



**Avaliação do emprego dos tratamentos Hidrotérmico e
Radiação Gama no controle quarentenário de
Anastrepha grandis (Diptera: Tephritidae) em frutos de
abóbora (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae)**

FERNANDO BERTON BALDO

São Paulo

2017

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

Avaliação do emprego dos tratamentos Hidrotérmico e Radiação Gama no controle quarentenário de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) em frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae)

FERNANDO BERTON BALDO

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

São Paulo

2017

Fernando Berton Baldo

**Avaliação do emprego dos tratamentos Hidrotérmico e Radiação Gama no controle
quarentenário de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) em frutos de abóbora
(*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae)**

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

Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade
no Agroecossistema.

Orientador: Professor Dr. Adalton Raga

São Paulo

2017

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

Baldo, Fernando Berton.

Avaliação do emprego dos tratamentos hidrotérmico e radiação gama no controle quarentenário de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) em frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae). / Fernando Berton Baldo. - São Paulo, 2017.

91 p.

Tese (Doutorado). Instituto Biológico (São Paulo). Programa de Pós-Graduação. Área de concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

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

Orientador: Adalton Raga.

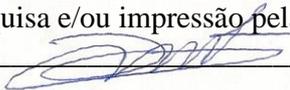
Versão do título para o inglês: Evaluation of the use of hydrothermal and gamma radiation treatments for quarantine control of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in pumpkin fruits (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae).

1. Moscas-das-frutas 2. Cucurbitaceae 3. Tratamento quarentenário 4. Tratamento pós-colheita 5. Irradiação I. Baldo, Fernando Berton II. Raga, Adalton. III. Instituto Biológico (São Paulo). IV. Título.

IB/Bibl./2017/016

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

Assinatura: _____ Data 08 / 08 / 2017





SECRETARIA DE AGRICULTURA E
ABASTECIMENTO
AGÊNCIA PAULISTA DE TECNOLOGIA DOS
AGRONEGÓCIOS
INSTITUTO BIOLÓGICO



Pós-Graduação
Av. Cons. Rodrigues Alves 1252 Caixa Postal 12898
CEP 04010-970 São Paulo – SP
pg@biologico.sp.gov.br

Curso reconhecido de acordo com o disposto na Portaria MEC N°612- D.O.U.2 5/06/2007

FOLHA DE APROVAÇÃO

Fernando Berton Baldo

Título: Avaliação do emprego dos tratamentos Hidrotérmico e Radiação Gama no controle quarentenário de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) em frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae)

Orientador: Prof. Dr. Adalton Raga

Tese apresentada ao Instituto Biológico da Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios para obtenção do título de Doutor em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio. Área de Concentração: Segurança Alimentar e Sanidade no Agroecossistema.

Aprovada em:

Banca Examinadora

Assinatura: _____

Prof. Dr.: Adalton Raga

Instituição: Instituto Biológico

Assinatura: _____

Prof. Dr.: Marcos Roberto Potenza

Instituição: Instituto Biológico

Assinatura: _____

Prof. Dr.: Mario Eidi Sato

Instituição: Instituto Biológico

Assinatura: _____

Dra: Sônia Maria Nalesso Marangoni Montes

Instituição: Polo Regional APTA Presidente Prudente

Assinatura: _____

Profa. Dra.: Anna Lucia Casanas Haasis Villavicencio

Instituição: Instituto de Pesquisas Energética e Nucleares -IPEN

À todas pessoas intimamente ligadas, que no período de desenvolvimento deste trabalho me ajudaram com paciência, carinho e compreensão, demonstrando que a superação nos momentos difíceis vale a pena, por estarmos ao lado de quem realmente se importa com nosso sucesso. Especialmente a meus pais Edson Almeida Baldo e Marilandi Berton Baldo

DEDICO

A
Deus
OFEREÇO

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, agradeço a Deus por me guiar, dar forças, saúde e coragem para enfrentar os desafios e superar os obstáculos enfrentados nessa jornada chamada doutorado;

Ao Prof. e Dr. Adalton Raga, por ter acreditado e confiado à minha pessoa o desenvolvimento deste trabalho, não medindo forças para me orientar nos momentos em que necessitei de sua atenção, paciência e conhecimentos. Acredito hoje, que nossa relação já passou a tempos de orientador/aluno. Hoje possuo, um enorme respeito e carinho pela amizade que conquistamos durante esses anos que trabalhamos juntos.

Ao Dr. Mario Eidi Sato, pelas aulas, ajuda com as análises estatísticas, e a amizade;

À Dra. Sônia Maria Nalesso Marangoni Montes, pelo carinho e atenção prestados;

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES, pela bolsa de doutorado concedida, esta imprescindível para a realização do estudo;

Ao Instituto Biológico e todos os funcionários que de alguma forma participaram e contribuíram com o desenvolvimento desta dissertação;

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN, pela parceria para os tratamentos nucleares contidos nessa tese e os conhecimentos adquiridos na disciplina cursada no programa de pós-graduação desta instituição.

À Dra. Anna Lucia Casanas Haasis Villavicencio pela parceria, possibilitando meu acesso aos laboratórios do CTR-IPEN para a realização dos testes contidos nesse estudo, e ao carinho e atenção prestados;

Aos colegas do Laboratório de Fontes Intensas de Radiação (LFIR), Carlos Gaia da Silveira, Elizabeth Sebastiana Ribeiro Somessari e Samir Luiz Somessari, pela dedicação, paciência e atenção quando necessitei realizar os tratamentos com radiação gama, mesmo quando necessitei com pouco tempo de antecedência no agendamento;

Ao Dr. Rafael Augustus de Oliveira, pela atenção e o empréstimo do aparelho para aquisição de dados de temperatura (Field Logger) necessário para este trabalho;

A todos os professores e seus convidados que, sem hesitar, compartilharam seus conhecimentos e tornaram as aulas momentos de crescimento e desenvolvimento durante o curso;

Aos colegas das turmas da pós-graduação, que se tornaram novos amigos, gerando momentos únicos onde passamos entre sorrisos, choros, sofrimentos, alegrias e não faltando companheirismo, fortalecendo mais ainda esses laços de amizade;

Aos amigos Renata Imperato Guido (*Renata grandis*), Rafaelly Chagas, Nathalie Otoyá, Cristina Vitielli Queiroz e Michele Ennes pelas contribuições, amizade e companheirismo demonstrados durante o curso;

Aos pesquisadores e amigos Dr. Jeferson Luiz de Carvalho Mineiro pelas valiosas contribuições, a Dra. Dalva, a Aux. Patrícia e a todos os colegas do Laboratório de Acarologia do Centro Experimental Central do Instituto Biológico, pelos ricos momentos de convívio;

Ao Dr. Miguel Francisco de Souza Filho, Romildo Siloto, pelo convívio e amizade firmada nesse tempo;

Aos colegas do Laboratório de Entomologia Econômica, André Stocco (Troiano), Leonardo Galdino, Léo Louzeiro (Léuzin), Ester (Sté), Renata Espolador (labareda), estagiários e funcionários;

Ao Dr. Valmir Antonio Costa e Dr. Luiz G. Leite, pela amizade e prontidão nos momentos que necessitei, e aos colegas do Laboratório de Controle Biológico do Centro Experimental Central do Instituto Biológico;

Ao Dr. Joaquim Adelino de Azevedo Filho, pelo aceite para compor a banca avaliadora do trabalho e consequentemente as contribuições prestadas;

À Dra. Stella Maria Januária Vieira, peça fundamental para o desenvolvimento inicial do projeto desta tese, e pelo aceite para compor a banca avaliadora do trabalho e consequentemente as contribuições prestadas;

Ao Dr. Gustavo Bernardes Fanaro, pela participação e os esforços para a presença na banca examinadora dessa tese;

Ao Dr. Marcos Roberto Potenza, pela participação e os esforços para a presença na banca examinadora dessa tese;

Ao Prof. Dr. Flávio Luiz Schmidt do Departamento de Tecnologia de alimentos da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, por possibilitar realizar os testes com de qualidade dos frutos;

À técnica de laboratório Ana Kon da Faculdade de Engenharia de Alimentos da Unicamp, pela colaboração durante as análises de qualidade dos frutos;

Ao produtor de frutas, Sr. Luiz Kumagai, pelos frutos de abóboras cedidos para este trabalho, e os bons momentos vivenciados durante as conversas enquanto visitávamos sua propriedade;

À microbióloga Mestre e Doutoranda Julie Chacón-Orozco, minha companheira e amiga, agradeço pela paciência, carinho e compreensão e também contribuição, para esta tese;

E a todos que de alguma forma tenham contribuído para a realização deste e que por ventura posso ter esquecido.

RESUMO

BALDO, Fernando Berton. **Avaliação do emprego dos tratamentos Hidrotérmico e Radiação Gama no controle quarentenário de *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) em frutos de abóbora (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae).** 2017. 91 f. Tese (Doutorado em Sanidade, Segurança Alimentar e Ambiental no Agronegócio) – Instituto Biológico. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017.

Aproximadamente 26 espécies de cucurbitáceas são cultivadas no mundo, incluindo o melão e a abóbora. As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) são as principais pragas da fruticultura mundial, considerando-se os danos diretos e indiretos. Conhecida como Mosca-das-cucurbitáceas-Sul-Americana (MCSA), *Anastrepha grandis* se destaca por atacar frutos de Cucurbitaceae. O objetivo do trabalho foi avaliar métodos de tratamentos quarentenários de pós-colheita que viabilizem a segurança na exportação de cucurbitáceas oriundas de áreas infestadas por *A. grandis*. Foram testados os tratamentos quarentenários com radiação gama (^{60}Co) e hidrotérmico sobre ovos e larvas de *A. grandis* "in vitro" e em abóboras Atlas. Foram necessários 48 °C por 20 minutos de imersão de abóboras infestadas, para impedir a emergência da MCSA oriundas de ovos, enquanto para larvas de terceiro instar foram necessários 47 °C por 60 minutos para produzir o mesmo efeito. Os valores estimados de Probit 9 foram de 49,49 °C e 49,34 °C por 60 minutos para abóboras infestadas com ovos e larvas de terceiro instar, respectivamente. Os tratamentos a partir de 200 e 250 Gy de radiação gama impediram a emergência de adultos da MCSA para ovos e larvas tratados em abóboras, respectivamente. Os valores estimados de Probit 9 foram de 257,13 Gy e 270,25 Gy, para abóboras infestadas com ovos e larvas de terceiro instar, respectivamente. Ambos os tratamentos se mostraram viáveis para o controle quarentenário de *A. grandis*, pois de modo geral, verificou-se que as doses testadas não afetaram significativamente as propriedades físicas e químicas dos frutos.

PALAVRAS-CHAVE: Insecta, Moscas-das-frutas, Cucurbitaceae, Tratamento quarentenário, Tratamento pós-colheita.

ABSTRACT

BALDO, Fernando Berton. **Evaluation of the use of Hydrothermal and Gamma Radiation treatments in the quarantine control of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in pumpkin fruits (*Cucurbita moschata*: Cucurbitaceae).** 2017. 91 p. (PhD in Plant Health, Food Safety and Environmental Agribusiness) – Instituto Biológico. Agência Paulista de Tecnologia dos Agronegócios, Secretaria de Agricultura e Abastecimento do Estado de São Paulo, São Paulo, 2017.

Approximately 26 species of Cucurbitaceae are cultivated worldwide, including melon and pumpkin. Fruit flies (Diptera: Tephritidae) are the main pests of the world fruit crops, considering the direct and indirect damages. The South American Cucurbit Fly (SACF), *Anastrepha grandis* stands out for infesting Cucurbitaceae fruits. The objective of this study was to evaluate the methods of post-harvest treatments that allow quarantine safety for squash butternut 'Atlas' cultivated under infested areas by *A. grandis*. Quarantine treatments with gamma (^{60}Co) and hydrothermal radiation on eggs and larvae of *A. grandis* "in vitro" and on squash were tested. It was required 48° C for 20 minutes of immersion of infested squashes to prevent the emergence of SACF from treated eggs, while for third instar larvae it was necessary 47 °C for 60 minutes to produce the same effect. The estimated values of Probit 9 were 49.49 °C and 49.34 °C for 60 minutes for squashes infested with eggs and third instar larvae, respectively. Treatments of 200 Gy and 250 Gy gamma prevented the emergence of SACF adults from eggs and larvae treated in squashes, respectively. The estimated values of Probit 9 were 257.13 Gy and 270.25 Gy, for squash infested with eggs and third instar larvae, respectively. Both treatments showed to be viable for quarantine control of *A. grandis*, because generally all tested doses did not significantly affect the physical and chemical properties of the squashes.

KEYWORDS: Insecta, Fruit fly, Quarantine treatment, Post-harvest treatment.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Aspectos bioecológicos de <i>Anastrepha grandis</i> (RAGA e BALDO, 2016).....	11
Figura 2. Esquema representando o ciclo biológico de <i>Anastrepha grandis</i> (RAGA e BALDO, 2016).....	12
Figura 3. Adultos de <i>Anastrepha grandis</i> (Fotos: Fernando B. Baldo.).....	13
Figura 4. Coletor de ovos utilizado para obtenção de ovos de <i>Anastrepha grandis</i> . Laboratório de Entomologia Econômica (LEE/IB). Campinas-SP.....	25
Figura 5. Equipamento de banho-maria Dubnoff, marca Nova Ética, modelo 304 TPA, utilizado para o tratamento hidrotérmico de abóboras Teste hidrotérmico com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> “ <i>In vitro</i> ”	26
Figura 6. Equipamento irradiador de cobalto-60 (⁶⁰ Co) é do tipo Gammacell (Atomic Energy of Canada Limited.-modelo 220 número de série 142), utilizado para os tratamentos de irradiação. Laboratório de Fontes Intensas de Radiação (IPEN/CNEN).....	30
Figura 7. Temperatura verificada no aparelho de banho-maria Dubnoff, modelo 304 TPA, marca Nova Ética nas temperaturas predeterminadas nos tratamentos durante 60 minutos. ...	35
Figura 8. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de <i>Anastrepha grandis In vitro</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 10 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.	38
Figura 9. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de <i>Anastrepha grandis In vitro</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 20 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.	39
Figura 10. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de <i>Anastrepha grandis In vitro</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 30 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.	39

Figura 11. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de <i>Anastrepha grandis</i> “ <i>In vitro</i> ” submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 60 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.	40
Figura 12. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de <i>A. grandis</i> submetidas ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ” por 10 minutos em diferentes temperaturas.....	44
Figura 13. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de <i>A. grandis</i> submetidas ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ” por 20 minutos em diferentes temperaturas.....	44
Figura 14. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de <i>A. grandis</i> submetidas ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ” por 30 minutos em diferentes temperaturas.....	45
Figura 15. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de <i>A. grandis</i> submetidas ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ” por 60 minutos em diferentes temperaturas.....	45
Figura 16. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 10 minutos em diferentes temperaturas.	48
Figura 17. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 20 minutos em diferentes temperaturas.	49
Figura 18. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 30 minutos em diferentes temperaturas.	50
Figura 19. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 60 minutos em diferentes temperaturas.....	50
Figura 20. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 10 minutos em diferentes temperaturas.....	54
Figura 21. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 20 minutos em diferentes temperaturas.....	54
Figura 22. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 30 minutos em diferentes temperaturas.....	55

Figura 23. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 60 minutos em diferentes temperaturas.	56
Figura 24. Mortalidade (dose Gy / resposta %) de ovos de <i>Anastrepha grandis</i> submetidos ao tratamento com radiação gama " <i>In vitro</i> ".	62
Figura 25. Percentual de redução de emergência de adultos <i>Anastrepha grandis</i> , a partir de larvas submetidos ao tratamento de radiação gama " <i>In vitro</i> ".	65
Figura 26. Redução percentual de adultos de <i>A. grandis</i> emergidos, a partir de abóboras infestadas com ovos e submetidas ao tratamento de radiação gama	68
Figura 27. Redução percentual de adultos de <i>A. grandis</i> emergidos, a partir de abóboras infestadas com larvas e submetidas ao tratamento de radiação gama	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise de variância do experimento fatorial para ovos de <i>Anastrepha grandis</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico <i>In vitro</i> em diferentes temperaturas e tempos (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição).....	36
Tabela 2. Mortalidade média dos ovos de <i>A. grandis</i> submetidos ao tratamento hidrotérmico <i>In vitro</i> . Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).....	37
Tabela 3. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de ovos de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ” em diferentes tempos de imersão.	41
Tabela 4. Resultados da análise de variância do experimento fatorial para larvas de <i>Anastrepha grandis</i> “ <i>In vitro</i> ” submetidas ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas e tempos. (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição).....	42
Tabela 5. Número médio de adultos emergidos no experimento com larvas de <i>A. grandis</i> submetidas ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ”. Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).....	43
Tabela 6. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de larvas de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico “ <i>In vitro</i> ” em diferentes tempos de imersão.	46
Tabela 7. Resultado da análise de variância do experimento fatorial para adultos emergidos, a partir de frutos de abóboras infestados com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas e tempos. (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição)	47
Tabela 8. Número médio de adultos emergidos no experimento com abóboras infestadas com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidas ao tratamento hidrotérmico. Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).....	48
Tabela 9. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de frutos de abóbora Atlas infestados com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes tempos de imersão.....	51

Tabela 10. Resultado da análise de variância do experimento fatorial, para adultos emergidos a partir de frutos infestados com larvas de <i>Anastrepha grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas e tempos de exposição. (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição)	52
Tabela 11. Número médio de adultos emergidos no experimento com abóboras infestadas com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidas ao tratamento hidrotérmico. Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).....	53
Tabela 12. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de frutos de abóbora Atlas infestados com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes tempos de imersão.	56
Tabela 13. Médias observadas de pH, acidez e brix em frutos de abóboras submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas nos tempos de 10, 20, 30 e 60 minutos.	57
Tabela 14. Médias observadas para textura e coloração de abóboras Atlas submetidas aos tratamentos hidrotérmicos em diferentes temperaturas nos tempos de 10, 20, 30 e 60 minutos.	58
Tabela 15. Resultado da análise de variância para mortalidade de ovos de <i>A. grandis</i> submetidos ao tratamento com radiação gama " <i>In vitro</i> ".	59
Tabela 16. Número médio de ovos mortos de <i>A. grandis</i> após o tratamento de radiação γ (^{60}Co) " <i>In vitro</i> ".	60
Tabela 17. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais (DL50, DL90, DL95, DL99) para ovos de <i>Anastrepha grandis</i> submetidos ao tratamento por radiação gama " <i>In vitro</i> ".	61
Tabela 18. Resultado da análise de variância para o número de adultos emergidos a partir de larvas de <i>Anastrepha grandis</i> submetidas ao tratamento de radiação gama " <i>In vitro</i> "	63
Tabela 19. Número médio de adultos emergidos de <i>A. grandis</i> , oriundo de larvas submetidas a radiação γ (^{60}Co) " <i>In vitro</i> ".	64

