penz.) no Amadurecimento de Goiabas (*Psidium guajava* L.)** 1996. 122p. Dissertação (Mestrado em Ciência) Faculdades de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Botucatu.

BOTELHO, R.V.; SOUZA, N.L.; PERES, N.A.R. Qualidade Pós-Colheita de goiabas “Branca de Kumagai” Tratadas com Cloreto de Cálcio. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 24(1) p. 63-67, 2002.

BRACKMANN, A.; GUEDES, J.V.C. Controle de Insetos em frutas, Hortaliças e Grãos Armazenados com o Uso de Temperaturas Extremas e Gases. **Ciência Rural**, Santa Maria, Revisão Bibliográfica, v.25, n.2, p. 317-322, 1995.

BRAGA, N.C. Termostato Usando Triac. Projetos/ Consumo. 2008. Disponível em: <<http://www.sabereletronica.com.br>>. Acesso em: 18 de out. 2010.

BRAMLEY, P.M. Is Lycopene Beneficial to Human Health? **Phytochemistry**, v.54. p.233-236, 2002.

BRODY, A.L. Envasado de Alimentos en Atmosferas Controladas, Modificadas y Vacío. **Zaragoza: Acribia**, 1996. p. 220.

BRON, I.U.; RIBEIRO, R.V.; CAVALINI, F.C.; JACOMINO, A.P.; TREVISAN, M.J. Temperature-Related Changes in Respiration and Q_{10} Coefficient of Guava. **Scientia Agricola**, v. 62(5), p. 458-463, 2005.

BURDITT, Jr.; McALISTER, Jr. L.C. Refrigeration as a Quarantine Treatment for Fruit Infested With Eggs and Larvae of *Anastrepha* Species. **Proc. Fla. States Hort. Soc**, Miami, v.95, p. 224-226, 1982.

BURDITT, Jr.; A.K.; BALOCK, J.W. Refrigeration as a Quarantine Treatment for Fruit and Vegetables Infested With Eggs and Larvae *Dacus dorsalis* and *D. Curcubitae*. **J. Econo. Entom**, College Park, v.78, n.4, p.885-887, 1985.

- CALORE, L.; VIEITES, R.L. Conservação de Pêssegos 'Biuti' por Irradiação. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 23 (Supl): p. 53-57, dez. 2003.
- CAMPOS, H. **Estatística Experimental não Paramétrica**. 4º. ED. Piracicaba: FEALQ, 349p. 1983.
- CAPDEVILLE, Q.; WILSON, C.L.; BEER, S.V.; AIST, T.R. Alternative Disease Control Agents Induce Resistance to Blue Mold in Harvested 'Red Delicious' Apple Fruit. **Phytopatology**. St. Paul, v.92, n.8, p. 900-908, 2002.
- CARDOSO, A.M.P.; **Análise Genética de Mutantes Morfológicos Obtidos com Raios Ultra-Violeta Sobre Ovos de Ceratitis capitata Wied. (Díptera: Tephritidae)**. 1987. 121p. Dissertação (Mestrado em Biologia) Instituto de Biologia, Universidade Estadual de Campinas.
- CARVALHO, H.A. de; **Utilização da Atmosfera Modificada na Conservação Pós-Colheita da Goiaba 'Kumagai'**. 1999. 155p Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências dos Alimentos, Universidade Federal de Lavras, MG.
- CARVALHO, H.A.; CHITARRA, M.L.F.; CHITARRA, A.B.; CARVALHO, H.S. Efeito da Atmosfera Modificada sobre Componentes da Parede Celular de Goiaba. **Ciência e Agrotécnica**, v. 25(3), p. 605-615, 2001.
- CARVALHO, R. da S. Biocontrole de Moscas-das-frutas: Histórico, Conceitos e Estratégias. **EMBRAPA: Circular técnica**, Cruz das Almas, BA, dez., 2006.
- CAVALINI, F.C. **Índices de Maturação, Ponto de Colheita e Padrão respiratório de Goiabas 'KUMAGAI' e 'PALUMA'**. 2004. 69p. Dissertação (mestrado) – Escola Superior de Agricultura 'Luiz de Queiroz', Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CEAGESP: A goiaba em números. Disponível em: <<http://www.ceagesp.gov.br>>. Acesso em mar. 2006.
- CEPA. Disponível em:
<<http://www.cepa.if.usp.br/energia/energia1999/Grupo6A/ilumina.htm>>. Acesso em: mai. 2006.

CERQUEIRA, T.S.; SASAKI, F.F.; NOVAES, L. G. D. JACOMINO, A. P. Avaliação de Goiabas 'Kumagai' em Atmosfera Modificada, Armazenadas a Temperatura Ambiente. **In: II Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita: Frutas Hortalças e Flores**. Caderno de Palestras e resumos. P.281. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2007.

CHAN JR. H.T.; TAM, S.Y.T., SEO, S.T. Papaya Polygalacturonase and its Role in Thermally Injured Ripening Fruit. **Journal Food Science**, v.46, p.190-197, 1991.

CHAN JR., H.T.; KWOK, S.C.M. Identification and determination of Sugars in Some Tropical Fruit Products. **Journal of Food Science**, v.40, n.2, p.419-420, 1976.

CHITARRA, M.I.F. **Tecnologia e Qualidade Pós-Colheita de Frutos e Hortalças: Tecnologia e Qualidade**. 1ª ed. Lavras-M.G., UFLA/FAEPE, 2000.

CHITARRA, M.I.F.; CHITARRA, A. B. **Pós-Colheita de Frutas e Hortalças: Fisiologia e Manuseio**. 2ª ed. Lavras-M.G., editora UFLA, 2005.

CHOUDHRY, M.M.; COSTA, T. S. da; ARAÚJO, J.L.P. Goiaba: Pós-colheita: Agronegócio da Goiaba. **EMBRAPA Informação Tecnológica**. 45p.n.19, il., (Frutas do Brasil), 2001.

CINTRA, R.F.; VITTI, A.; BOTEON, M. Disponível em: <<http://www.cepea.esalq.usp.br>>. Acesso em: jul. 2007.

CORCORAN, R.J. Heat-Mortality Relationships for Eggs of *Bactrocera Tryoni* (FROGGATT) (DIPTERA: THPHRIDAE) at Varying Ages. **Jour. Aust. Ent. Soc.** v.32, p.307-310, 1993.

CORDEIRO, I.C. **Influência do Teor de Umidade na Colheita e da Temperatura do Ar de Secagem na Qualidade do Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.)**. 2001.104p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Federal de Viçosa, MG.

CORREIA, M. de P. Disponível em: <http://satelite.cptec.inpe.br/pesquisa/fulltexts/IVepgmet_mpcorrea.pdf>. Acesso em: Jun. 2007.

- COUTINHO, E.F.; JÚNIOR, J.L. da S.; HAERTER, J.A.; NACHTIGALL, G.R.; CANTILLANO, R.F.F. Aplicação Pós-colheita de Luz Ultravioleta (UV-C) em Pêssegos Cultivar Jade, Armazenados em Condição Ambiente. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33. n.4., Jul.-ago., 2003.
- COUTINHO, E.F.; CANTILLANO, F.F.; MALGARIM, M.B.; FRANCHINI, E.; BORGES, J.; PORTO, R.G. Tratamento com Luz Ultravioleta (UV-C) Visando o Controle de Podridão Parda na Pós-Colheita de Ameixa cv. Amarelinha. **In: Congresso Brasileiro de Fruticultura**, Belém, 2002.
- CROSS, J. **Pigments in Fruit**. London: Academic, 303 p, 1987.
- DHINGRA, M.K.; GUPTA, O.P.; CHUNDAWAT, B.S. Studies on Pectin Yield and Quality of Some Guava Cultivars in Relation to cropping Season and fruit Maturity. **Journal of Food Science and Technology**, v.20, 11/2. p.10-13, 1983.
- DALAL, V.B.; EIPERSON, W.E.; SINGH, N.S. Wax Emulsion for Fresh Fruits and Vegetables to Extend Their Storage Life. **Indian Food Packer**, v. 25, n. 2, p. 9-15, 1971.
- DÓRIA, H.O.S.; BORTOLI, S.A.de; ALBERGARIA, N.M.M.S de. Influência de Tratamentos Térmicos na Eliminação de *Ceratitis capitata* em Frutos de Goiaba (*Psidium guajava* L.). **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v.26, n.1, p.107-111, 2004.
- DUCAMP COLLIN, M.N.; ARNAUD, C.; KAGY, V.; DIDIER, C. Review: Fruit Flies: Disinfestation, Techniques Used, possible Application to Mango. **Fruits**, v. 62(4), p. 223-236, 2007.
- DURIGAN, J.F. Colheita, Conservação e Embalagens. In: Simpósio Brasileiro sobre a Cultura da Goiabeira, **Anais...** Jaboticabal: FUNEP, n.1, p. 152-154, 1997.
- EL BULK, R.E.; BARBIKER, EL F.E.; EL TINAY, A.H. Changes in Chemical Composition of Fruit During Development and Ripening. **Food chemistry**, v.59, n.3., p. 395-399, 1997.