Tabela 20. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais para não emergência de adultos, a partir de larvas de <i>Anastrepha grandis</i> submetidos ao tratamento por radiação gama "In vitro".....	64
Tabela 21. Resultado da análise de variância para o número de adultos emergidos a partir de abóboras infestadas com ovos de <i>A. grandis</i> e submetidas ao tratamento de radiação gama. .	66
Tabela 22. Número médio de adultos emergidos de <i>A. grandis</i> , oriundo de abóboras infestadas por ovos e submetidas a radiação γ (^{60}Co).	66
Tabela 23. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais para não emergência de adultos, a partir de abóboras infestadas com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> e submetidos ao tratamento por radiação gama.	67
Tabela 24. Resultados da análise de variância do experimento inteiramente casualizado para o número de adultos emergidos a partir de abóboras infestadas com larvas de <i>A. grandis</i> e submetidas ao tratamento de radiação gama.	68
Tabela 25. Número médio de adultos emergidos de <i>A. grandis</i> , oriundo de abóboras infestadas por larvas e submetidas a radiação γ (^{60}Co).	69
Tabela 26. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais para não emergência de adultos, a partir de abóboras infestadas com larvas de <i>Anastrepha grandis</i> e submetidos ao tratamento por radiação gama.	70
Tabela 27. Valores médios de pH, acidez e Brix observados em abóboras submetidas ao tratamento com radiação gama.	72
Tabela 28. Médias observadas para textura e coloração de abóboras Atlas submetidas aos tratamentos com radiação gama.	73

SUMÁRIO

RESUMO	XI
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVO.....	4
2.1. Objetivos específicos	4
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1. Família Cucurbitaceae.....	5
3.1.1.Importância econômica dos produtos das cucurbitáceas	6
3.2. Moscas das Frutas	7
3.3. <i>Anastrepha grandis</i> (Macquart, 1846).....	9
3.3.1.Bioecologia e controle de <i>Anastrepha grandis</i>	10
3.4. Legislação sobre importação e exportação	15
3.5. Fatores de risco na produção e comercialização de cucurbitáceas	17
3.6. Métodos de controle Pós-colheita (Tratamentos Quarentenários).....	18
3.6.1.Tratamento Térmico.....	20
3.6.2.Irradiação.....	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	24
4.1. Criação estoque	24
4.2. Obtenção dos ovos de <i>Anastrepha grandis</i>	24
4.3. Obtenção das larvas de <i>Anastrepha grandis</i>	25
4.4. Variedade dos frutos avaliados	26
4.5. Tratamento hidrotérmico.....	26
4.5.1. Testes hidrotérmicos com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	27
4.5.2. Testes hidrotérmicos com larvas de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	27
4.5.3. Testes hidrotérmicos com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora.....	27
4.5.4. Testes hidrotérmicos com larvas <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	28
4.6. Tratamento com Radiação Gama	29

4.6.1. Testes com radiação (^{60}Co) em ovos de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	30
4.6.2. Testes com radiação (^{60}Co) em larvas de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	31
4.6.3. Testes com radiação (^{60}Co) em ovos de <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	31
4.6.4. Testes com radiação (^{60}Co) em larvas de <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	31
4.7. Qualidade dos frutos pós-tratamento	32
4.7.1. Avaliação da textura da casca e da polpa dos frutos	33
4.7.2. Avaliação da coloração dos frutos	33
4.7.3. Determinação do pH e acidez titulável (ATT)	33
4.7.4. Avaliação dos sólidos solúveis	34
4.8. Análise Estatística	34
5. RESULTADOS e DISCUSSÃO	35
5.1. Tratamento hidrotérmico	35
5.1.1. Tratamento hidrotérmico com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	36
5.1.2. Tratamento hidrotérmico com larvas de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	42
5.1.3. Tratamento hidrotérmico com ovos de <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	47
5.1.4. Tratamento hidrotérmico com larvas <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	52
5.2. Qualidade dos frutos pós-tratamento hidrotérmico	57
5.3. Tratamentos com Radiação Gama (^{60}Co)	59
5.3.1. Tratamento com radiação gama em ovos de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	59
5.3.2. Tratamento com radiação gama em larvas de <i>Anastrepha grandis</i> “in vitro”	62
5.3.3. Tratamento com radiação gama em ovos de <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	66
5.3.4. Tratamento com radiação gama em larvas de <i>Anastrepha grandis</i> em frutos de abóbora	68
5.4. Qualidade dos frutos pós-tratamento com radiação gama (^{60}Co)	71
6. CONCLUSÕES	74
REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS	75

1. INTRODUÇÃO

A fruticultura brasileira é considerada uma das maiores do mundo, no que se refere à produção de frutas frescas e área cultivada. Todavia é muito reduzida a produção destinada ao mercado externo. Atualmente, o Brasil é o terceiro maior produtor de frutas com 42,6 milhões de toneladas produzidas em 2,2 milhões de hectares (BRAZILIAN FRUIT, 2016). Apesar disso, o Brasil tem uma inserção inexpressiva no cenário mundial nos mercados de frutas frescas e tropicais ao exportar apenas 3% do que produz (CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA, 2014)

De acordo com o levantamento censitário realizado em 2006, as abóboras, morangas e jerimums foram produzidas em 127.738 estabelecimentos agropecuários, totalizando aproximadamente 385.000 toneladas, distribuídas em uma área de quase 87.000 hectares (IBGE, 2006).

O baixo nível tecnológico aplicado no cultivo das fruteiras se reflete na qualidade dos frutos produzidos, influenciado por problemas fitossanitários como pragas, doenças e plantas daninhas (RAGA e SOUZA-FILHO, 2000).

Dentre os riscos inerentes envolvidos na atividade da produção e exportação de frutas, existem aqueles relacionados as pragas, nos períodos de pré e pós-colheita. E regiões tropicais, como é o caso do Brasil, as pragas são favorecidas pelo cultivo diversificado e pelas condições climáticas favoráveis ao seu desenvolvimento biológico (IPEN, 2016).

A globalização do comércio agropecuário apesar de seus benefícios, também traz riscos para a agricultura dos países importadores, plantas introduzidas (não-nativas) podem influenciar a dispersão de muitas espécies, ampliando a distribuição geográfica original da praga. Muitas vezes insetos-pragas e plantas hospedeiras exóticas ocorrem associadas em um novo território (SELIVON, 2000).

Considera-se como praga quarentenária aquela que pode ter importância econômica potencial para uma área posta em perigo, que ainda não possui a espécie existente na área, ou se presente, não está amplamente distribuída e se encontra oficialmente controlada (CHITARRA e CHITARRA, 2005; FOLLETT e NEVEN, 2006).

Um dos maiores obstáculos à comercialização de frutas frescas no comércio internacional é a incidência de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em áreas produtoras de hortícolas. (MALAVASI, 2000). Moscas-das-frutas são as principais pragas da fruticultura

mundial, considerando-se os danos diretos que causam e a capacidade de adaptação a outras regiões, quando introduzidas (SELIVON, 2000).

O controle de moscas-das-frutas é tradicionalmente realizado 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 (RAGA e SATO, 2016). Embora tais técnicas podem ser efetivas, podem também acarretar problemas de desequilíbrio ambiental e de segurança alimentar, contribuindo para o estabelecimento de barreiras para o comércio internacional de frutas.

Anastrepha grandis (Macquart) é conhecida como “mosca-das-cucurbitáceas sul-americana (MCSA) ou “South American cucurbit fruit fly”. Essa espécie de mosca-da-fruta está exclusivamente relacionada com frutos de Cucurbitaceae, como abóbora, abobrinhas e morangas (RAGA e BALDO, 2016; BOLZAN et al., 2016). A MCSA é considerada uma espécie quarentenária A1 pelos Estados Unidos, Argentina, Chile, Uruguai e pelos 24 países membros da Comissão de Proteção e Plantas da Ásia e Pacífico. *Anastrepha grandis* tem recebido atenção considerável devido aos registros de ataque a melões (*C. melo*) cultivados comercialmente em vários países da América do Sul (HARPER, 1987; SILVA e MALAVASI, 1993).

A importância econômica de *A. grandis* é devido aos danos diretos aos frutos e indiretamente pelas exigências quarentenárias para exportação de frutos, a exemplo das restrições para que melões destinados aos Estados Unidos e Europa sejam produzidos em áreas livres e abóboras para a Argentina e Espanha sejam produzidos em áreas de baixa prevalência (RAGA e BALDO, 2016).

Medidas quarentenárias estão sendo intensificadas em face do aumento das transações comerciais, concernente a produtos vegetais e seus derivados, que podem estar carregando pragas como as moscas-das-frutas (SMITH, 1999).

Em opção de manejo de risco para exportação de vegetais, alguns países somente aceitam produtos vegetais oriundos de Áreas livres de pragas (BRASIL, 2013).

Outra maneira de se garantir a sanidade de partidas de vegetais é a utilização de tratamentos pós-colheita de commodities visando a desinfestação de pragas. Esses tratamentos que exigem um alto grau de segurança, visto que a produção dos vegetais é oriunda de área de ocorrência da espécie quarentenária. A metodologia é baseada em estudos desenvolvidos por Baker (1939) utilizando critérios estatísticos de probit 9.

Para atendimento das exigências dos países importadores é possível o emprego de métodos de tratamentos quarentenários, aplicando-se técnicas de imersão em água ou vapor aquecidos (hidrotérmico), ar quente, frio, radiação ionizante, atmosfera modificada de armazenamento, variação de métodos ou sua combinação (LIMA et al., 2003).

2. OBJETIVO

- Desenvolver os tratamentos por radiação gama e hidrotérmico como métodos quarentenários visando a desinfestação de abóboras oriundas de áreas infestadas por *A. grandis*.

2.1. Objetivos específicos

- Determinar as curvas dose-resposta de ovos e larvas de *A. grandis* "in vitro", submetidos a tratamento hidrotérmico e irradiação;
- Determinar as curvas dose-resposta de ovos e larvas de *A. grandis* em frutos de abóbora, submetidos a tratamento hidrotérmico e irradiação.
- Estimar os valores de probit 9, que assegurem segurança quarentenária na exportação de abóboras.

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1. Família Cucurbitaceae

A família Cucurbitaceae é um grupo vegetal que ocorre nas regiões tropicais do mundo, sendo composta por duas subfamílias (Zanonioideae e Cucurbitoideae), distribuídas em aproximadamente 118 gêneros, e 825 espécies (TEPPNER, 2004). Ao redor de 26 espécies de cucurbitáceas são cultivadas como hortícolas em diversas regiões do mundo. Espécies de cucurbitáceas são predominantemente cultivadas pela qualidade de seus frutos (RUBATZKY e YAMAGUCHI, 1997).

No Brasil, ocorrem cerca de 30 gêneros e 200 espécies de cucurbitáceas. Entre as espécies de importância econômica e alimentar destacam-se as abóboras (*Cucurbita moschata* e *Cucurbita pepo*), moranga (*Cucurbita maxima*) e o mogango (*Cucurbita pepo*) (FERREIRA et al., 2006). No Brasil, os frutos de cucurbitácea são conhecidos como abóbora, abóbora-crioula, abóbora de pescoço, abóbora gigante, lagarteira, abóbora de vaca, abóbora menina, moranga, jerimum, abóbora de leite, maranhão, abóbora comum, entre outros (BARBIERI et al., 2006; HEIDEN et al., 2007).

Cucurbitaceae apresenta aproximadamente nove espécies olerícolas de importância comercial, sendo as abóboras as mais representativas em volume no Brasil: abobrinha (*C. pepo*); abóbora rasteira (*C. moschata* Duch.); abóbora moranga (*C. maxima* Duch.) e abóbora-japonesa (*C. moschata* x *C. maxima*) (CAMARGO FILHO et al., 1994). Também se destacam o melão (*Cucumis melo* L.), a melancia (*Citrullus lanatus* Schrad.) e o pepino (*Cucumis sativus* L.).

Além do uso alimentar, as Cucurbitáceas também são cultivadas para fins medicinais, ornamentais, aromáticos ou como fonte de matérias-primas para diversos produtos (ROMANO et al., 2008). Na alimentação humana, as plantas da família das cucurbitáceas são importantes fontes de minerais e vitaminas, especialmente vitaminas A e C, encontrados na polpa dos frutos na forma de carotenoides e ácido ascórbico (ROMANO et al., 2008).

Além do valor econômico e alimentar, o cultivo de cucurbitáceas no Brasil, em especial as abóboras, tem grande importância social na geração de empregos diretos e indiretos, pois demanda grande quantidade de mão-de-obra, desde o cultivo até a comercialização (RESENDE et al., 2013).

3.1.1. Importância econômica dos produtos das cucurbitáceas

No Brasil a área total cultivada com hortaliças está em torno de 700 mil hectares. As cucurbitáceas compõem a segunda família botânica de maior importância econômica e nela estão inseridos melão, abóboras e morangas. Juntos, esses vegetais tiveram em 2006 a produção nacional estimada em aproximadamente 780 mil toneladas, distribuídas numa área um pouco maior que 100 mil hectares (IBGE, 2006).

Originária da América Central, a abóbora foi um dos primeiros vegetais produzidos pelos Incas e Maias, chegando ao Brasil no século XIX. Essa hortaliça possui significativa participação na alimentação de muitos países (RESENDE et al., 2013), sendo os gêneros *Cucurbita*, *Sechium* e *Cyclanthera* originários do continente americano e os demais são originários da África e da Ásia tropical (ALMEIDA, 2002).

Pertencente ao gênero *Cucurbita*, a abóbora contém alto teor de antioxidantes e carotenoides de pró-vitamina A, e sua valorização tem sido crescente como alimento que contribui para a nutrição e saúde da população (AMAYA, 1997; RAMOS et al., 2010).

O cultivo de abóboras (*C. moschata*) ocorre normalmente em pequenas propriedades rurais e em cultivos comerciais; seu uso na alimentação animal é comum, devido à produtividade das plantas e à durabilidade dos frutos (HEIDEN et al., 2007).

A pesquisa de Orçamento Familiar 2008-2009, realizada pelo IBGE (2010) concluiu que o consumo per capita de hortaliças no Brasil foi de 27,08 kg, sendo a participação da abóbora de 1,19 kg, com maior consumo no Nordeste, com 1,24 kg, e maior expressão no Piauí, com 2,62 kg. O cultivo de abóboras (*C. moschata*) ocorre normalmente em pequenas propriedades rurais e em cultivos comerciais (HEIDEN et al., 2007).

O Brasil apresentou expressivo crescimento no comércio internacional do agronegócio, consolidando sua posição como um dos maiores produtores e exportadores de alimentos. Poucos países registraram aumento tão significativo no comércio internacional. Esse crescimento expressivo na pauta exportadora de commodities agropecuárias responde por parcela significativa do superávit comercial brasileiro (BUENO e BACCARIN, 2012).

Dentre as cucurbitáceas, principalmente as abóboras são produzidas para fins decorativos, sendo a moranga (*C. maxima*) utilizada durante a festa conhecida como Dia das Bruxas (Halloween), tradicional nos Estados Unidos e Inglaterra.

Em 2010, a produção mundial de abóboras atingiu 22,4 milhões de toneladas, cultivadas em aproximadamente 1,7 milhão de hectares, proporcionando uma produtividade média de 13 t/ha (FAO, 2013). A produção e comercialização brasileira de abóboras possui dados escassos, sendo que a última informação gerada foi em 2006, com área colhida de 88.203 ha, 384.916 t produzidas, que proporcionaram uma produtividade média de 4,4 t/ha, cultivada em mais de 127 mil estabelecimentos agropecuários, com valor da produção de 342 milhões de reais (IBGE, 2006). A produção da agricultura paulista aumentou 90,4% entre 1990 e 2012, registrando uma taxa de crescimento médio anual de 3,1% (ALISSON e ARANTES, 2016).

Produzidas em todo território nacional, as abóboras e morangas tem como principais produtores os Estados de São Paulo (37,5%), Minas Gerais (13,3%) Bahia (13%), Paraná (6,3%) e Santa Catarina (6%) (IBGE, 2006). Os estados de São Paulo, Minas Gerais e Bahia produziram respectivamente 144.196, 51.303 e 50.149 toneladas de abóboras e morangas (IBGE, 2006).

3.2. Moscas das Frutas

A família Tephritidae é uma das maiores dentro da ordem Diptera, com 500 gêneros e aproximadamente 4.000 espécies descritas. As moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) estão entre as principais espécies de insetos pragas da fruticultura mundial. As espécies consideradas pragas dessa família são 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).

As moscas-das-frutas apresentam quatro estádios (fases) em seu ciclo de vida. Cada estádio é caracterizado por determinadas exigências e reações ao meio ambiente, o que determina a sua duração, e em última análise, a duração do ciclo de vida (SALLES, 1995).

Existem algumas espécies consideradas especialistas por utilizarem uma única espécie ou gênero de planta hospedeira em uma dada localidade, outras são generalistas, utilizando frutos pertencentes a mais de dez famílias botânicas diferentes (SELIVON, 2000).

A ocorrência de espécies de mosca-das-frutas está intimamente relacionada a distribuição geográfica dos hospedeiros (SELIVON, 2000). Segundo Malavasi et al. (2000), a maioria das espécies de *Anastrepha* ocorre na Região Neotropical, embora algumas espécies desse gênero ocorram no sul da região Neártica. Espécies de *Anastrepha* estão estabelecidas em toda a América do Sul, exceto o Chile, onde ocorre esporadicamente em algumas áreas ao

norte do deserto do Atacama, na fronteira com o Peru, América Central e Caribe, no México e no sul dos EUA.

No Brasil, quatro gêneros de moscas-das-frutas de importância econômica são registrados – *Anastrepha*, *Bactrocera*, *Ceratitis* e *Rhagoletis*. *Bactrocera* representado por apenas uma espécie no Brasil [*Bactrocera carambolae* (Drew e Hancock)], restrita à região de fronteira com o Suriname, e *Rhagoletis* representado por quatro espécies referidas como esporádicas apenas na região sul do país, são consideradas menos importantes economicamente, por estarem restritas a determinadas regiões (ZUCCHI, 2000). *Ceratitis capitata* (Wied.) e diversas espécies de *Anastrepha* Schiner, 1868, são tefritídeos prejudiciais à fruticultura brasileira (RAGA, 1990).

Anastrepha é o gênero de tefritídeos mais numeroso (cerca de 212 espécies válidas) e mais importante economicamente das Américas, englobando as principais espécies-pragas tais como *Anastrepha fraterculus* (Wied.), *Anastrepha ludens* (Loew) e *Anastrepha suspensa* (Loew) (NORRBOM, ZUCCHI e HERNADEZ-ORTIZ, 2000; URAMOTO, 2007). Espécies de *Anastrepha* são nativas do continente americano, enquanto *C. capitata* conhecida como mosca-do-mediterrâneo é a única representante do gênero no país, sendo originária do continente africano (RAGA e SOUZA-FILHO, 2000).

Em geral, as espécies de *Anastrepha* são polípagas ou oligófagas, como *A. fraterculus*, *A. ludens*, *A. obliqua* (Macquart), *A. serpentina* (Wied.), *A. striata* Schiner e *A. suspensa*. Existem aquelas altamente especializadas na exploração de certos recursos, como as espécies do grupo *spatulata*, que são especializadas na exploração das plantas do gênero *Manihot* (Euphorbiaceae), do grupo *pseudoparalella*, que exploram frutos da família Passifloraceae, ou ainda espécies do grupo *grandis*, que exploram frutos da família Cucurbitaceae (SELIVON, 2000).

No continente americano, o Brasil é o país com a maior diversidade de espécies de *Anastrepha*, mas apenas sete são importantes do ponto de vista econômico: *A. fraterculus*, *A. grandis* Macquart, *A. obliqua*, *A. pseudoparalella* (Loew.), *A. sororcula* Zucchi, *A. striata* e *A. zenildae* Zucchi. As espécies mais disseminadas no país são *A. fraterculus* e *A. obliqua* (ZUCCHI, 2007). No Estado de São Paulo ocorrem 35 espécies de *Anastrepha* (SOUZA-FILHO et al., 2000).

3.3. *Anastrepha grandis* (Macquart, 1846)

Anastrepha grandis foi descrita pela primeira vez em 1846 por Macquart. A localização na época era denominada “Nueva Granada”, que era formada em sua maior parte pelos territórios da Colômbia e partes do Equador, Venezuela e Panamá. Sua distribuição não aparenta ser tão uniforme como se observa em outras espécies do gênero *Anastrepha*, sendo encontrada em pequenas populações próximas a seus hospedeiros (MALAVASI et al., 1990).

Essa espécie não recebeu a devida atenção como praga durante muitos anos, até que sua importância foi destacada durante a metade do século 20, sendo considerada como uma praga de frutos nativos e introduzidos da família Cucurbitaceae (BIRKE et al., 2013).

Anastrepha grandis ou mosca-das-cucurbitáceas-sul-americana (MCSA) é uma praga dos frutos de várias espécies nativas e introduzidas de Cucurbitaceae em muitas áreas da América do Sul (NORRBOM, ZUCCHI e HERNADEZ-ORTIZ, 2000). Ocorre na Argentina, Bolívia, Brasil (exceto o Norte), Colômbia, Equador, Paraguai, Peru e Venezuela (NAPPO, 2009; CABI, 2015). Recentemente foi registrada a ocorrência de *A. grandis* no Panamá (ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE - APHIS, 2009; BIRKE et al., 2013), e representa um risco de disseminação da praga para o México e EUA (RAGA e BALDO, 2016).

No Brasil, a espécie tem registros nos estados da Bahia, Distrito Federal, Espírito Santo, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Paraná, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Santa Catarina e São Paulo (ZÄHLER, 1991; ZUCCHI, 2008).

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 fago-estimulantes) (VIEIRA, 2011).

A mosca-das-cucurbitáceas-sul-americana destaca por atacar frutos de Cucurbitaceae (espécie oligófaga). Há relatos nos últimos 50 anos desta mosca em hospedeiro que não pertencem as cucurbitáceas (Myrtaceae, Rutaceae e Passifloraceae - *Passiflora alata* Dryander (WEEMS, 1990), no entanto, essas informações não são bem documentadas e são consideradas duvidosas (NORRBOM, ZUCCHI e HERNADEZ-ORTIZ, 2000; NORRBOM, 2004). Várias espécies de *Cucurbita*, incluindo *C. pepo*, são os hospedeiros mais comuns, havendo também registros de *A. grandis* atacando melancia (*Citrullus*

lanatus var. *lanatus* Matsum (Thunb.). e Nakai), pepino (*C. sativus*) (GONÇALVES, 1938, BONDAR, 1950), e cabaça (*Lagenaria siceraria* (Mol.) Standl.) (CARABALLO, 1981).

No Brasil e na Venezuela, é uma praga-chave da abóbora, enquanto que no Paraguai e Argentina, considera-se, principalmente, uma praga de abobrinhas (MARTINEZ et al., 1994).

As formas de introdução desta praga em outras localidades ocorrem através de frutos infestados transportados por passageiros em navios, barcos e aeronaves ou através do comércio internacional de frutas frescas quando estas não sofreram tratamentos pós-colheita (COSAVE, 2013). O status praga de *A. grandis* difere em cada país onde está presente, aumentando de acordo com sua distribuição e ocorrência (WEEMS, 2006).

Nos Estados Unidos, essa espécie apresenta um considerável potencial de dano, caso venha a ser introduzida no Sul da Flórida e Texas. Neste país foi interceptada em abóbora oriunda da Argentina e do Brasil, e um adulto foi encontrado em restos de banana oriundos do Panamá (WEEMS, 2001).

- *Anastrepha grandis* apresenta as seguintes sinonímias (BIRKE et al., 2013): *Tephritis grandis* Macquart 1846, *Trypeta grandis* Loew 1873, *Anastrepha grandis* Bezzi 1909; *Anastrepha schineri* Hendel 1914; *Anastrepha latifasciata* Hering 1935; *Acrotoxa grandis* (Macquart).

3.3.1. Bioecologia e controle de *Anastrepha grandis*

O ciclo de vida de moscas-das-frutas ocorre em três ambientes: vegetação, fruto e solo. Os adultos habitam a árvore hospedeira ou plantas vizinhas, onde passam a maior parte do tempo. Após a cópula, a fêmea deposita seus ovos no interior do fruto, onde as larvas alimentam-se da polpa, passando por três estádios. As larvas do 3º estágio abandonam os frutos que já caíram ao chão e enterram-se no solo, onde empupam (BOLZAN et al., 2015). Os adultos emergem do pupário após alguns dias, reiniciando o ciclo. Os dados sobre ciclo de vida referem-se a resultados obtidos em laboratório à temperatura de $25 \pm 2^\circ\text{C}$, umidade relativa de $70 \pm 5\%$ e iluminação natural (Figura1).

A duração do ciclo de vida das moscas-das-frutas é dependente de vários fatores, principalmente da temperatura, planta hospedeira e da própria característica da espécie da mosca (RAGA e BALDO, 2016).

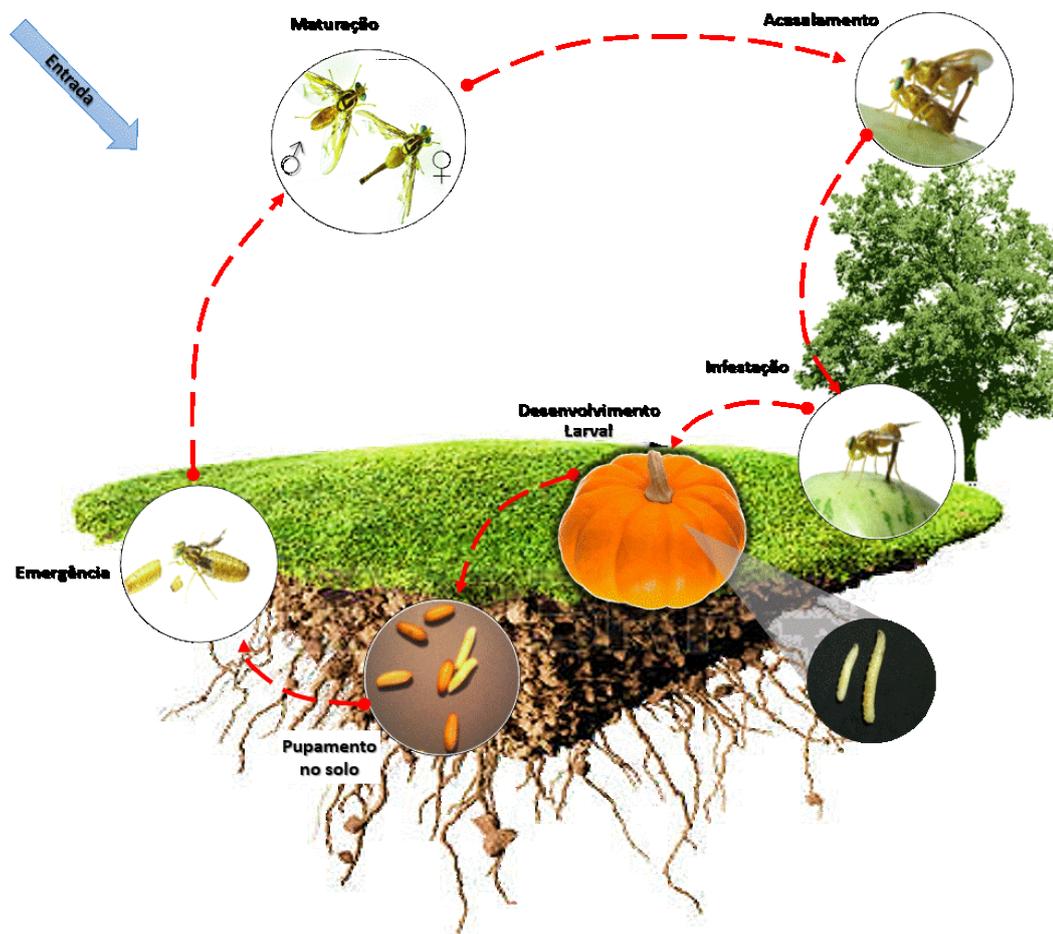


Figura 1. Aspectos bioecológicos de *Anastrepha grandis* (RAGA e BALDO, 2016).

O período de desenvolvimento embrionário (ovo) é de 3 a 7 dias, com tempo médio de 3,93 dias. A duração do estágio larval varia de 13 a 28 dias, com tempo médio de 17,7 dias. A duração do estágio pupal é de 14 a 23 dias, sendo o tempo médio de 19,7 dias. A longevidade de machos varia de 14 a 319 dias, com média de 148,4 dias. Para as fêmeas, a longevidade observada é de até 134 dias, com média de 52,2 dias. O período de pré-oviposição para fêmeas em laboratório é de aproximadamente 13 dias (Figura 2). (COSAVE, 2013)

As fêmeas depositam de 10 a 110 ovos por punctura em frutos em fase de amadurecimento. A profundidade da punctura varia de 5,1 a 8,2 mm (SILVA e MALAVASI, 1993; COSAVE, 2013). No entanto, uma fêmea de *A. grandis* pode ovipositar em média 344 ovos durante a sua vida (BOLZAN et al., 2015).

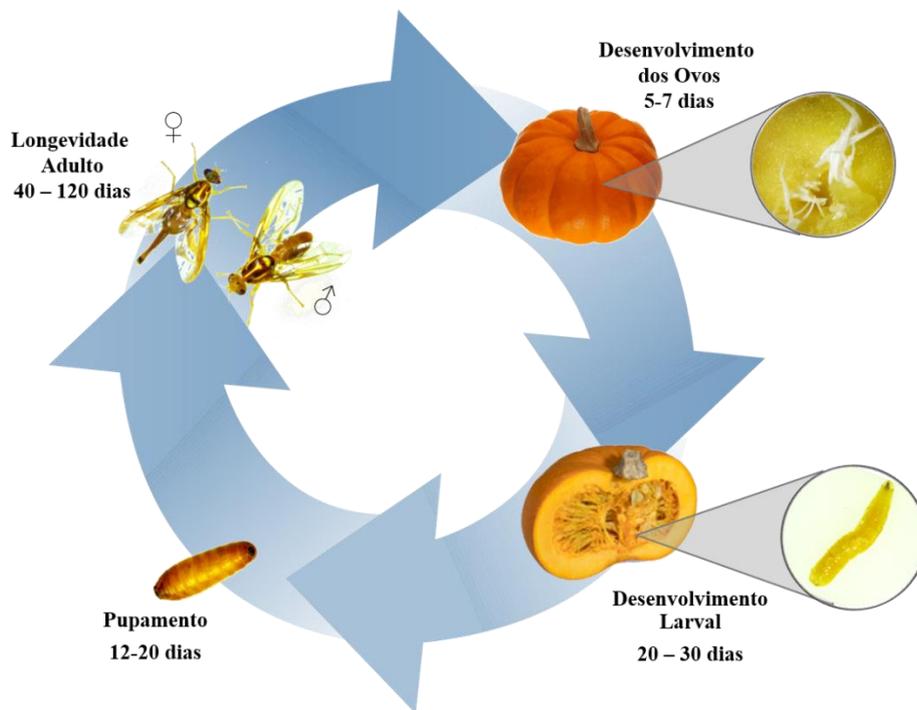


Figura 2. Esquema representando o ciclo biológico de *Anastrepha grandis* (RAGA e BALDO, 2016).

Em estudo sobre a distribuição geográfica de *A. grandis* no Estado de São Paulo, Souza-Filho et al. (2012a), registraram a presença da mosca em somente 20% (9) dos 45 municípios verificados. Na região centro-leste do estado, *A. grandis* foi encontrada durante todo o ano, e apresenta distribuição na região central, sudoeste e nordeste do Estado de São Paulo.

Em estudo sobre a flutuação populacional de *A. grandis*, Kokubo (2012) verificou que a captura de mosca-das-cucurbitáceas-sul-americana está relacionada a fatores climáticos, tais como temperatura, umidade relativa e a disponibilidade de frutos hospedeiros na cultura.

Anastrepha grandis apresenta as seguintes características morfológicas e biológicas: Adulto facilmente reconhecível pelo seu maior tamanho em relação as outras espécies de *Anastrepha*; possui coloração amarelo-marrom, com marcações amarelas e castanho-escuras; tórax com 3,5 a 4,0mm de comprimento; mesonoto com faixas medianas e laterais distintas; ovipositor longo e marcas difusas na asa. Metanoto escurecido lateralmente. Pleura com mancha preta. Macroquetas marrons e pilosidade amarelada. Asas com média de 10,0mm de comprimento; faixas C e S amplamente unidas, sem faixa hialina costal; faixa V apenas com o ramo proximal. Ovipositor possui aproximadamente 6,0mm de comprimento, ápice afilado e sem dentes (Figura 3) (WEEMS, 2001; COSAVE, 2013).



Figura 3. Adultos de *Anastrepha grandis* (Fotos: Fernando B. Baldo.).

Em condições de laboratório, a mosca-das-cucurbitáceas-sul-americana apresenta maiores picos de oviposição entre 11 h e 14 h. As fêmeas realizam posturas em massas de até 110 ovos, e dificilmente põem menos de 10 ovos por postura. Como em muitas outras espécies de *Anastrepha*, após a postura dos ovos, as fêmeas marcam a superfície dos frutos com um feromônio que impede a oviposição por outras fêmeas. O tempo de oviposição leva em média 45,8 minutos (SILVA e MALAVASI, 1993).

Ovo - apresenta coloração branca, com tamanho variável de 2,06 a 2,25 mm de comprimento e cerca de 0,20 mm de largura; apresenta forma de lua crescente (meia-lua), afilando gradualmente do meio até a extremidade posterior. Sem reticulação ou outras estruturas aparentes (SILVA e MALAVASI, 1993).

Larva - tipo vermiforme, sem pernas torácicas ou abdominais e sem cápsula cefálica. As larvas passam por três estágios de desenvolvimento. No início (1º estágio), as larvas são brancas e no final de desenvolvimento, geralmente são de cor amarela intensa (RAGA e BALDO, 2016). 2º estágio - varia de 3,1 a 9,0 mm de comprimento e de 0,6 a 1,5 mm de largura no 6º segmento abdominal; a larva é alongada, cilíndrica, com segmentos caudais truncados e segmentos torácicos afilados. 3º estágio - varia de 6,6 a 17,0 mm de comprimento e de 1,6 a 2,7 mm de largura no 6º segmento abdominal.

Pupa - tipo coarctata, coberta pela exúvia do último estágio larval que forma o pupário. O tamanho varia de 8,0 a 9,1 mm de comprimento, com largura máxima de 3,2 a 3,7

mm. Apresentam áreas tegumentais de coloração marrom dourada, com pequena área enegrecida ao redor da abertura oral (SILVA e MALAVASI, 1993).

Os principais hospedeiros de *A. grandis* são os seguintes (SILVA e MALAVASI, 1993; MALAVASI, MORGANTE e ZUCCHI, 1980; COSTA LIMA, 1926; CABI, 2015)

- | | |
|---|-----------|
| • <i>Cucurbita pepo</i> L. | Abobrinha |
| • <i>Cucurbita moschata</i> (Duchesne) Poiret | Abóbora |
| • <i>Cucurbita maxima</i> Duschene | Moranga |
| • <i>Citrullus vulgaris</i> Schrad. | Melancia |
| • <i>Citrullus lanatus</i> (Thmb.) Matsum e Nakai | Melancia |
| • <i>Cucumis melo</i> L. | Melão |
| • <i>Cucumis sativus</i> L. | Pepino |
| • <i>Lagenaria siceraria</i> (Molina) Standl | Cabaça |

Anastrepha grandis é uma praga dos frutos de várias espécies nativas e introduzidas de Cucurbitaceae em muitas áreas da América do Sul (NORRBOM, ZUCCHI e HERNADEZ-ORTIZ, 2000). É considerada uma espécie quarentenária pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA), na Argentina e Uruguai. Tem recebido atenção considerável devido aos registros de ataque a melões (*C. melo*), cultivados comercialmente em vários países da América do Sul (HARPER, 1987; SILVA e MALAVASI, 1993).

De acordo com Souza-Filho et al. (2012b), oito espécies e um híbrido de cucurbitáceas são hospedeiros naturais do *A. grandis* no Estado de São Paulo: melancia (*C. lanatus*), melão (*C. melo*), maxixe (*C. anguria*), pepino (*C. sativus*), abóbora (*C. maxima*), abóbora (*C. moschata*), abóbora (*C. pepo*), abóbora híbrida (*C. moschata* x *C. maxima*) e cabaça (*L. siceraria*). Segundo os autores, *C. moschata* é um hospedeiro primário para *A. grandis*. Kokubo (2012) estudou a hierarquia na preferência alimentar de *A. grandis* e concluiu que os frutos que apresentaram uma maior atratividade foram a abóbora moranga (*C. maxima*) e abobrinha (*C. pepo*), sendo que os demais hospedeiros apresentaram baixos índices de viabilidade de pupas e adultos.