FAKHOURI, F., M.; GROSSO, C. Efeito de Coberturas Comestíveis na Vida Útil de Goiabas In Natura (*Psidium guajava* L.) Mantidas sob Refrigeração. **Brazilian Journal of Food Technology**. V. 6, n. 2, p. 203-211, jul./dez, 2003.

FARIA, R.N.de; LÍRIO, V.S.; SILVA, O.M.da; LIMA, J.E. de. Efeitos da Imposição de Barreiras Técnicas e Fitossanitárias nas Exportações Brasileiras de Mamão. **Revista de Economia e Agronegócio**, v.3, n.2, 2005.

FILHO, V.M. de S.; LOPES, O. P.; MIZOBUTSI, G.P.; MIZOBUTSI, E.H.; MAIA, V. M. Conservação Pós-Colheita de Goiaba com uso de Cloreto de Cálcio, Associado a Atmosfera Modificada e Refrigeração. **In: II Simpósio Brasileiro de Pós-Colheita: Frutas Hortaliças e Flores**. Caderno de Palestras e resumos. P.281. Universidade Federal de Viçosa – MG, 2007.

FOWLES, G.R. **Introduction to Modern Optics**. 2 ed., Published in Canada by general Publishing Company, Ltd., 30 Lesmill Road. Toronto, Ontario, 1975.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S. **Manual de Entomologia Agrícola**. 2 ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1998.

GALLO, D. (in memorian) *et al.* **Entomologia Agrícola**. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, v 10, Piracicaba: FEALQ, 2002.

GERHARDT, L.B.A.; MANICA, I.; KIST, H.; SIELER, R.L. Características Físico-Químicas dos Frutos de Quatro Cultivares e Três Clones de Goiabeira em Porto Lucena, RS. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, n.2, p.185-192, 1997.

GERMANO, R.M. de a.; ARTHUR, V.; WIENDL, F.M. Conservação Pós-Colheita de Abacates Pérsia americana Mill., Variedades Fortuna e Quinta, por Irradiação. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.53, n. 2-3, mai./dez., 1996.

GLASS, E.H.; CHAPMAN, P.J. Fate of Apple Maggot and PlumCurculio Larvae in Apple fruits Held in Controlled Atmosphere Storage. **Journal of Economic Entomoly**, College Park, v. 54, n. 5, p. 915-918, 1961.

GOIABRÁS/IBGE. Disponível em: <<http://www.goiabras.org.br>>. Acesso em: mar. 2006.

GONZAGA NETO, L.; SOARES, J.M. **A Cultura da Goiabeira**. Petrolina: Embrapa semi-árido, p.75, 1995.

GONZAGA NETO, L.; ABRAMOF, L.; BEZERRA, J.E.F.; PEDROSA, A.C.; SILVA, H.M. Seleção de Cultivares de Goiabeira (*Psidium guajava* L.) para Fins Industriais, na Região do Vale do Rio Moxotó. **Revista brasileira de fruticultura**, Cruz das Almas, v. 8, n. 2, p. 55-61, 1986.

GUERRERO-BELTRÁN, J.A.; BARBOSA-CÁNOVAS, G.V. Review: Advantages and Limitations on Processing Foods by UV Light. **Food Science Technology Int.**, v.10, p.137-147, 2004.

GCIIA, Grupo Consultivo Internacional sobre Irradiação de Alimentos. **A Irradiação de Alimentos: Ficção e Realidade**. Viena, ficha descritiva 1-14, 1990.

GOULD, W.P. SHARP, J.P. Cold-storage Quarantine Treatment for Carambolas Infested With the Caribbean Fruit fly (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.83, n.2, p.458-460, 1990.

HALLMAN, G.J.; THOMAS, D.B. Ionizing Radiation as a Phytosanitary Treatment Against Fruit Flies (Diptera: Tephritidae): Efficacy in Naturally Versus Artificially Infested Fruit. **Journal of Economic Entomology**, v. 103, n. 4, 2010.

HEATHER, N.W.; HALLMAN, G.J. **Pest Management and Phytosanitary Trade Barriers**. N.W. HEATHER and Cabi International, USA, 2008.