Montes et al. (2011) realizaram um levantamento das espécies de *Anastrepha* em área sob Sistema de Mitigação de Risco – SMR em Regente Feijó, Estado de São Paulo, sem detecção de *A. grandis*, indicando ótimas condições para estabelecimento de área de baixa

prevalência. No entanto, a exportação de melões destinados aos EUA ocorre somente de áreas livres reconhecidas pelo MAPA.

O controle da MCSA é realizado principalmente por meio da utilização de inseticidas em cobertura total. Atualmente, no Brasil, só existe um inseticida à base de malationa registrado contra *A. grandis*, porém esse produto só está autorizado para a cultura do pepino (AGROFIT, 2017). No entanto, não é comum o ataque em pepino.

3.4. Legislação sobre importação e exportação

Uma das maneiras de se garantir a sanidade de partidas de vegetais é a implantação de Áreas Livres de Praga (ALP) no território do país exportador. O estabelecimento de áreas livres de pragas é regulado pela Norma Internacional de Medidas Fitossanitárias (NIMF) número 4 – “Requerimentos para o Estabelecimento de Áreas Livres de Pragas”, publicada pela Convenção Internacional de Proteção dos Vegetais (CIPV).

Área livre de praga é definida como “uma área na qual uma praga específica não ocorre, como demonstrado por evidência científica e na qual, quando apropriado, essa condição está sendo oficialmente mantida”. Áreas livres de pragas constituem-se em opção de manejo de risco para exportação de vegetais, produtos vegetais e outros artigos regulamentados, ou para conferir suporte científico para medidas fitossanitárias tomadas por um país importador para proteger uma área em perigo. Esse sistema possibilita a exportação sem a necessidade de aplicação de medidas fitossanitárias adicionais, quando certos requisitos são atendidos (BRASIL, 2013).

A MCSA está presente nas regiões Sul, Sudeste e Centro-Oeste, tendo havido uma detecção em Barreiras – BA. Nos demais estados do Nordeste e na Região Norte, *A. grandis* é considerada ausente. Atualmente, existem sete cidades do estado do Ceará e 13 cidades do estado do Rio Grande do Norte que possuem a certificação de ALP, desde o início dos trabalhos de monitoramento da praga em 1985, nunca houve captura de adultos ou de formas imaturas de *A. grandis* na ALP (BOLZAN et al., 2016).

O Sistema de Mitigação de Risco - SMR para *A. grandis* pode ser adotado por produtores que não pertençam a ALP, porém almejam exportar as cucurbitáceas produzidas em sua unidade de produção a fim de obter uma maior remuneração. Portanto, os produtores que adotarem o SMR poderão exportar cucurbitáceas para países que estabelecem exigências de que os frutos não apresentem risco quarentenário devido à presença de pragas, permitindo-se a

presença da praga em baixa população e com a adoção de um manejo da praga diferenciado (BOLZAN et al., 2016).

Visando à certificação e à rastreabilidade, o monitoramento é composto por diversos procedimentos, como o uso de armadilhas durante todo ciclo da cultura e enquanto existirem restos culturais. O plano de controle para *A. grandis*, em SMR, requer que sempre que o índice MAD (moscas/armadilhas/dia) da unidade de produção atingir valor superior a 0,1 e menor ou igual a 0,4, durante o período semanal de monitoramento, as exportações são proibidas e se inicia o plano de controle. O produtor deverá implementar ações emergenciais para controle da praga, passando a utilizar uma densidade de uma armadilha para cada dois hectares e iniciar o controle químico com produtos registrados, até que o índice MAD retorne a valor inferior a 0,1. Se o controle não for satisfatório e o índice MAD for 0,4, a produção, proveniente da respectiva unidade de produção (UP), ficará impedida de ser certificada para exportação na atual safra (BOLZAN et al., 2016).

Atualmente, existem algumas regiões de sete estados da Federação que adotaram o SMR para *A. grandis*, sendo o caso de Minas Gerais (8 municípios), São Paulo (8 municípios), Goiás (11 municípios), Rio Grande do Sul (3 municípios), Bahia (1 município), Paraná (1 município) e Rio Grande do Norte (2 municípios) (BOLZAN et al., 2016).

- A Instrução Normativa 42/2006, estabelece que o estado de São Paulo está incluído pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (MAPA) no Programa. As pragas e doenças atacam diretamente o produto final, reduzindo ou inviabilizando a comercialização da fruta de mesa e aquela destinada ao processamento;
- Os insumos utilizados para o controle das pragas e doenças representam um componente significativo dos custos de produção para todas as frutas;
- As pragas e doenças e seus respectivos métodos de controle estão submetidas a rigorosas normas de produção impostas pelos países importadores. Tais medidas são denominadas barreiras não-tarifárias.;
- A aplicação de defensivos agrícolas visando ao controle das pragas e doenças, quando não é realizado de forma racional, pode provocar desequilíbrios biológicos no ecossistema local e outros danos ambientais (BUAINAIN e BATALHA, 2007).
- Os regulamentos oriundos das barreiras não-tarifárias influenciam na redução de competitividade externa, uma vez que o exportador precisa adaptar seu produto às exigências do país importador, o que gera custo adicional, que poderá se transformar em efetivo protecionismo

à entrada em determinados mercados. Dentre as principais barreiras não tarifárias estão incluídas as medidas técnicas, constituídas de normas e regulamentos técnicos sanitários e fitossanitários (BUAINAIN e BATALHA, 2007).

O estado de São Paulo está incluído no programa nacional de exportação de cucurbitáceas, representado principalmente pelo município de Paranapuã, localizado na região oeste paulista e que vem se destacando na produção de abóbora tipo exportação para o mercado argentino e espanhol. Vale ressaltar que a exportação de abóbora do Estado de São Paulo só foi possível pelo acordo Brasil-Argentina, celebrado em 2003, que permitiu o estabelecimento de normas para adequar os produtos do grupo das Cucurbitáceas (abóbora, melão e melancia) às exigências daquele país. No Estado de São Paulo, duas regiões são reconhecidas oficialmente pelo MAPA como integrantes do Sistema de Mitigação de Riscos para *A. grandis*: Regional de Jales, compreendendo os municípios de Mesópolis, Paranapuã e Urânia e, regional de Presidente Prudente, compreendendo os municípios de Presidente Bernardes e Tarabaí (BRASIL, 2013).

3.5. Fatores de risco na produção e comercialização de cucurbitáceas

O comércio mundial de commodities agrícolas está crescendo a uma taxa elevada, e como consequência, aumenta também o risco de introdução de pragas exóticas em novas áreas de produção. O estabelecimento de novas pragas pode aumentar os danos e também os custos de produção do país importador, devido ao aumento dos gastos com o manejo dessas pragas e com restrições quarentenárias por parte de outros países. Nos Estados Unidos, os danos anuais causados por insetos e ácaros exóticos foram estimados em torno de 17 bilhões de dólares (FOLLETT e NEVEN, 2006).

O controle fitossanitário é considerado um fator crítico de sucesso para a competitividade das frutas devido aos seguintes aspectos:

Entre os problemas verificados na produção e comércio de cucurbitáceas, as pragas como as moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) representam uma ameaça aos recursos agrícolas devido a sua ampla gama de plantas hospedeiras, sua habilidade em se estabelecer e disseminar em determinada região, pelo seu impacto econômico potencial e seu impacto ecológico potencial (direto e indireto), exigindo medidas quarentenárias e complexos programas de controle (SMITH, 1999).

Em face da importância dessas pragas, é importante ressaltar que o fruticultor brasileiro gasta grandes quantidades de inseticidas para o controle de moscas das frutas, sem o conhecimento adequado das espécies infestantes, do seu grau de infestação, da distribuição espacial das plantas hospedeiras e do controle biológico natural (RAGA e SOUZA-FILHO, 2000).

Embora o Estado de São Paulo lidere o ranking na produção de abóboras no Brasil, a quase totalidade da sua produção não consegue ser exportada por não possuir a certificação de Área Livre da Praga (ALP), sendo, portanto, absorvida pelo mercado interno (IBGE, 2006).

Observa-se um elevado potencial para a exportação de frutos de cucurbitáceas no Brasil. No entanto, ainda existem barreiras que dificultam a exportação da produção de cucurbitáceas de outras áreas consideradas como áreas de ocorrência de *A. grandis*. A fim de driblar tais barreiras, deve ser tratado com seriedade o desenvolvimento de tecnologias de tratamentos quarentenários que viabilizem a exportação de cucurbitáceas a partir de áreas de ocorrência da praga e destinada para países onde a espécie é praga quarentenária ausente (IBRAF, 2013).

3.6. Métodos de controle Pós-colheita (Tratamentos Quarentenários)

As moscas-das-frutas são uma preocupação constante nos países livres dessas pragas e que, para proteger sua agricultura, estabelecem barreiras quarentenárias, dificultando a comercialização de frutas e outros vegetais hospedeiros. Através dos sistemas de transporte de cargas e pessoas, frutas infestadas podem ser transportadas por longas distâncias em tempo muito curto a partir de áreas infestadas e alcançar regiões livres da praga.

Os avanços da tecnologia têm possibilitado a comercialização de qualquer tipo de produto, mesmo perecível entre regiões diferentes do planeta. Muitos países, principalmente os mais desenvolvidos, exigem que a importação de produtos agrícolas seja efetuada mediante certificação fitossanitária para impedir a introdução e disseminação de pragas de um local para outro (IPEN, 2016).

Os tratamentos fitossanitários pós-colheita são usados para desinfestar frutos que possam ser hospedeiros de pragas, através desses tratamentos evita-se que as pragas sejam transportadas para países importadores que não possuem a ocorrência destas (HALLMAN, 2002).

A adoção de certificação que comprove a qualidade e sanidade do produto que está sendo importado, é reflexo das exigências dos protocolos internacionais, como no caso de frutas frescas destinadas principalmente à União Europeia, EUA e Japão. O Serviço de Inspeção Sanitária de Animais e Vegetais (APHIS) é o órgão responsável pela certificação emitida que comprova o atendimento dos regulamentos fitossanitários específicos para cada vegetal, exigidos pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) no pré-embarque da importação. Para a União Europeia, 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 (BRASIL, 2013).

Tratamentos fitossanitários apresentados como tratamentos quarentenários visam eliminar, esterilizar, ou matar pragas regulamentares em mercadorias exportadas para evitar a sua introdução e estabelecimento de novas áreas. (HEATHER e HALLMAN, 2008).

Os tratamentos quarentenários exigem um nível elevado de segurança fitossanitária. Ausente tal condição, há possibilidade de sobrevivência de pragas, com consequentes prejuízos socioeconômicos, 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 (VIEIRA, 2011).

O desenvolvimento do tratamento quarentenário busca encontrar um equilíbrio entre eliminar a praga e minimizar os efeitos adversos do processo de tratamento sobre a qualidade da mercadoria (FOLLETT e NEVEN, 2006). 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 nos frutos durante a aplicação dos tratamentos, sendo também importante, que o tratamento seja economicamente viável.

O conceito de tratamento quarentenário contra moscas-das-frutas baseia-se em procedimentos desenvolvidos por Baker (1939). O objetivo desse procedimento corresponde alcançar o nível de eficácia 99,9968% (Probit 9) de mortalidade, prevenção de emergência ou esterilidade de larvas de moscas-das-frutas. Em termos quarentenários, isso equivale à sobrevivência de aproximadamente três adultos em uma população inicial de 100.000 insetos

(MENDONÇA et al., 2000). Os tratamentos quarentenários visam assegurar o controle sobre a dispersão de pragas e doenças de importância econômica (CHITARRA e CHITARRA, 2005, HEATHER e HALLMAN, 2008). Para alcançar a mortalidade proibit no nível de confiança de 95%, um mínimo de 93.613 insetos deve ser testado sem a obtenção de sobreviventes. (FOLLETT e NEVEN, 2006; HEATHER e HALLMAN, 2008).

O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA) utiliza o proibit 9 para a aprovação de tratamentos quarentenários para moscas-das-frutas (SCHORTEMAYER et al., 2011). 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 (RAGA et al., 2011).

Para atendimento das exigências fitossanitárias dos países importadores, quando os vegetais não são oriundos de áreas livres, são exigidos tratamentos quarentenários pós-colheita. Esses métodos podem ser classificados como métodos físicos (frio, calor, água quente, ar quente, vapor, irradiação radiofrequência ou atmosfera controlada) e químicos (fumigantes), ou a combinação deles (YAHIA, 2006).

Preocupações sobre a segurança do abastecimento de alimentos, juntamente com preocupações sobre o impacto de produtos químicos agrícolas sobre o ambiente, estão aumentando o interesse para o desenvolvimento de tratamentos de quarentena não químicos, especialmente para atender às exigências de exportação. O desafio para pesquisas futuras é desenvolver tratamentos de quarentena não químicos e sistemas que não prejudiquem o consumidor ou o ambiente, que sejam relativamente de baixo custo, e que possa ser aplicado tanto em instalações permanentes ou a bordo de navios de transporte de marítimo (YAHIA, 2006).

3.6.1. Tratamento Térmico

Os tratamentos térmicos incluem imersão em água quente (hidrotérmico), calor saturado de vapor de água, ar quente seco e lavagem com água quente com escovação (SCHIRRA et al., 2000). Os efeitos benéficos destes tratamentos de calor são ligados a mudanças em processos fisiológicos, tais como redução no dano causado pelo frio e atraso a processos de amadurecimento por inativação das enzimas de degradação pelo calor

(MAHAJAN et al., 2014); por matar insetos nocivos e por controlar a deterioração fúngica (SCHIRRA et al., 2000).

O tratamento quarentenário por imersão em água quente ou hidrotérmico, objetiva um melhor controle das infecções fúngicas e a desinfestação de moscas-das-frutas. Segundo Heather e Hallman (2008) por volta da década de 1980, foi desenvolvido o tratamento de imersão de bananas em água quente a 50 °C durante 20 minutos, prevenindo assim que cerca de 222.000 ovos de três espécies de tefritídeos atingissem a fase pupal.

A exportação da manga brasileira para os EUA requer tratamento pós-colheita, visando ao controle de espécies quarentenárias de moscas-das-frutas.

3.6.2. Irradiação

Os tratamentos fitossanitários por meio de irradiação são medidas promissoras para superar as barreiras sanitárias ao comércio e são atualmente utilizados em vários países (HALLMAN et al., 2010). Tais tratamentos podem vir a ser uma alternativa para a desinfestação pós-colheita de diversos produtos agrícolas (IPEN, 2016).

A radiação ionizante tem sido utilizada em um grande espectro de aplicações entre elas o processamento de alimentos. Esta técnica é amplamente utilizada em países industrializados e atualmente apresenta uma forte expansão nos países em desenvolvimento. No que se refere a irradiação de alimentos, esta tecnologia tem recebido uma crescente atenção em todo o mundo. As autoridades de vigilância sanitária de 37 países, incluindo o Brasil, aprovaram a irradiação de 40 tipos distintos de alimentos, que englobam especiarias, grãos, carne de frango, frutas e legumes. Nestes países, as decisões foram influenciadas pela publicação de uma norma mundial para alimentos irradiados, aprovada pela Comissão do Codex Alimentarius, que é um órgão da Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação - FAO e da Organização Mundial de Saúde - OMS (IPEN, 2016).

Os motivos que despertam o interesse da irradiação de alimentos estão relacionados com as grandes perdas de alimentos que ocorrem constantemente como consequência da infestação, contaminação e decomposição dos mesmos, a crescente preocupação com respeito às doenças transmitidas pelos alimentos e o aumento do comércio internacional de produtos alimentícios sujeitos a normas de exportação rígidas em matéria de qualidade e de quarentena. A irradiação de alimentos vindo sendo pesquisada há

mais de 40 anos, tem demonstrado ser segura, eficiente e com benefícios práticos, quando associada às boas práticas de manufatura e distribuição (IPEN, 2016).

O emprego da radiação gama como uma técnica de preservação de alimentos visa basicamente destruir organismos indesejáveis, podendo aumentar a vida de prateleira, retardar o amadurecimento ou inibir a brotação de vegetais (RAGA, 1996).

A radiação ionizante é uma tecnologia que pode ser utilizada na pós-colheita de frutas e hortaliças em doses baixas, oferecendo segurança fitossanitária e aumentando sua vida útil, pois preserva as características físico-químicas, nutricionais e sensoriais. Também pode ser combinada com outras tecnologias pós-colheita como, por exemplo, o frio.

O processo consiste em submeter os alimentos embalados ou a granel, a uma quantidade controlada de radiação ionizante, por um tempo prefixado e com objetivos determinados (GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS, 1990). A irradiação de alimentos é um tratamento que envolve a exposição direta a radiação ionizante, seja ela em aceleradores de elétrons (raios X) ou máquinas que trabalham com isótopos radioativos (Cobalto-60 e Césio-137), preservando e mantendo a segurança e a qualidade dos alimentos expostos. Dentre as fontes de radiação está o Cobalto-60, que produz raios gama com alto poder de penetração capaz de promover a desinfestação de insetos, diminuir o ritmo de amadurecimento de frutas e hortaliças, com doses baixas (100 Gy a 1000 Gy) e eliminar microrganismos patogênicos e parasitas (doses 1000 a 3000 Gy), pois, promove uma alteração na molécula de DNA (ácido desoxirribonucleico), impedindo sua reprodução (LACROIX e OUATTARA, 2000).

Para avaliar a eficácia da irradiação de frutas com a finalidade de eliminar moscas-das-frutas, o parâmetro proposto 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 Gy (PIMENTEL, 2007).

De acordo com a Convenção Internacional de Proteção de Plantas (IPPC) a dose genérica de radiação no tratamento fitossanitário de sete espécies de moscas-das-frutas é de 150 Gy, a qual também foi adotada pelos Estados Unidos (IPPC, 2009).

A irradiação na faixa entre 150 Gy e 300 Gy é usualmente requerida para esterilizar a maioria dos insetos praga em frutas. No entanto, algumas vezes, a dosagem mínima de radiação requerida para desinfestação pode reduzir a qualidade e a vida útil dos vegetais (CHITARRA e CHITARRA, 2005). De acordo com Follett e Armstrong (2002), a radiação

ionizante pode ser utilizada como tratamento quarentenário para *Bactrocera cucurbitae* (Coquillet), *C. capitata* e *Bactrocera dorsalis* (Hendel) nas doses de 210, 225 e 250Gy, respectivamente.

Segundo Hallman e Thomas (2010), o protocolo de pesquisa envolve a infestação da fruta e sua irradiação na fase de ovo ou terceiro ínstar larval, considerados aqueles 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, *A. ludens* foi cinco vezes maior que a dose necessária observada *in vitro*.

RAGA (1990), impediu a emergência de adultos de *C. capitata* ao irradiar ovos da espécie com 25 Gy e estimou um probit 9 de 24,67 Gy para a espécie. As doses obtidas por esse autor evitaram a emergência de adultos, a partir da irradiação de larvas maduras de *C. capitata*, *A. fraterculus* e *A. obliqua* em frutos de manga, utilizando 40 Gy, 17,5 Gy e 20 Gy, respectivamente, sendo a maior estimativa de Probit 9, alcançada para *A. obliqua* (125,49 Gy).

A variação na dose de radiação depende de fatores tais como: densidade do produto, densidade da embalagem, densidade do produto embalado, a forma ou arranjo da embalagem e a composição dos contêineres (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Utilizando um irradiador de (^{60}Co), observou-se um aumento da radio-tolerância 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. De modo geral, os resultados da irradiação de ovos de *C. capitata* em frutos de manga, não mostraram valores diferentes daqueles obtidos nos testes *in vitro* (RAGA et al., 1996).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Criação estoque

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Entomologia Econômica (LEE/IB), localizado no Centro Experimental do Instituto Biológico (CEIB), em Campinas (SP).

O desenvolvimento larval foi realizado em frutos de abóboras e morangas (*C. pepo*, *C. maxima*, *C. moschata*) ou cabotiá (*C. moschata* x *C. maxima*), a partir da colônia da MCSA estabelecida no LEE/IB em 2011 e mantida sob temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$, umidade relativa do ar de $70\pm 20\%$ e fotofase de 14 horas.

Os frutos infestados eram mantidos em cubas plásticas com dimensões de 41 x 34 x 14 cm, contendo no fundo uma camada de 4 cm de vermiculita e recobertas com tecido de algodão presa por elástico. Decorridos aproximadamente entre 20 e 30 dias referentes ao período de desenvolvimento larval, as pupas eram retidas da vermiculita onde eram peneiradas e transferidas para gaiolões de emergência de dimensões 100 (altura) x 40 (largura) x 40cm (profundidade). As moscas foram alimentadas com uma dieta composta pela mistura dos seguintes ingredientes: açúcar cristal (400g), levedo de cerveja (200g), gérmen de trigo (100g), extrato de levedo (100g) e Sustagen® (16g).

4.2. Obtenção dos ovos de *Anastrepha grandis*

A coleta dos ovos foi realizada com por meio de um utensílio utilizado na coleta de ovos de *A. fraterculus* e que também obteve bons resultados para *A. grandis*. Esse utensílio consiste de um tubo de pvc rígido de 40 mm x 15cm, pintado na cor vermelha e contendo cerca de 40 furos de 8 mm de diâmetro em toda sua extensão, fechado no fundo e dotado de uma tampa. Para cada coleta, a lateral do tubo era coberta com uma camada de Parafilm® e o seu interior preenchido com água destilada, tapado e colocado no piso da gaiola contendo adultos sexualmente maduros, contados a partir de 15 a 20 dias após a emergência de *A. grandis*. (Figura 4).



Figura 4. Coletor de ovos utilizado para obtenção de ovos de *Anastrepha grandis*. Laboratório de Entomologia Econômica (LEE/IB). Campinas-SP.

O coletor era mantido na gaiola por aproximadamente 12 h, período no qual os ovos recém colocados eram retidos na água do coletor, evitando sua desidratação. Em seguida, os ovos eram transferidos e mantidos em béqueres contendo água destilada por no máximo 2 horas. E então, os ovos coletados eram transferidos para placas de Petri com diâmetro de 15 cm e contados sob microscópio estereoscópico, Nikon modelo SMZ 745T de 50 x de aumento.

4.3. Obtenção das larvas de *Anastrepha grandis*

As larvas utilizadas nos experimentos foram obtidas de frutos infestados, utilizando-se a metodologia empregada na criação estoque.

Decorridos aproximadamente entre 20 e 25 dias, o fruto infestado era rompido e colocado sobre uma peneira de 50 cm de diâmetro, com malha entre 3 e 4 mm de abertura, a fim de facilitar a separação das larvas dos frutos. A peneira era instalada sobre um recipiente plástico de dimensão 50 x 40 x 9 cm, que abrigava as larvas de *A. grandis* que transpassavam pela malha da peneira. Após o processo de coleta das larvas, estas foram lavadas em água destilada e mantidas em béqueres de 500 ml até o momento da realização do experimento.

4.4. Variedade dos frutos avaliados

Em todos os testes com frutos foram utilizadas abóboras Atlas (tipo Butternut americana) (*C. moschata*), sendo esta variedade de importância na exportação de cucurbitáceas. Os frutos de padrão de exportação foram adquiridos diretamente da unidade produtora, em Campinas (SP). Antes do início dos experimentos, os frutos tratados foram individualmente pesados em balança digital de marca: Balmak, modelo: ELC-6/15/30, número de série: 5.696/2010.

4.5. Tratamento hidrotérmico

Na primeira etapa avaliou-se o padrão da variação de temperatura da água quente em função do tempo. Utilizou-se um equipamento de banho-maria Dubnoff, marca Nova Ética, modelo 304 TPA, com capacidade para 36 litros e provido de aquecimento controlado por termostato e agitação constante até aproximadamente 10 rpm (Figura 5). Para o acompanhamento da temperatura no interior dos frutos, foram utilizados termopares Pt100 acoplados a um módulo de aquisição e registro de dados - Fieldlogger (marca Novus, modelo FieldLogger 512k - Interface RS485, Ethernet e USB, 8 canais).



Figura 5. Equipamento de banho-maria Dubnoff, marca Nova Ética, modelo 304 TPA, utilizado para o tratamento hidrotérmico de abóboras Teste hidrotérmico com ovos de *Anastrepha grandis* “in vitro”

4.5.1. Testes hidrotérmicos com ovos de *Anastrepha grandis* “in vitro”

Foram avaliadas as mortalidades de ovos (24 – 48 h) de *A. grandis* submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, a temperaturas de 42,0; 44,0; 46,0; 46,5; 47,0; 47,5; 48,0 e 50,0 ($\pm 0,5$) °C, e com tempos de exposição de 0; 10; 20; 30; 60 minutos para cada temperatura. Cada tratamento combinado (temperatura x tempo de exposição) constou de 20 repetições, cada qual com dez ovos. Com auxílio de um termômetro de coluna de mercúrio, o tempo previamente estabelecido para cada tratamento foi iniciado quando a temperatura da água se estabilizou na temperatura desejada. Após o emprego dos tratamentos hidrotérmicos, os ovos tratados foram transferidos para placas de Petri de 2,5 cm de diâmetro por 1,5 cm de altura, e armazenados em B.O.D. à temperatura de 25 °C.

Decorridas 168 horas do tratamento, foi realizada a avaliação da mortalidade dos ovos de *A. grandis*, contando-se o número de ovos intactos, com o auxílio de microscópio estereoscópio da marca: Nikon, modelo: SMZ 745T sob 50 x de aumento.

4.5.2. Testes hidrotérmicos com larvas de *Anastrepha grandis* “in vitro”

Foram avaliadas as mortalidades de larvas de terceiro instar de *A. grandis* submetidas ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, a temperaturas de 42,0; 44,0; 46,0; 46,5; 47,0; 47,5; 48,0 49,0 e 50,0 ($\pm 0,5$) °C, e com tempos de exposição de 0, 10, 20; 30; 60 minutos para cada temperatura. Cada tratamento combinado (temperatura x tempo de exposição) contou de 20 repetições, cada qual com dez larvas. A operação do equipamento de banho-maria, bem como a manipulação e acondicionamento das larvas tratadas foram semelhantes ao experimento com ovos.

A avaliação do experimento com larvas ocorreu entre 25 e 35 dias após a exposição aos tratamentos, contando-se o número de adultos emergidos, sendo os dados foram catalogados em planilha específica.

4.5.3. Testes hidrotérmicos com ovos de *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

Para os testes com ovos *in natura*, os frutos foram submetidos à infestação por 48 horas em gaiolas com a mesma dimensão descrita para a criação estoque, que continha 200 casais de *A. grandis* sexualmente maduros, com idade de 15 a 20 dias após a emergência das moscas, sendo adicionados cerca de 10 frutos por período de infestação. Após infestados, os

frutos foram tratados em banho maria, com os mesmos tratamentos dos testes "*in vitro*" que provocaram a mortalidade total de ovos de *A. grandis*.

Os frutos infestados foram tratados com idade de até 72 e 120 horas (3 a 5 dias) após o início da infestação, período que assegurava que as larvas ainda não tinham eclodido.

Para o monitoramento da temperatura dentro dos frutos foi utilizado o equipamento de monitoramento digital da temperatura (FieldLogger), com quatro canais (termopares) responsáveis pela coleta de dados em duas regiões do fruto, a primeira logo abaixo da casca ($\pm 0,5$ cm profundidade) e a outra no centro do fruto. Utilizou-se um paquímetro para definir o diâmetro de cada fruto testado. Os outros dois termopares foram fixados em duas regiões distintas dentro da cuba do banho maria. Além disso, um termômetro de coluna de mercúrio e outro digital também foram utilizados para o monitoramento da temperatura da água no banho maria.

Foram empregados oito frutos por tratamento, sendo considerado cada fruto uma repetição. Após a infestação, cada fruto foi mantido individualizado em recipiente plástico redondo com dimensão de 21 (circunferência) x 10 (altura) cm coberto com tecido de algodão e preso por elástico, contendo cerca de 400 ml de vermiculita no fundo, sendo mantido sob temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de aproximadamente 70 ± 10 %.

A avaliação do experimento com ovos ocorreu entre 45 e 60 dias após a exposição aos tratamentos, contando-se o número de adultos emergidos, e os dados foram catalogados em planilha específica.

4.5.4. Testes hidrotérmicos com larvas *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

Os frutos foram submetidos à infestação por 48 horas em gaiolas nas dimensões descritas no item com as dimensões descritas no item 4.1. A gaiola continha 200 casais de *A. grandis* sexualmente maduros, com idade de 15 a 20 dias após a emergência das moscas, sendo adicionados cerca de 10 frutos por período de infestação. Após isso, os frutos foram armazenados por um período de 10 a 15 dias, para assegurar a presença de larvas. Os frutos foram tratados em banho maria, com as doses dos testes "*in vitro*" que provocaram mortalidade total de larvas de *A. grandis*.

Para o monitoramento da temperatura dentro dos frutos foi utilizado o equipamento de monitoramento digital da temperatura (FieldLogger), com quatro canais (termopares) responsáveis pela coleta de dados em duas regiões do fruto, a primeira logo abaixo

da casca ($\pm 0,5$ cm profundidade) e a outra no centro do fruto. Utilizou-se um paquímetro para se definir o diâmetro de cada fruto testado. Os outros dois termopares foram fixados em duas regiões distintas dentro da cuba do banho maria, também foi utilizado um termômetro de coluna de mercúrio para o monitoramento da temperatura água no banho maria.

Foram empregados oito frutos por tratamento, sendo considerado cada fruto uma repetição. Após o tratamento, cada fruto foi individualizado em recipiente plástico redondo com dimensão de 21 (circunferência) x 10 (altura) cm coberto com tecido de algodão e preso por elástico, contendo cerca de 400 ml de vermiculita no fundo, sendo mantido sob temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de aproximadamente 70 ± 10 %.

A avaliação do experimento com larvas ocorreu entre 25 e 35 dias após o tratamento hidrotérmico, contando-se o número de adultos emergidos, sendo os dados catalogados em planilha específica.

4.6. Tratamento com Radiação Gama

Os experimentos com radiação foram conduzidos no Laboratório de Fontes Intensas de Radiação (LFIR), instalado no prédio do Centro de Tecnologia das Radiações (CTR) do Instituto de Pesquisa Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN, na Cidade Universitária, em São Paulo (SP).

O equipamento de irradiador de cobalto ^{60}Co utilizado neste estudo é do tipo Gammacell (Atomic Energy of Canada Limited.- modelo 220 número de série 142), com atividade inicial de 1588,734 Ci (março de 2013) e taxa de dose de 1,344k Gy/h. (Figura 6).



Figura 6. Equipamento irradiador de cobalto-60 (^{60}Co) é do tipo Gammacell (Atomic Energy of Canada Limited.-modelo 220 número de série 142), utilizado para os tratamentos de irradiação. Laboratório de Fontes Intensas de Radiação (IPEN/CNEN).

4.6.1. Testes com radiação (^{60}Co) em ovos de *Anastrepha grandis* “*in vitro*”

Foram avaliadas as mortalidades de ovos de *A. grandis* com idade entre 24 - 48h submetidos ao processo de irradiação de Cobalto-60, com taxas de 0,0; 2,0; 4,0; 6,0; 8,0, 10,0; 12,0; 16,0; 18,0 e 20,0 Gy. Cada tratamento constou de 20 repetições, sendo cada repetição representada por dez 10 ovos. Os parâmetros de avaliação foram os mesmos dos testes com tratamento hidrotérmico. Decorridos 168 horas do tratamento, foi realizada a avaliação da mortalidade dos ovos de *A. grandis*, contando-se o número de ovos intactos, com o auxílio de microscópio estereoscópio.

4.6.2. Testes com radiação (^{60}Co) em larvas de *Anastrepha grandis* "in vitro"

Foram avaliadas as mortalidades de larvas de terceiro instar de *A. grandis* submetidas ao processo de irradiação, com taxas variáveis de 0,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0; 70,0; 100,0; 150,0; 200,0 e 250,0 Gy. Os parâmetros de avaliação foram os mesmos dos testes com tratamento hidrotérmico, sendo que cada tratamento (Temperatura x tempo) apresentava 20 repetições, contendo 10 larvas cada. Após tratadas, as larvas de cada parcela foram transferidas 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.

A avaliação do experimento com larvas ocorreu entre 25 e 35 dias após a exposição aos tratamentos, contando-se o número adultos emergidos, sendo os dados catalogados em planilha específica.

4.6.3. Testes com radiação (^{60}Co) em ovos de *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

As doses e parâmetros de avaliação da mortalidade de ovos testados foram 0,0; 10,0; 20,0; 30,0; 40,0; 50,0; 70,0; 100,0; 150,0; 200,0 e 250,0 Gy de cobalto-60 em ovos de *A. grandis in vitro*.

Foram utilizados oito frutos por tratamento com os ovos, sendo considerado cada fruto uma repetição. Após a infestação, os frutos foram mantidos individualizados em caixas plásticas cobertas com tecido de algodão, sob temperatura de 25 ± 2 °C e umidade relativa de aproximadamente 70 ± 10 %.

A avaliação do experimento com ovos ocorreu após decorridos entre 45 e 60 dias após exposição aos tratamentos, contando-se o número de adultos emergidos, e os dados devidamente catalogados em planilha específica.

4.6.4. Testes com radiação (^{60}Co) em larvas de *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

As doses e parâmetros de avaliação da mortalidade de larvas testados foram os mesmos empregados nos testes de irradiação em larvas de *A. grandis "in vitro"*. As curvas dose-resposta obtidas nesses tratamentos quando comparados com os resultados dos tratamentos *in vitro*, permitiram comparar os efeitos de radioproteção específicos de abóbora Atlas.

Foram utilizados oito frutos por tratamento com larvas, sendo considerado cada fruto uma repetição. Os frutos foram mantidos individualizados em recipientes plásticos (item 4.5.3.), cobertos com tecido de algodão e presos por elástico, sendo mantidos sob temperatura de $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de aproximadamente $70\pm 10\%$.

Os tratamentos foram avaliados entre 25 e 35 dias após os tratamentos, contando-se o número de adultos emergidos, e os dados devidamente catalogados em planilha específica.

4.7. Qualidade dos frutos pós-tratamento

Foram avaliados o efeito dos tratamentos hidrotérmico e radiação gama na qualidade de abóboras Atlas.

A definição das doses empregadas nos testes de qualidade dos frutos foi determinada com base nos tratamentos hidrotérmicos e radiação gama empregados para a desinfestação dos frutos contendo *A. grandis*. Foram realizados os seguintes testes de qualidade, acidez total titulável, brix, pH, coloração e textura (adaptado de SILVA et al., 2009).

Para todos os parâmetros avaliados foram utilizados três frutos de abóboras, sendo que cada fruto foi considerado uma repetição. Foram utilizados frutos tratados com as principais doses utilizadas nos tratamentos hidrotérmico e de radiação gama.

Para os testes hidrotérmicos foram utilizados cinco tratamentos, sendo um a testemunha (sem aplicação de calor); $46 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; $47 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; $48 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ e $50 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$; e todas as temperaturas empregadas contaram com 10, 20, 30 e 60 minutos de imersão.

Para os testes com radiação de cobalto-60 foram utilizados seis tratamentos compreendendo a testemunha (sem aplicação de dose); 40 Gy; 50 Gy; 70 Gy; 100 Gy e 150 Gy.

Os frutos foram submetidos aos testes de coloração e textura de casca e polpa, realizados no Laboratório de Análise Instrumental da Faculdade de Engenharia de Alimentos (FEA) da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Em seguida cada fruto foi triturado e o substrato produzido foi utilizado para a realização dos testes de acidez, pH e sólidos solúveis, que foram feitos no Laboratório de Frutas da FEA. Os resultados foram submetidos ao teste de comparação de médias com nível de significância de 5 %.

4.7.1. Avaliação da textura da casca e da polpa dos frutos

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

4.7.2. Avaliação da coloração dos frutos

Devido as possíveis interferências na coloração e danos que os tratamentos podem causar nos frutos, foi avaliado o índice de coloração das cascas das abóboras através do espectro colorímetro Hunter Lab., com miniscan XE plus, com a aquisição de dados feita pelo software Universal versão 4.0. A avaliação das alterações na cor foi realizada através do sistema de medidas de coordenadas de Hunter - L*, a* e b*, onde L* varia do branco (100) ao preto (0); a* varia do vermelho (+a) ao verde (-a) e b* varia do amarelo (+b) ao azul (-b). Foram tomadas 4 leituras por fruto, sendo uma realizada na porção do bojo e duas leituras em torno do pescoço das abóboras tratadas.