HOWE, R.W. Temperature Effects on Embryonic Development in Insects. Ann. **Review Entomology**, Palo Alto, v.12, p.16-41, 1966.

IAEA, **International Atomic Energy Agency. Facts About Food Irradiation**. Vienna, 38p. 1991.

IBRAF- Instituto Brasileiro de Frutas. **Revista Frutas e derivados**. 5º ed., Ano 2, p. 19-26. mar. 2007.

IBRAF- Instituto Brasileiro de Frutas. Revista Frutas. Estatísticas. Disponível em: <<http://www.ibraf.org.br>>. Acesso em: 30 set. 2010.

INMETRO – Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial. Barreiras Técnicas: Conceitos Básicos.. Disponível em: <<http://inmetro.gov.br/barreirastecnicas/asbtc.asp>>. Acesso em: 05 out. 2004.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas: Métodos Químicos e Físico-Químicos para análise de Alimentos**. 2º ed., São Paulo, v.1, p.371, 1976.

INSTITUTO ADOLFO LUTZ. **Normas Analíticas: Métodos Químicos**, São Paulo: IMESP, v.1, p.46-47, 1985.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Produção Agrícola Municipal. Rio de Janeiro, 2004. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 05 abr. 2006.

JACOMINO, A.P. **Conservação de Goiabas ‘Kumagai’ em Diferentes Temperaturas e Materiais de Embalagens**. 1999. p.90. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

JACOMINO, A.P.; KLUGE, R.A.; BRACKMANN, A.; CASTRO, P.R. de C. Amadurecimento e Senescência de Mamão com 1-Metilciclopropeno. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 59, p. 69-72, 2002.

JAGGER, J. Near UV Radiation Effects on Microorganisms. **Photochem. Photobiol.** n.34, p. 761-768, 1981.

JANG, E.B. Kinetics of Thermal death in Eggs and First Instars of Three Species of fruit Flies (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, Lanhan, v.79, n.2, p. 700-705, 1986.

JESSUP, A.J.; BAHEER, A. Low-temperature Storage as a Quarantine Treatment for Kiwi Fruit Infested with *Dacus tryoni* (Diptera: Tephritidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.83, n .6, p. 2317-2319, 1990.

JESSUP, A.J. High-Temperature dip and Low Temperatures for Storage and Desinfestation of Avocados. **Horticultural Science**, Alexandria, v.26, n. 11, p.1420, 1991.

KADER; A. A. **Postharvest Technology of Horticultural Crops Tchechinal**. 2º ed. Oakland, Ca.: University of California, Division of Agriculture and Natural Resources, p.296, 1992.

KADER; A. A. Methods of Gas Mixing, Sampling, and Analysis. In: **Kader, A.A.** (2º ed), Postharvest technology of horticultural crops, University of California publications 3311 (pp. 93–95). California, USA: University of California, 01-405, dec., 2002.

LAZAN, H.; ALI, Z. M. Cell Hydroelases and Their Potential in the Manipulation of Ripening of Tropical Fruits. **Asean Food Journal**, New York, v.8, n.2, p.47-53, 1993.

LANDOLT, P.J.; CHAMBERS, D.L. & CHEW, V. Alternative to the use of probit 9 Mortality as a Criterion for Quarentine Treatments of Fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Infested Fruit. **Journal of Economic Entomology**. 77:285-287, 1984.

LEAL, A.S.; KRANBROCK, K.; GUEDES, K.; RODRIGUES, R.R. Ressonância Paramagnética Eletrônica-rpe Aplicada à Análise de Especiarias Irradiadas (com radiação gama). **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 24, n.3, p. 427-430, 2004.

LELIÈVRE, J.M.; LATCHE, A. JONES, B.; BOUZAYEN, M.; PECH, J.C. Ethilene and fruit Ripening. **Physiology and Plantarium**, Sweden, v.101, p. 727-739, 1997.

LERICI, C. R.; NICOLI, M. C.; ANESE, M. The Weight Given to Food Processing at the Food and Câncer Prevention III Symposium. **Italian Journal of Food Science**, v.12, n. 1, p. 3-7, 2000.

LIMA, M.A.; DURIGAN, J.F. PEREIRA, F.M.; FERRAUDO, A.S. Caracterização Físico-Química dos Frutos de 19 Genótipos de Goiabeira, Obtidos na FCAV-UNESP. **Revista Brasileira Agropecuária**, SP, p.252-257, 1999.