4.7.3. Determinação do pH e acidez titulável (ATT)

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

$AT = \text{mlNaOH} \times N \times 67,06 \times 100 \text{ g-amostra} \times 1000$ onde: mlNaOH = volume da solução de NaOH adicionada à amostra (mL); N = normalidade da solução NaOH; 67,06 = equivalente-grama do ácido málico; g-amostra = massa da amostra (g).

4.7.4. Avaliação dos sólidos solúveis

Os teores de sólidos solúveis foram analisados através de uma leitura direta em refratômetro digital (Reichert r2i300 da Ametek) calibrado com água destilada a 20,0° C. Para a análise foi utilizada uma pequena quantidade do sumo da abóbora, que foi envolvido em algodão e pressionado até que uma ou duas gotas caíssem sobre o prisma do refratômetro. Os resultados obtidos foram expressos em °Brix.

4.8. Análise Estatística

Os experimentos com ovos e larvas submetidos ao tratamento hidrotérmico foram analisados adotando-se o esquema fatorial (temperatura x tempo), e os experimentos com radiação foram analisados sob delineamento inteiramente casualizado e utilizando-se os programas estatísticos StatPlus 2009 Professional e Assistat 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016). As médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). Os valores de mortalidade dos testes "*in vitro*" e em frutos de ambos os métodos quarentenários (hidrotérmico ou radiação gama) foram submetidos à análise de Probit, utilizando-se o programa Statplus 2009 professional (AnalystSoft) para estimar as mortalidades de 90% e 95%, e PoloPlus versão 0.03 (LEORA SOFTWARE, 1987; RUSSELL et al., 1977; HADDAD, 1998) para 99.9968% (Probit 9). Os resultados obtidos nos testes de qualidade físico-química dos frutos foram submetidos à comparação de médias entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$), utilizando-se o programa Assistat 7.7 (SILVA e AZEVEDO, 2016).

5. RESULTADOS e DISCUSSÃO

Na primeira etapa avaliou-se o padrão da variação de temperatura da água em função do tempo, no interior do equipamento de banho-maria. Após a aquisição dos dados, verificou-se que as temperaturas obtidas dentro do banho maria variam em $\pm 0,6$ °C. Os dados obtidos neste teste podem ser verificados na Figura 7.

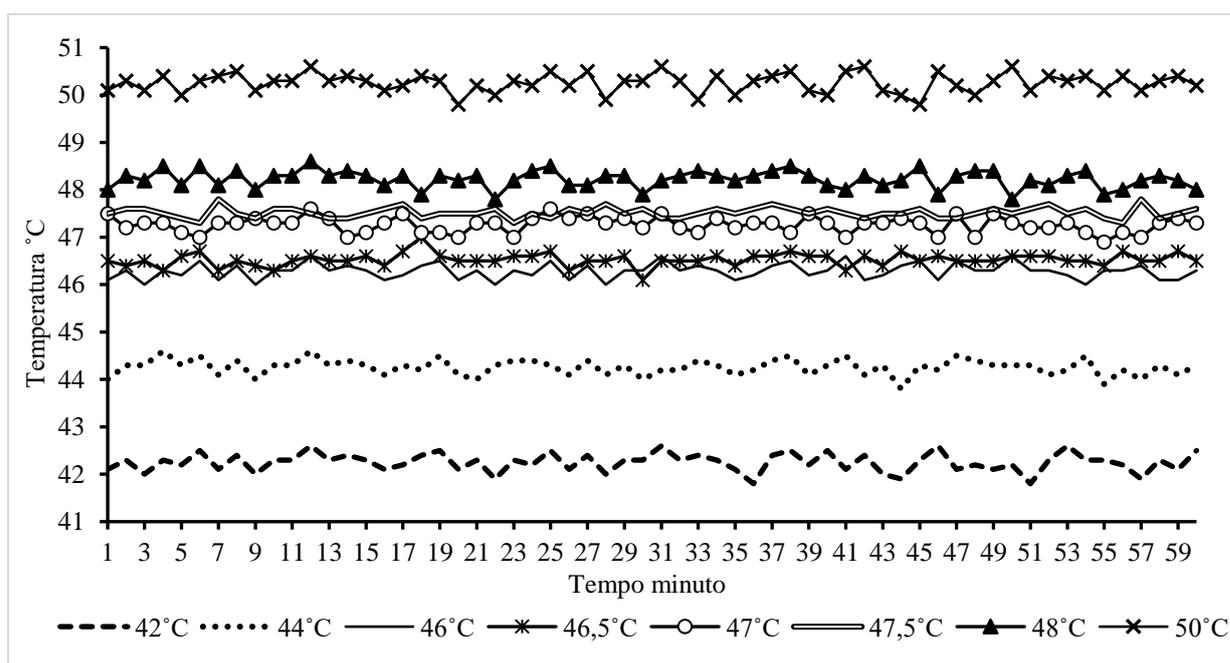


Figura 7. Temperatura verificada no aparelho de banho-maria Dubnoff, modelo 304 TPA, marca Nova Ética nas temperaturas predeterminadas nos tratamentos durante 60 minutos.

Mesmo com a utilização de um equipamento de banho-maria que utilize de tecnologia que lhe conferem maior precisão, observou-se uma variação de temperatura. Esta pode ser justificada pela variação da temperatura durante a agitação da água dentro do equipamento ou até mesmo, ser atribuída à falta de ajuste do equipamento, ou mesmo a característica intrínseca de desempenho deste (VIEIRA, 2011). Mesmo havendo ajuste na calibração do equipamento, verificou-se que a temperatura a ser alcançada é dependente da temperatura externa, ou seja, do ambiente, mas também varia em função do uso ou não de tampa (perda de calor) do banho-maria (PEREIRA et al., 2016).

5.1. Tratamento hidrotérmico

Para os tratamentos utilizando-se a tecnologia hidrotérmica, foram utilizados aproximadamente de 30.300 unidades de ovos e larvas de *A. grandis* entre as diferentes

modalidades de tratamentos empregadas neste estudo. A quantificação exata do número de ovos e larvas tratadas não foi possível durante a etapa do trabalho em que se avaliava a eficiência dos tratamentos envolvendo larvas e ovos no interior dos frutos. Devido ser impossível mensurar exatamente a quantidade de ovos inseridos pelas moscas no interior dos frutos no processo de infestação.

5.1.1. Tratamento hidrotérmico com ovos de *Anastrepha grandis* “*in vitro*”

Foram testados e tratados *in vitro*, 8.800 ovos de *A. grandis*. E, entre os tempos experimentados, estimou-se um total de 5.201 ovos mortos em função dos tratamentos hidrotérmicos com até 60 minutos de duração. A mortalidade de moscas-das-frutas (*C. capitata*) quando submetida a tratamentos térmicos também foi analisada por Mendonça et al. (2000), que verificou 169.755 larvas mortas oriundas de frutos infestados e tratados durante 90 min.

Quando F se aproxima, mas não atinge a significância, mesmo assim o Teste de Tukey poderá encontrar diferença significativa entre a maior e a menor média e também poderá ocorrer o inverso. Esse caso é previsto na literatura e também ocorre com outros testes de comparação. A tabela 1 exibe o quadro de análise do experimento fatorial realizados com os dados coletados durante o experimento hidrotérmico com ovos de *A. grandis*, onde se verifica que tanto o fator temperatura (F1), quanto o fator tempo de exposição (F2), demonstraram-se significativos ao nível de 1% de probabilidade.

Tabela 1. Resultados da análise de variância do experimento fatorial para ovos de *Anastrepha grandis* submetidos ao tratamento hidrotérmico *in vitro* em diferentes temperaturas e tempos (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição).

FV	GL	SQ	QM	F	
Temperatura (F1)	9	7629.031	847.670	1206.76	**
Tempo Exposição (F2)	3	100.163	33.388	47.531	**
Int. F1xF2	27	48.924	1.812	2.579	**
Tratamentos	39	7778.119	199.439	283.925	**
Resíduo	760	533.850	0.702		
Total	799	831.196.875			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$); ns não significativo ($p \geq 0.05$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

As mortalidades de ovos da MCSA observadas nos tratamentos controle (ausência de tratamento) foram menores que aqueles obtidos nas parcelas tratadas, alcançando 1,6 %; 1,4 %; 1,7 %; 2,1 %, correspondentes às testemunhas dos tempos de exposição de 10 minutos; 20 minutos; 30 minutos e 60 minutos, respectivamente (Tabela 2).

Tabela 2. Número médio de ovos mortos de *A. grandis* submetidos ao tratamento hidrotérmico *in vitro*. Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).

Temperatura (°C)	Tempo (min)			
	10	20	30	60
Controle	1,60 gA	1,40 hA	1,65 gA	2,05 fA
42	2,00 fgBC	1,90 ghC	2,60 fAB	2,85 fA
44	2,80 fB	2,60 gB	3,55 eA	3,75 eA
45	4,85 eA	3,75 fB	5,30 dA	5,25 dA
46	6,75 dA	5,75 eB	7,30 cA	7,25 cA
46,5	7,80 cB	7,30 dB	8,70 bA	8,60 bA
47	8,45 bcB	8,40 cB	9,40 abA	9,30 abA
47,5	9,20 abA	9,10 bcA	9,70 aA	9,75 aA
48	9,90 aA	9,90 abA	9,85 aA	9,95 aA
50	10,00 aA	10,00 aA	10,00 aA	10,00 aA

dms para colunas = 0,8384; dms para linhas = 0,6808. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Uma maior porcentagem de ovos mortos foi verificada quando a temperatura foi de $48 \pm 0,6$ °C por 10 min (99,90 %) e 60 min (99,95 %). Segundo Assis (2016), a mortalidade no tratamento hidrotérmico de *C. capitata*, consiste na elevação da temperatura da água até 46,1 °C por 75 minutos. Vieira (2011) observou que o aumento dos tempos de exposição em água quente conduziu a um acréscimo na porcentagem de ovos mortos de *C. capitata*, sendo que 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, ocorreu uma mortalidade observada de 100%. Tais informações sugerem que os ovos de *A. grandis* possuem uma maior tolerância à elevação da temperatura, o que sugere uma coevolução da mosca, onde muitas vezes os frutos hospedeiros ficam expostos ao sol por um longo período, expondo os insetos à elevação extrema da temperatura no interior dos frutos.

Houve diferença estatística entre as temperaturas avaliadas na mortalidade causada a ovos de *A. grandis*, com algumas similaridades entre elas. A maior porcentagem de ovos inviáveis foi encontrada a 50 °C.

Houve uma diminuição da temperatura estimada para obtenção dos diversos níveis de mortalidade (DL 50 – DL 99,9968) de acordo com o aumento do tempo de exposição de ovos de *A. grandis* em água quente.

O tratamento hidrotérmico caracterizado pelo tempo de 10 minutos, mostrou-se promissor, visto que sua diferença em relação aos outros tratamentos foi pequena, e neste caso, este tratamento apresentou que para a DL50, DL90 e DL95 temperaturas menores que as mesmas DLs no tempo de 20 minutos (Figura 8 e Tabela 2).

Esta informação pode ser determinante na escolha do tratamento mais adequado, sabendo-se que o tratamento pode interferir na qualidade final do produto (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

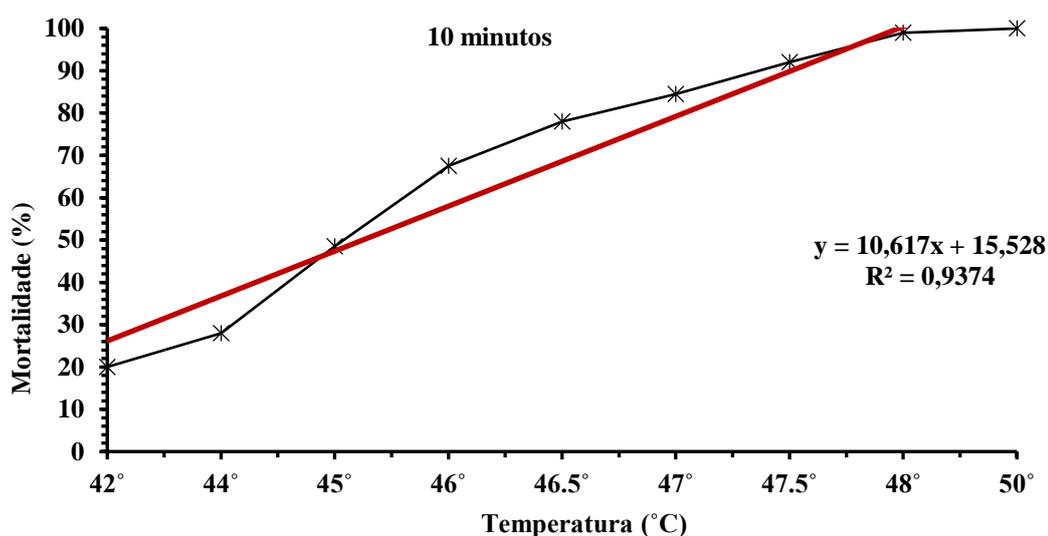


Figura 8. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de *Anastrepha grandis* *in vitro* submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 10 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.

As DL50 (45,39 °C), DL90 (49,56 °C) e DL95 (50,81 °C), determinadas para o tratamento de 20 minutos, foram as que necessitaram maiores temperaturas para se atingir tais parâmetros de mortalidade em relação aos demais tempos de exposição analisados.

No tempo de exposição de 20 min, o probit 9 foi estimado em 52,26°C, (Figura 9 e Tabela 2). Neste sentido, num tempo bem reduzido (5 min), Corcoran (1993) submeteu ovos de *Bactrocera tryoni* (Froggatt) ao tratamento hidrotérmico, e verificou mortalidade completa à 45 °C.

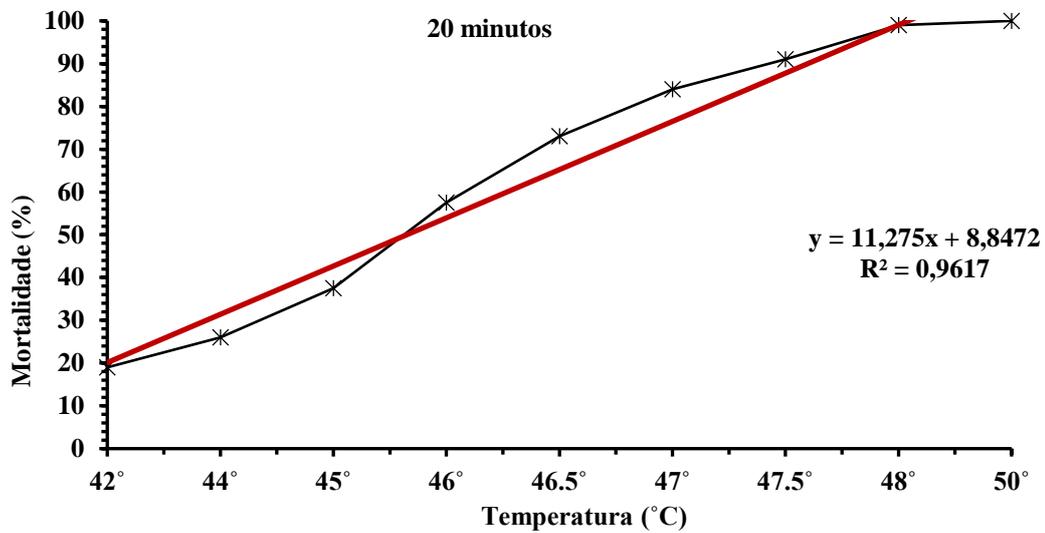


Figura 9. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de *Anastrepha grandis in vitro* submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 20 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.

O tratamento correspondente ao tempo de exposição de 30 minutos chama atenção ao verificar sua DL90, que exibiu ser necessário elevar a temperatura da água até 47,94 °C para atingir esse nível de mortalidade, o que difere dos outros tempos de exposição, que necessitaram uma maior elevação da temperatura para se atingir a mesma DL90 (Figura 10 e Tabela 2).

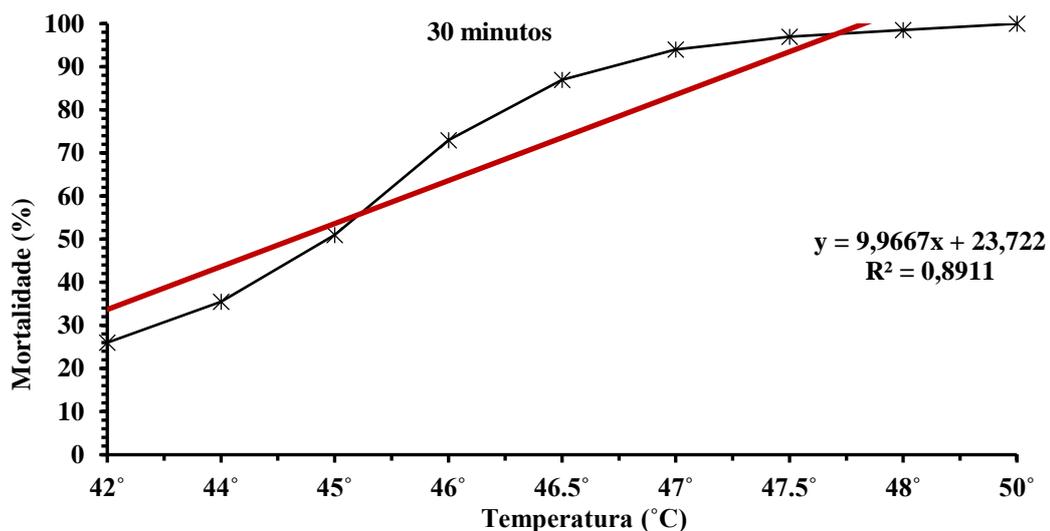


Figura 10. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de *Anastrepha grandis in vitro* submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 30 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.

O aumento, tanto da temperatura como do tempo de exposição, proporcionou aumento na inviabilidade de ovos (Figura 11; Tabela 2). O período embrionário pode ser um fator determinante da maior ou menor tolerância ao calor. Em experimento com ovos de *Bactrocera melantus* e *B. xanthodes* no início do período embrionário, foi analisado que são mais suscetíveis do que quando próximos à eclosão das larvas (WADELL et al., 1997). Sharp (1990) realizou o tratamento quarentenário para ovos de *A. suspensa* em ameixa, nectarina e pêssigo, a uma temperatura de 49,4 – 50 °C por um período de 5-25 minutos, observando 100% de inviabilidade de ovos em ameixas nos tempos maiores ou iguais a 15 minutos; para pêssigos a inviabilidade dos ovos foi de 99,77; sendo 99,98 % para o período de 20 minutos; e para nectarinas, em 15 e 20 minutos, a porcentagem de ovos inviáveis foi de 99,89 e 99,99 %, respectivamente.

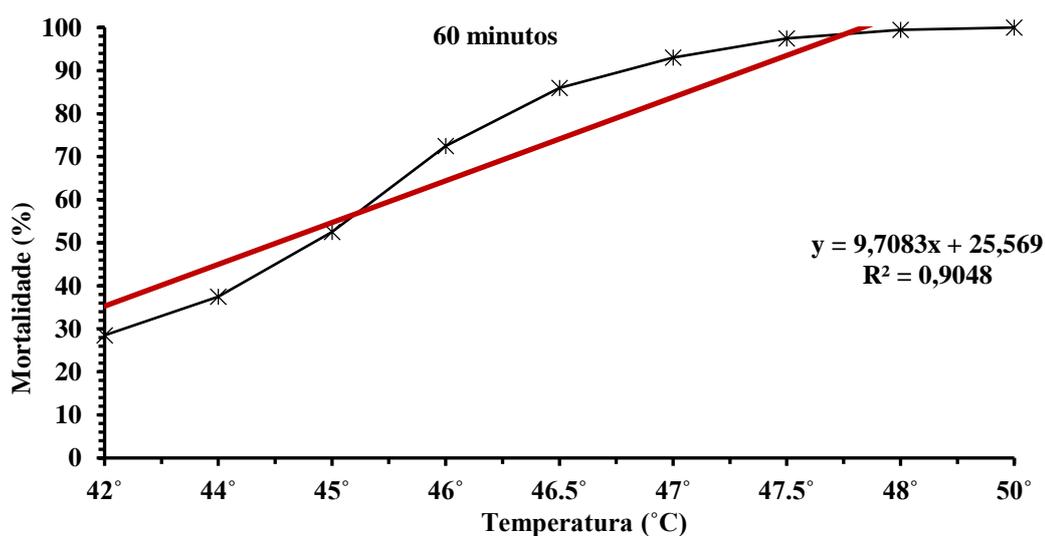


Figura 11. Mortalidade (dose °C / resposta %) de ovos de *Anastrepha grandis* “*in vitro*” submetidos ao tratamento hidrotérmico em banho-maria, com tempo de 60 minutos, sob efeito das temperaturas 42; 44; 46; 46,5; 47; 47,5; 48 e 50 °C. Laboratório de Entomologia Econômica, Campinas-SP.

Nascimento et al. (1992) tratando mangas em água quente nas temperaturas de 45,9 - 46,3 °C estimaram um tempo letal de 39,7 minutos para ovos de *A. fraterculus*; 65,7 minutos para *A. obliqua* e 59,4 minutos para ovos de *C. capitata*, períodos esses necessários para alcançar o índice Probit 9. No presente trabalho, os tempos estimados foram inferiores ao estudo elaborado por Dória (2006), que necessitou de 75 e 90 minutos à 48°C para se atingir tal parâmetro.

Os dados obtidos com a mortalidade de ovos submetidos ao tratamento hidrotérmico, possibilitaram realizar cálculos de probit em diferentes níveis de mortalidade (Tabela 3).

Tabela 3. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não eclosão de larvas, a partir de ovos de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico “*in vitro*” em diferentes tempos de imersão.

	Probit				
	p-level	10 min	20 min	30 min	60 min
	Temperatura estimada (°C)				
DL50	0,942	44,956	45,386	44,370	44,271
DL90	0,177	49,074	49,559	47,940	48,011
DL95	0,620	50,309	50,810	49,003	49,128
DL 99,9968 (Probit 9)	0,531	52,294	52,260	51,357	51,372

Os tempos de exposição e os parâmetros de temperaturas analisados no presente trabalho, permitem afirmar que a Mosca-das-cucurbitáceas-sul-americana exibe uma maior tolerância a elevação da temperatura, quando comparadas a outras espécies de Moscas-das-frutas (MDF), sendo que 100% da mortalidade de ovos verificada com 50 °C em todos os tempos de exposição. A exemplo de *C. capitata*, que sem dúvida possui um maior número de trabalhos publicados, provavelmente em função de sua importância econômica em escala mundial. De acordo com Departamento de Agricultura dos Estados Unidos, *C. capitata* necessita 46,0 °C durante 75–90 minutos, para a desinfestação de mangas (USDA-APHIS-PPQ, 1997). Vieira (2011), verificou que a mesma temperatura é necessária durante 20 minutos para goiabas infestadas com ovos.

Jang e Chan (1993), em estudos de cinética da morte térmica de moscas-das-frutas, determinaram que os insetos não seguiram a função denominada de logarítmica de morte, ocorrendo a morte em uma taxa constante. Essas discussões indicam que curvas de mortalidade com características não-lineares parecem mais apropriadas para descrever a mortalidade térmica em insetos.

A carência de trabalhos que tenham utilizado *A. grandis* em seus testes hidrotérmicos de mortalidade, dificulta a desenvoltura e o enriquecimento de informações para

se discutir melhor os resultados observados. Para isso, utilizaram-se trabalhos publicados com outras espécies de moscas-das-frutas.

Os dados adquiridos nesta etapa, foram importantes para a próxima sessão do trabalho, onde foram utilizados como parâmetros iniciais para os tratamentos de frutos infestados com *A. grandis*. Já que trabalhos de tratamentos pós-colheita dessa espécie inexistem.

5.1.2. Tratamento hidrotérmico com larvas de *Anastrepha grandis* “*in vitro*”

Para se avaliar as mortalidades de larvas de *A. grandis*, submetidas ao tratamento hidrotérmico, foram utilizadas 2200 larvas de terceiro instar para cada tempo utilizado nos tratamentos, totalizando 8800 larvas tratadas.

A tabela 4, a seguir exibe o quadro de análise do experimento fatorial realizados com os dados coletados durante o experimento hidrotérmico com larvas de *A. grandis* “*in vitro*”. Diferenças significativas ($p < 0,01$) foram obtidas entre as médias das variáveis de temperatura, tempo de exposição e a sua interação, demonstrando que esses fatores afetam a sobrevivência de adultos de *A. grandis*, quando larvas de terceiro instar são submetidas ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 4. Resultados da análise de variância do experimento fatorial para larvas de *Anastrepha grandis* “*in vitro*” submetidas ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas e tempos. (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição)

FV	GL	SQ	QM	F	
Temperatura (F1)	3	7772.795	777.279	1289.425	**
Tempo Exposição (F2)	10	222.049	74.016	122.785	**
Int. F1xF2	30	318.114	10.604	17.591	**
Tratamentos	43	8312.958	193.325	320.705	**
Resíduo	836	503.950	0.603		
Total	879	8816.908			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < 0.01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($0.01 \leq p < 0.05$); ns não significativo ($p \geq 0.05$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

O número de adultos emergidos a partir de larvas de *A. grandis* tratadas “*in vitro*” foi reduzido em todos as temperaturas quando comparadas com as parcelas controle, exceto nos tempos de 10 e 20 minutos a 42 °C (Tabela 5). Não foram obtidos adultos quando larvas de *A.*

grandis foram tratadas por 49 °C e 50 °C, ou 48 °C por 30 e 60 minutos. Da mesma forma, não se obteve adultos quando larvas de *A. grandis* foram submetidas às temperaturas de 47 °C e 47,5 °C por 60 minutos. Não houve diferença estatística entre o número médio de adultos, quando larvas de *A. grandis* foram tratadas entre 47,5 °C e 50 °C (Tabela 5).

Tabela 5. Número médio de adultos emergidos no experimento com larvas de *A. grandis* submetidas ao tratamento hidrotérmico "in vitro". Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).

Temperatura (°C)	Tempo (min)			
	10	20	30	60
Controle	8,15 aA	7,95 aA	8,10 aA	7,95 aA
42	7,90 aA	7,55 abAB	7,00 bBC	6,90 bC
44	6,50 bA	6,80 bA	4,30 cB	4,70 cB
45	5,80 bA	5,65 cA	1,65 dB	2,15 dB
46	3,15 cA	2,10 dB	0,80 eC	0,70 eC
46,5	2,05 dA	1,00 eB	0,25efC	0,25 eC
47	0,85 eA	0,60 efAB	0,10 efB	0,00 eB
47,5	0,25 efA	0,25 efA	0,05efA	0,00 eA
48	0,05 fA	0,05 fA	0,00 fA	0,00 eA
49	0,00 fA	0,00 fA	0,00 fA	0,00 eA
50	0,00 fA	0,00 fA	0,00 fA	0,00 eA

dms para colunas = 0,7903 dms para linhas = 0,6305 CV% = 10,40 - As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

A redução do número de adultos a partir de larvas tratadas "in vitro" por dez minutos foi mais acentuada a partir da temperatura de 45 °C, mantendo essa tendência até os 48 °C (Figura 12), onde foi verificado apenas um adulto emergido. As temperaturas de 49 e 50 °C testadas no tempo de 10 minutos apresentaram 100 % da mortalidade das larvas. Hallman (1994) obteve 100% de mortalidade para larvas de *A. suspensa* submetidas ao tratamento com água quente à temperatura de 43 °C por 50 minutos, sendo elas criadas e tratadas em dieta artificial.

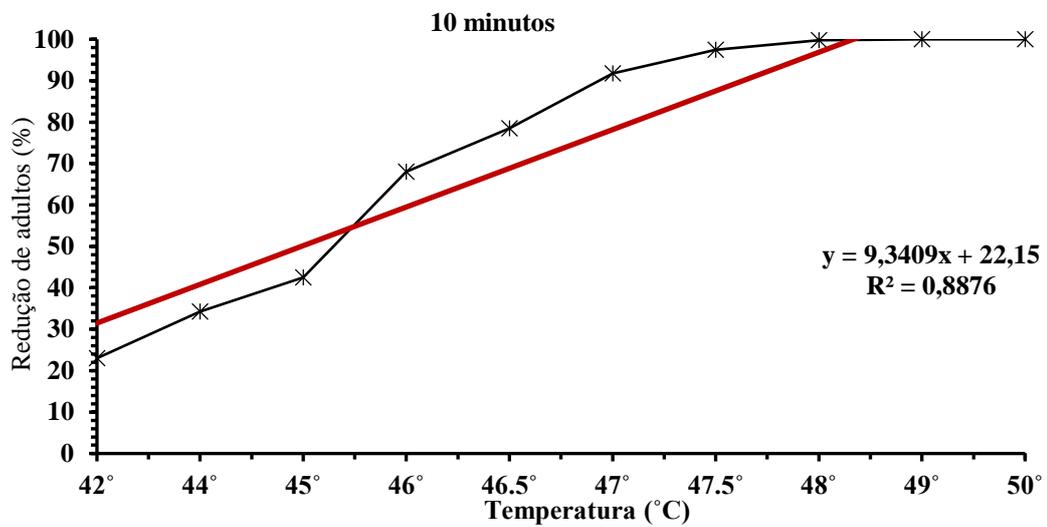


Figura 12. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de *A. grandis* submetidas ao tratamento hidrotérmico "in vitro" por 10 minutos em diferentes temperaturas.

O tempo de imersão de 20 minutos demonstrou uma acentuada redução do número de adultos da MCSA, sendo que de 45 °C para 46 °C, a taxa de redução quase dobrou, passando de 43,7 % para 79 % (Figura 13).

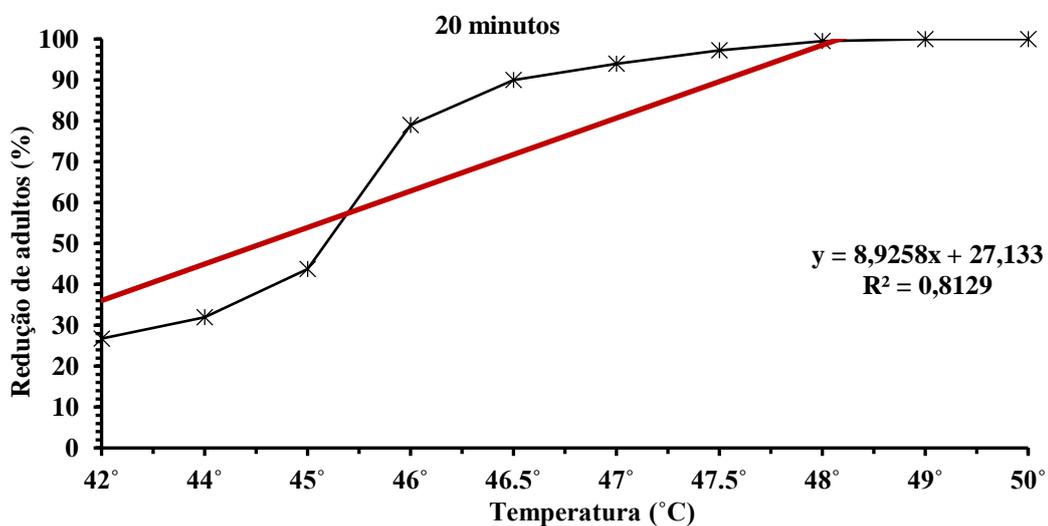


Figura 13. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de *A. grandis* submetidas ao tratamento hidrotérmico "in vitro" por 20 minutos em diferentes temperaturas.

Verificou-se que larvas de terceiro instar de *A. grandis* imersas por 30 minutos entre 42 e 45 °C tiveram uma diminuição acentuada do número de adultos, enquanto a 47,5 °C obteve-se somente um adulto dentre as 200 larvas verificadas, e, a partir de 48 °C, alcançou-se 100% da não emergência de adultos (Figura 14).

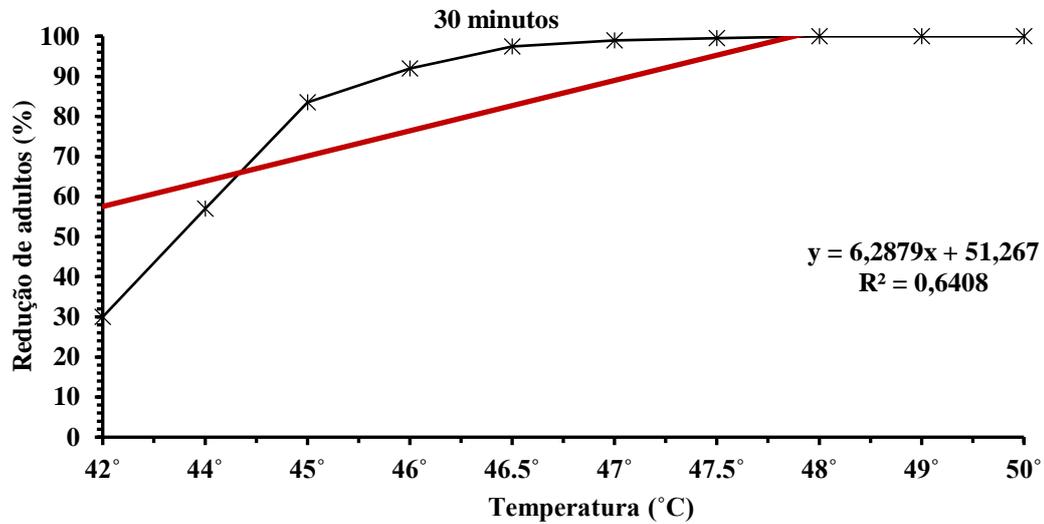


Figura 14. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de *A. grandis* submetidas ao tratamento hidrotérmico "in vitro" por 30 minutos em diferentes temperaturas.

Verificou-se que o tempo de 60 minutos de imersão necessitou de apenas 47 °C para se atingir o nível de não emergência de adultos (Figura 15). Por outro lado, as curvas obtidas para 30 e 60 minutos são muito semelhantes, indicando que o tratamento de larvas de *A. grandis* por 30 minutos seria suficiente para atingir o critério quarentenário de não emergência de adultos. Além disso, o tempo de exposição de 60 minutos em água quente, pode ser menos favorável para os frutos tratados, visto que necessita um tempo maior de imersão para se atingir resultados próximos ao observados aos 30 minutos de imersão.

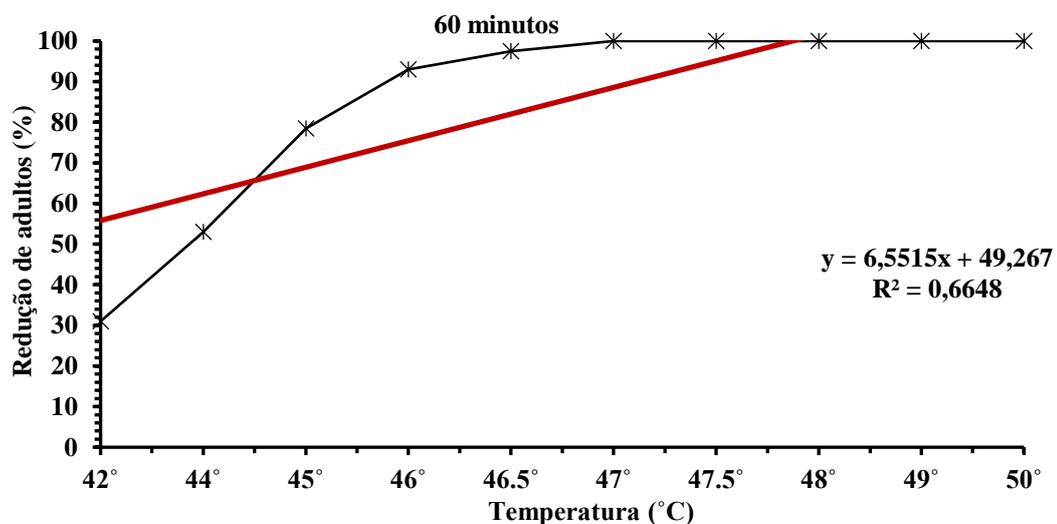


Figura 15. Redução percentual de adultos, a partir de larvas de *A. grandis* submetidas ao tratamento hidrotérmico "in vitro" por 60 minutos em diferentes temperaturas.

Sharp e Chew (1987) ao tratarem larvas de 1 - 2 dias de *A. suspensa* (em tubos de vidro) em água quente a temperatura de 46,1°C, estimaram em 4,4; 5,6; 5,9 e 6,6 minutos, os períodos de imersão necessários para obter 50, 90, 95 e 99 % de mortalidade larval.

Para as larvas tratadas *in vitro*, o tratamento hidrotérmico por 30 minutos mostrou-se mais promissor, visto que sua diferença em relação ao tratamento de 60 minutos foi insignificante.