LIMA, M.A. **Conservação Pós-Colheita de Goiaba pelo uso de Reguladores de Crescimento Vegetal, Cálcio e da Associação destes com Refrigeração e Embalagens**

Plásticas. 2003. 125p. Dissertação (Doutorado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da UNESP- SP.

LIMA, M.A.C.; ASSIS, J.S. de; Caracterização dos Frutos de Goiabeira e Seleção de Cultivares na Região do Submédio São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v. 24, n. 1, p. 273-276, abril, 2002.

LIMA, A.V. **Qualidade Pós-Colheita de goiaba ‘Pedro Sato’ tratada com Ca ‘CIIND.2’ e 1-MCP em Condições Ambiente.** 2004. 67p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras – MG.

LIPP, J.P.;SECCI, V.A. Ensacamento de Frutos: Uma Antiga Prática Ecológica para Controle da Mosca-das-Frutas. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável.** Porto Alegre, v.3, n.4, out/dez, 2002.

LOPES, E.B.; BRITO, C.H.; BATISTA, J.de L.; ALBUQUERQUE, I.C. Tratamento Hidrotérmico no Controle de Larvas de *Ceratitis capitata* em frutos de Tangerina. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.2, n.2, p.23-28, jun, 2008.

LURIE, S.; JEMRIC, T.; WEKSLER, A.; AKIVA, R.; GAZIT, Y. Heat Treatment of ‘Oroblanco’ Citrus Fruit to Control Insect Infestation. **Postharvest Biology and Tecnology**, v.34, p. 321-329, 2004.

LUTZ, J.M.; HARDENBURG, R.E. The Commercial Storage of Fruits, Vegetables and Florist and Nursey Stocks. **In: Agriculture Handbook, 66.** Baltimore: U.S. Dept. Agriculture, 1968.

MACHADO, D.C. **Efeitos da Radiação Ultravioleta em Ovos de Abelhas Africanizadas.** 1991. 95p. Dissertação (Mestrado em Ciências), área de Entomologia da Faculdade de Filosofia Ciências e Letras de Ribeirão Preto - SP.

MACHADO, D.C.; **Efeitos da Radiação UV no Desenvolvimento Embrionário de *Apis Mellifera* (Hymenoptera, Apidae).** 1997. 99p. Tese (Doutorado em Ciências) Departamento de Genética da Faculdade de Medicina de Ribeirão Preto – SP.

- MAHARAJ, R.; ARUL, J.; NADEAU, P. Effect of Photochemical Treatment in the Preservation on Fresh Tomato (*Lycopersicon esculentum* cv. Capello) by delaying senescence. **Postharvest Biology and Tecnology**. v.15, p.13-23, 1999.
- MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. **Mosca-das-Frutas de Importância Econômica no Brasil. Conhecimento Básico e Aplicado**. Ribeirão Preto: Holon,.372p, p.81-86, 1999.
- MANICA, I.;KIST, H.; MICHELETTO, E.L.; KRAUSE, C.A. Competição entre Quatro Cultivares e Duas Seleções de Goiabeira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 33, n.8, p.1305-1313, 1998.
- MANICA, I.; ICUMA, I.M.; JUNQUEIRA, N.T.V.; SALVADOR, J.O.; MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. **Fruticultura Tropical: Goiaba**. Porto Alegre: Cinco Continentes, p. 333, 2000.
- MARICONI, F.A.M.; SOUBIHE SOBRINHO, J. Contribuição para o Conhecimento de Alguns Insetos que Depredam a Goiabeira (*Psidium guajava* L.). **Publicação Científica**. Piracicaba: Instituto de Genética-ESALQ-USP, 57p., 1961.
- MAXIE, E.C.; SOMMER, R.F. Changes in Some Chemical Constituents in Irradiated fruits and Vegetables. **In.: Viena: IAEA**. p. 39-56, 1968.
- MENDONÇA, M. da C.; NASCIMENTO, A.S.; CALDAS, R.C.; PEREIRA-FILHO, C.A. Efeito do Tratamento Hidrotérmico de Mangas na Mortalidade de Larvas de *Ceratitis capitata* (WIELD.) (DIPTERA: THPHRIDAE). **Sociedade Entomologica Brasileira**, v.29, n.1, 139-145 mar., 2000.
- MERCADO-SILVA, E.; BENITO-BAUTISTA, P.; GARCIA-VELASCO, M. Fruit Development, Harvest Index and Ripening Changes of Guavas Produced in Central Mexico. **Postharvest Biology and Technology**, v. 13, p. 143-150, 1998.
- MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA e ABASTECIMENTO. Disponível em: <<http://www.agricultura.gov.br/index.htm>>. Acesso em: ag. 2007.

Ministério da Integração Nacional; Secretaria de Infra-estrutura Hídrica; Departamento de Desenvolvimento Hidroagrícola. **FRUTISÉRIES 1- GOIABA**, Brasília, 8p., set., 2001.

MOREIRA, S.M.C.; CHAVES, M.A.; OLIVEIRA, L.M. de. Comparação da Eficiência de Líquidos na Determinação da Massa Específica Aparente de Grãos Agrícolas. **Revista Brasileira de Armazenamento**, Viçosa, n.9, p.22-24, 1985.

MORGAN, R. UV **'Green' Light Disinfection**. Dairy Industries International, n.54, p. 33-35, 1989.

MOY, J.H.; WONG, I. The Efficacy and Progress in Using Radiation as a Quarentine Treatment of Tropical Fruits – A Case Study in Hawaii. **Radiation Phys. Chem.** V. 63, p.397-401, 2002.

MULLEN, M.A.; ARBOGAST, R.T. Low-Temperatures to Control Stored Product Insects. **In: BAUR, F.J.** Insect Management for Food Storage and Processing. Saint Paul: AACC, p.453, 1983.

NASCIMENTO, A. S. do; CARVALHO, R. da S.; MENDONÇA, M. da C.; SOBRINHO, R.B. Pragas e seu Controle. A cultura da Mangueira/ **EMBRAPA: Informação Tecnológica**. Brasília: 277-297 p. 2002.

NULTSCH, W.; OLIVEIRA, P.L. **Botânica Geral**. 10º ed., Porto Alegre, Artes Médicas Sul, p. 489.2000.

OLIVEIRA, A.C.G.de; ZANÃO, C.F.P.; ANICETO, A.P.P.; SPOTO, M.H.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; WALDER, J.M.M. Conservação Pós-Colheita de Goiaba Branca Kumagai por Irradiação Gama: Aspectos Físicos, Químicos e Sensoriais. **B.CEPPA**. Curitiba, v. 24, n.2, p. 375-396, jul./dez. 2006.

OLIVEIRA, M. A. **Utilização de Película de Mandioca como Alternativa a Cera Comercial na Conservação Pós-Colheita de Frutos de Goiaba (*Psidium guajava*)**. 1996. 73 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

OLIVEIRA, M. R. V. de. Identificação de Moscas-das-Frutas Quarentenárias para o Brasil. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / EMBRAPA**, Recursos Genéticos e Biotecnologia. Brasília: 58 p. 2002.

OLIVEIRA, A.C.G. de; ZANÃO, C.F.P.; ANICETO, A.P.P.; SPOTO, M.H.F.; CANNIATTI-BRAZACA, S.G.; WALDER, J.M.M. Conservação Pós-Colheita de Goiaba Branca Kumagai por Irradiação Gama: Aspectos Físicos, Químicos e Sensoriais. **B. Ceppa**, Curitiba, v. 4, n. 2, p. 375-396, jul./dez., 2006.

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.

PEREIRA, F.M. **Cultura da Goiabeira**. Jaboticabal: FUNEP, 1995. p. 47.

PEREIRA, L. M.; RODRIGUES, A. C. C.; SARANTÓPOULOS, C. I. de L.; JUNQUEIRA, V. C. A.; CARDELLO, H. M. A. B.; HUBINGER, M. D. Vida-de-Prateleira de Goiabas Minimamente Processadas Acondicionadas em Embalagens sob Atmosfera Modificada. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**. Campinas, v.23, n.3, p.427-433, set.-dez., 2003.

PEREIRA, T.; CARLOS, L.de A.; OLIVEIRA, J.G. de; MONTEIRO, A.R. Influência das Condições de Armazenamento nas Características Físicas e Químicas de Goiaba (*Psidium guajava*), CV. Cortibel de Polpa Branca. **Revista Ceres**,v. 53(306), p. 276-284, 2006.

PIF – GOIABA. Produção Integrada de frutas: Goiaba – Safra 2003/04. CATI. Disponível em: <www.cati.sp.gov.br/novacati/projetos/pif/goiaba.htm>. Acesso em: jun. 2007.

PINHEIRO, A. C. M.; VILAS BOAS, E. V. de B.; MESQUITA, C. T. Ação do 1-metilciclopropeno (1-MCP) na Vida-de-Prateleira da Banana ‘Maçã’. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal – SP, v.27, n.1, p.25-28, abr., 2005.

PIMENTEL, R.M. de A.; MARCONDES, Y. E. de M., WALDER, J.M.M. Qualidade do Mamão cv. Solo Submetido ao Choque Térmico e Tratamento Quarentenário por Radiação Gama. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal- SP, v. 29, n. 3, p. 483-487, dez., 2007.

PIMENTEL, R.M. de A. **Qualidade Pós-Colheita da Goiaba Vermelha (*Pisidium guajaba* L.) Submetida ao Tratamento Quarentenário por Irradiação Gama.** 2007. 112p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura ‘Luiz de Queiroz’, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

PONZO, F.S. **Agentes Alternativos no Controle Pós-Colheita da Antracnose em Goiabas ‘Kumagai’.** 2009. 77p. Dissertação (Mestrado em Tecnologia da Produção Agrícola), Instituto Agronômico, , Campinas – SP.

PRESSEY, R.; AVANTS, J.K. Separation and Characterization of the Exopoligalacturonase and Endopoligalacturonase From Peaches. **Plant Physiology**, Washington, v.52, n.3, p.252-256, sept., 1973.

RAGA, A. Pragas: Pousio Nocivo. **Revista Cultivar**, Hortaliças e Frutas. Pelotas – RS, n. 63, p. 12-14, ago./set. 2010.

RAGA, A. Sensibilidade de Ovos de *Ceratitis capitata* (WIED., 1824) Irradiados em Dieta Artificial e em frutos de manga (*mangifera indica* L.). **Scientia Agrícola**, Piracicaba – SP, v.53, n.1, jan/abr., 1996.

RATNER, A.R.; GOREN, R.; MONSELINSE, S. Activity of Pectin Esterase and Celulase in the Abscission Zone of Citrus Leaf Explants. **Plant Physiology**, Washington, v.44, n.12, p.1717-1723, Dec., 1969.

RODHES, M.J.C. The Maturation and Ripening of Fruits. In: THIMANN, K.V.; ADELMAN, R.C.; ROTH, G.S. **Senescence in Plants**. Florida: CRC Press, cap. 8, p.157-205, 1980.

RODRIGUEZ-AMAYA, D.B. **A Guide to Carotenoid Analysis in Foods**. Washington, DC: Life Sciences Institute Press, 1999.

SALLES, L.A. Ocorrência Precoce da Mosca das frutas em Ameixas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.29, n.2, p. 349-350, 1999.

SELA, S.; NESTEL, D.; PINTO, R.; NEMNY-LAVY, E.; BAR-JOSEPH, M. Mediterranean fruit Fly as a Potential Vector of Bacterial Pathogens. **Applied and Environmental Microbiology**, v.71, n.7, p.4052-4056, 2005.

SELIVON, D. Relações com as Plantas Hospedeiras. **In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Eds.) Moscas-das-Frutas de Importância Econômica no Brasil.** Conceito Básico e Aplicado. Ribeirão preto: Holos, p. 87-91, 2000.

SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. **Biochemistry of Fruit Ripening.** London: Chapal & Hall, 454 p., 1993.

SHARAF, A.; EL—SAADANY, S.S. Biochemical Studies on Guava Fruits During Different Maturity Stages. **Annals of Agriculture Science**, v. 24 (2), p. 975-984, 1996.

SHARP, J.A.; CHEW, V. Time/Mortality Relationships for *Anastrepha suspensa* (Diptera: tephritidae) Eggs and Larvae Submerged in Hot Water. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v.80, n.3, p.646-649, 1987.

SHI J.; LE MAGUER, M.; KAKUDA, Y. LIPTAY, A.; NIEKAMP, F. Licopene Degradation and Isomeration in Tomato Deydration. **Food Research International**, v. 32. p.15-21, 1999.

SIGRIST, J.M.M. Perdas Pós-Colheita de frutas e Hortaliças. **In: CEREDA, M.P.; SANCHEZ, L. Anual de Armazenamento e Embalagem – Produtos Agropecuários.** Botucatu : Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais, p. 1-12, 1983.

SILVA, A.L.D. da; ROZA, C.R. da. Uso da Radiação em Alimentos: Revisão. **B.CEPPA**, Curitiba, v.28, n.1, p.49-56, jan/jun. 2010.

SILVEIRA, A.C.; AGUAYO, E.; ARTÉS-HERNÁNDEZ, F.; ARTÉS, F. Radiación UV-C en Sala Blanca, Alternativas a la Desinfección com Cloro de Melón “Gallia” Minimamente Procesado em Fresco. **Curso Internacional de tecnologia postcosecha y Procesado Mínimo.** Universidad Politécnica de Cartagena, p. 39-45, 2007.

STEFFENS, C.V.; AMARANTE, C.V.T.do; SILVEIRA, J.P.G da; CHECHI, R.; ESPINDOLA, B.P. Tolerância ao Dano pelo Frio e Qualidade Pós-Colheita em Goiabas ‘Pedro Sato’ Submetidas ao Condicionamento Térmico. **Revista Biotemas**, v. 21(3), p. 75-80, setembro 2008.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. Tradução Eliane Romanato Santarém. 3º ed. Porto Alegre: Arned, 2004.

THÉ, P.M.P.; CARVALHO, V.D. de; ABREU, C.M.P. de; NUNES, R. de P.; PINTO, N.A.V.D. Modificações na Atividade Enzimática em Abacaxi ‘Smooth Cayenne’ em Função da Temperatura de Armazenamento e do Estádio de Maturação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.2, p. 364-370, mar/abr., 2001.

TOBA, H.H.; MORFFITT, H.R. Controlled-Atmosphere Cold Storage as a Quarantine treatment for Nondiapausing Codling Moth (Lepdoptera: Tortricidae) Larvae in Apple. **Journal of Economic Entomology** , College Park, v. 84, n. 4, p. 1316-1319, 1986.

THOMAS, D.B.; MANGAN, R.L. Morbidity of the Pupal Stage of the Mexican and West Indian Fruit Flies (DIPTERA: THPHRIDAE) Induced by Hot-Water Immersion in the Larval Stage. **Florida Entomologist**, v.78, n.2, p. 235-246, jun., 1995.

TUCKER, G.A. Introduction. **In: SEYMOUR, G.B.; TAYLOR, J.E.; TUCKER, G.A. Biochemistry of Fruit Ripening**. London: Chapman & Hall, p.2-51. 1993.

USDA-APHIS-PPQ 1997. Pest risk assessments: Hawaiian fruits. Riverdale, MD: U.S. De. Agricure, Animal Plant Health Inspection Service. **Plant Protection Quarantine**, 1997.

VERRUMA-BERNARDI, M.R.; SPOTO, M.H.F. Efeito da Radiação Gama sobre o Perfil Sensorial do Suco de Laranja. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v.23, n.1, p. 28-32, 2003.

VICENTE, A. R.; MARTÍNEZ, G. A.; CHAVES, A. R.; CIVELLO, P. M. Effect of Heat Treatment on Strawberry Fruit Damage and Oxidative Metabolism During Storage. **Postharvest Biology and Techcnology**, n.40, p.116-122, 2006.

- VIEIRA, S. M. J. **Qualidade Pós-Colheita de Goiaba Submetida ao Tratamento Hidrotérmico**. 2004. 39p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa.
- VILELA, N. J.; LANA, M. M.; NASCIMENTO, E. F.; MAKISHIMA, N. O Peso da Perda dos Alimentos para a Sociedade: o Caso das Hortaliças. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.21, n.2, p.141–143, abr.-jun., 2003.
- VON- BORSTEL, R.C. ; WOLFF, S. Photoreactivation Experiments on the Nucleous and Cytoplasm of the *Habrobracon* Egg. **Proc. Nat. Acad. Sci.** n.41, p. 1004-1009, 1995.
- WADDELL, B.C. Comparative Mortality Responses of Two Cook Island fruit Fly (Diptera: Tephritidae) Species to Hot water Immersion. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.90, n.5, p.1351-1356, 1997.
- WALDER, J.M.M. Effects of gamma Radiation on the Sterility and behavioral Quality of the Caribbean Fruit Fly, *Anastrepha suspensa* (LOEW) (DIPTERA: THPHRIDAE). **Scientia Agrícola**, Piracicaba – SP, v.50, n.2, jun/set., 1993.
- WILLS, R.; LEE, T.H.; GRAHAN, W.B.; HALL, E.G. **Postharvest and Introduction to the Physiology and Handling of Fruit and Vegetables**. Kensington: New South Wales University Press, p. 161, 1981.
- ZUCCHI, R.A. Mosca-do-Mediterrâneo, *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). In: VILELA, E.F.; ZUCCHI, R.A.; CANTOR, F. Histórico e Impacto das Pragas Introduzidas no Brasil. Ribeirão Preto: Holos, 2001. p.15-22.