Os resultados dos testes estatísticos de probit (Tabela 6) estimaram que para se atingir a mortalidade de *A. grandis*, medida na fase adulta e ao nível de probit 9, é necessária uma temperatura de 50,17 °C para larvas por 10 minutos ou 49,80 °C por 30 minutos. Hernández et al. (2012) estimaram em 5,27 minutos por 48 °C o Probit 9 de larvas de terceiro instar de *C. capitata* "*in vitro*", fato que demonstra que a maior termotolerância de *A. grandis* em diferentes temperaturas e tempos

Tabela 6. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de larvas de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico "*in vitro*" em diferentes tempos de imersão.

	Probit				
	p-level	10 min	20 min	30 min	60 min
	Temperatura estimada (°C)				
DL50	0,008	44,74	44,41	43,22	43,325
DL90	0,792	48,03	47,58	45,83	45,85
DL95	0,258	49,01	48,57	46,60	46,59
DL 99,9968 (Probit 9)	0.618	50.17	49.70	49.80	49.01

A viabilidade média do período larva-pupa de *A. grandis* observada nesta etapa do estudo foi de 80,37 %, avaliada nas parcelas controle dos tempos de 10, 20, 30 e 60 minutos. E, observou-se uma diminuição da temperatura estimada para obtenção dos diversos níveis de mortalidade (DL 50 – DL 99,9968) de acordo com o aumento do tempo de exposição de larvas de *A. grandis* em água quente.

5.1.3. Tratamento hidrotérmico com ovos de *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

O resultado da análise de variância do experimento fatorial do teste hidrotérmico com ovos de *A. grandis* em frutos de abóbora Atlas, obteve-se diferença significativa ($p < 0,01$) entre as médias de adultos emergidos em diferentes níveis de temperatura, e a interação. Não houve diferença significativa para o fator tempo de exposição (Tabela 7).

Tabela 7. Resultado da análise de variância do experimento fatorial para adultos emergidos, a partir de frutos de abóboras infestados com ovos de *Anastrepha grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas e tempos. (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição)

FV	GL	SQ	QM	F	
Temperatura (F1)	10	173894.528	17389.452	112.181	**
Tempo Exposição (F2)	3	1084.553	361.517	2.332	ns
Int. F1xF2	30	8535.289	284.509	1.835	**
Tratamentos	43	183514.372	4267.776	27.531	**
Resíduo	308	47743.625	155.011		
Total	851	231257.997			

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < .01$); * significativo ao nível de 5 % de probabilidade ($.01 \leq p < .05$); ns não significativo ($p \geq .05$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

As quantidades de adultos obtidas nas parcelas testemunha foram semelhantes àquelas do tratamento a 42 °C (Tabela 8). Não se obteve adultos, quando abóboras infestadas com ovos de *A. grandis* foram tratadas nas temperaturas de 49 °C e 50 °C em qualquer tempo de exposição, bem como quando submetidas a 48 °C por 20, 30 e 60 minutos em banho maria. Ao submeter frutos de diferentes cultivares de goiabas ao tratamento térmico, Dória, De Bortoli e Albergaria (2004) verificaram a inviabilidade dos ovos em 60,74; 70,03 e 76,75 % para o cultivar ‘Ogawa’ e 83,41; 87,50 e 90,16 % para o cultivar ‘Paluma’, para os tempos de exposição de 30, 60 e 90 minutos, respectivamente.

Quando frutos são submetidos ao tratamento hidrotérmico, parece que a influência sobre o desenvolvimento embrionário não é linear ao tempo de exposição, fato que pode ser atribuído a diferenças de termotolerância entre os indivíduos testados (Tabela 8).

Tabela 8. Número médio de adultos emergidos no experimento com abóboras infestadas com ovos de *A. grandis* e submetidas ao tratamento hidrotérmico. Fator 1 - Temperatura x Fator 2 - Tempo de exposição (AxB).

Temperatura (°C)	Tempo (min)			
	10	20	30	60
Controle	62,62 aA	62,62 aA	62,62 aA	62,62 aA
42	46,37 abA	45,62 abA	51,62 aA	58,50 aA
44	36,75 bcB	42,25 bcAB	57,50 aA	50,62 aAB
45	32,62 bcdA	37,25 bcdA	43,12 aA	15,75 bB
46	18,50 cdeAB	23,62 cdeA	20,37 bAB	6,50 bB
46,5	15,25 deAB	20,00 defA	5,25 bcAB	3,00 bB
47	5,37 eA	8,50 efA	2,12 bcA	0,37 bA
47,5	4,87 eA	5,87 efA	0,50 bcA	0,12 bA
48	1,37 eA	0,00 eA	0,00 eA	0,00 eA
49	0,00 eA	0,00 eA	0,00 eA	0,00 eA
50	0,00 eA	0,00 eA	0,00 eA	0,00 eA

dms para colunas = 20,1499 /dms para linhas = 16,0597. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Foi observado um decréscimo do número de adultos a medida em que se elevou a temperatura nos respectivos tempos de imersão dos frutos infestados com ovos de *A. grandis* (Tabela 8). A taxa de mortalidade de ovos da MCSA no tempo de 10 minutos, mostrou-se mais acentuada entre as temperaturas de 45 °C; 46 °C e 46,5 °C e 47 °C (Figura 16).

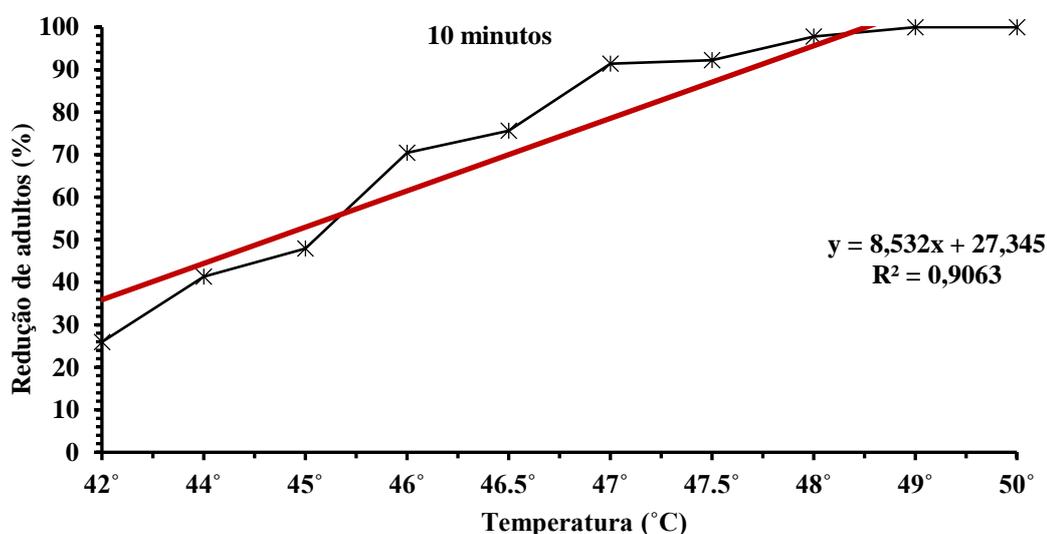


Figura 16. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 10 minutos em diferentes temperaturas.

Quando se avaliou o efeito da temperatura sobre a emergência de adultos oriundos de ovos tratados no interior de frutos no tempo de 20 minutos, percebe-se uma constância na diminuição da emergência de adultos em função do aumento da temperatura nesse tempo, ocorrendo um maior decréscimo no entre as temperaturas de 45 °C – 47 °C (Figura 17). Sharp (1990) avaliou o tratamento com água quente, visando ao controle de ovos de *Anastrepha suspensa* Loew em ameixa, nectarina e pêssigo, utilizando temperatura de 49,4 °C a 50 °C, por um período de 5 a 25 minutos. O autor observou que o tratamento reduziu o número de ovos viáveis quando comparado com a testemunha.

Dória, De Bortoli e Albergaria (2004), ao tratarem goiabas com ovos de *C. capitata* em água quente a 46 °C, encontraram valores próximos ao do presente estudo (97,65 %).

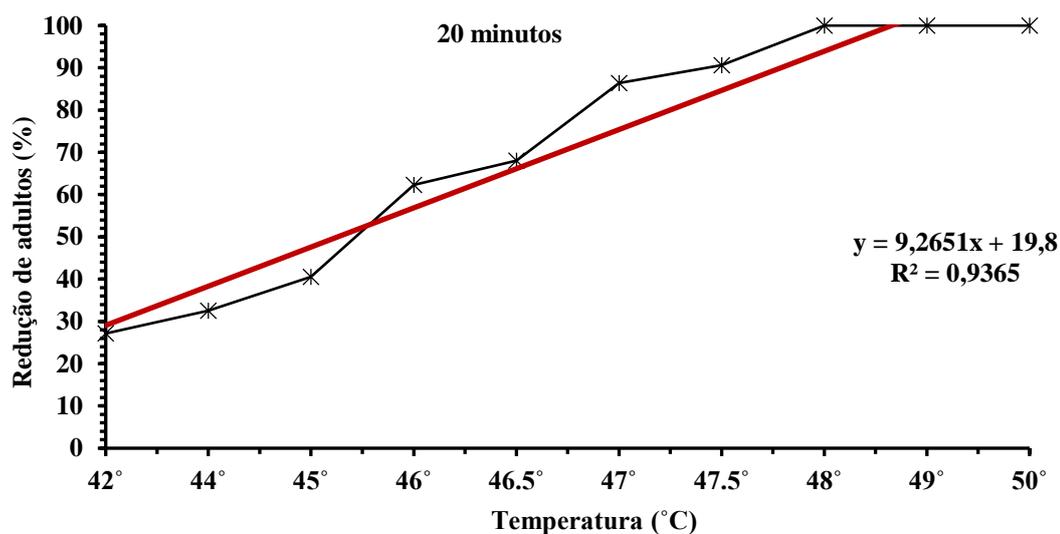


Figura 17. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 20 minutos em diferentes temperaturas.

A dose de 44 °C foi menos eficiente na redução do número de adultos que a dose de 42 °C, quando abóboras infestadas com ovos de *A. grandis* foram dispostas por 30 minutos em banho maria (Figura 18), embora a partir de 45 °C, a mortalidade observada tenha sido crescente em função do aumento da temperatura. A redução do número de adultos foi mais acentuada quando os frutos infestados foram tratados entre 45 °C e 46 °C. No tempo de exposição de 60 minutos, o maior incremento na taxa redução do número de adultos ocorreu quando os frutos foram imersos a temperaturas entre 44 °C e 45 °C (Figura 19).

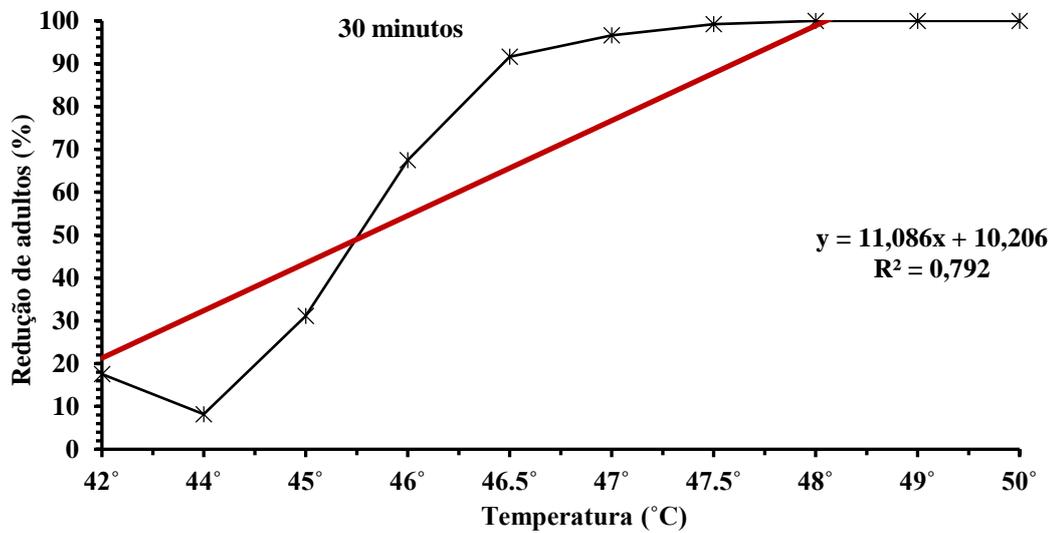


Figura 18. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 30 minutos em diferentes temperaturas.

Jang e Chan (1993), em estudos de cinética da morte térmica de moscas-das-frutas, determinaram que os insetos não seguiram a função denominada de logarítmica de morte, ocorrendo a morte em uma taxa constante. Essas discussões indicam que curvas de mortalidade com características não-lineares parecem mais apropriadas para descrever a mortalidade térmica em insetos.

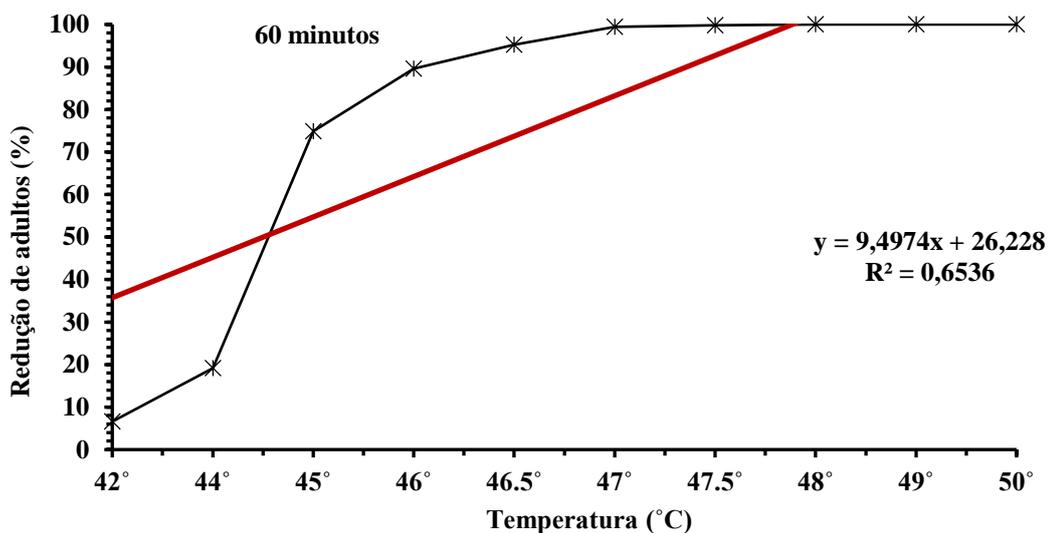


Figura 19. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com ovos de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 60 minutos em diferentes temperaturas

Neven e Rehfield-Ray (2006) submetem frutos de cerejeira ocidental (*Prunus avium* (L.) infestados com *Rhagoletis indifferens* (Curran) a ar quente forçado nas temperaturas de 45 °C por 45 minutos e 47 °C por 15 minutos, sob atmosfera controlada e obtiveram 100 %

de mortalidade. Em estudo com caqui variedade Fuyu, Lee et al., (2010) concluíram que o tratamento quarentenário utilizando água quente a 48 °C por 10 minutos, foi o melhor tratamento, visto que não deteriorou a qualidade dos frutos tratados.

Os dados extraídos da emergência dos adultos de *A. grandis* possibilitaram a realização de cálculos estatísticos de probit que estão apresentados na tabela 9.

Tabela 9. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de frutos de abóbora Atlas infestados com ovos de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes tempos de imersão.

	Probit				
	p-level	10 min	20 min	30 min	60 min
	Temperatura estimada (°C)				
DL50	0,295	44,32	44,93	45,14	44,43
DL90	0,363	47,37	49,01	47,55	46,25
DL95	0,536	48,28	50,23	48,26	46,77
DL99,9968 (Probit 9)	0,271	54,55	55,00	51,55	49,49

A menor dose estimada para o Probit 9, sob o critério de não emergência de adultos, ocorreu quando frutos de abóbora infestados com ovos de *A. grandis* foram tratados com 60 minutos (49,49 °C). Verificou-se que o critério de não obrigatoriedade da mortalidade na fase *in situ* em que o inseto foi tratado, propicia uma diminuição da taxa de dose requerida ao nível de Probit 9, ao tratar-se abóboras infestadas com ovos de *A. grandis* (Tabela 9), mesmo podendo ocorrer atenuação do efeito da dose por parte do fruto.

ALBERGARIA et al, (2007) verificaram a mortalidade de 60 % e 93 % de ovos de *C. capitata* em laranjas Valência, tratadas com 44 °C e 46 °C, respectivamente. Nascimento et al. (1992) tratando mangas em água quente à temperatura de 45,9 °C - 46,3 °C estimaram um tempo letal de 39,7 minutos para ovos de *A. fraterculus*; 65,7 minutos para *A. obliqua* e 59,4 minutos para ovos de *C. capitata*, períodos esses necessários para alcançar a mortalidade em nível de Probit 9.

5.1.4. Tratamento hidrotérmico com larvas *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

Para os testes envolvendo larvas da MCSA, foram utilizadas 352 abóboras Atlas. A tabela 10 exibe o quadro de análise do experimento fatorial realizados com os dados coletados durante o experimento hidrotérmico com frutos infestados com larvas de *A. grandis*. Diferenças significativas ($p < 0,01$) foram obtidas entre as médias das variáveis temperatura, tempo de exposição e a sua interação, demonstrando que esses fatores afetam a sobrevivência de adultos de *A. grandis*, quando abóboras infestadas com larvas de terceiro instar são submetidas ao tratamento hidrotérmico.

Tabela 10. Resultado da análise de variância do experimento fatorial, para adultos emergidos a partir de frutos infestados com larvas de *Anastrepha grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas e tempos de exposição. (Fator 1 = Temperatura, Fator 2 = Tempo de exposição)

FV	GL	SQ	QM	F	
Temperatura (F1)	10	137613,829	13761,382	163,894	**
Tempo Exposição (F2)	3	6485,181	2161,727	25,745	**
Int. F1xF2	30	11103,693	370,123	4,408	**
Tratamentos	43	155202,704	3609,365	42,986	**
Resíduo	308	155202,704	83,965		
Total	351	181063,954			

** significativo ao nível de 1% de probabilidade ($p < ,01$); * significativo ao nível de 5% de probabilidade ($,01 =< p < ,05$); ns não significativo ($p >= ,05$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

As quantidades de adultos obtidas nas parcelas testemunha foram semelhantes àquelas obtidas no tratamento a 42 °C, quando abóboras infestadas com larvas de terceiro instar de *A. grandis* foram imersas por 10 e 20 minutos em banho maria (Tabela 11). Não se obteve adultos quando abóboras infestadas com ovos de *A. grandis* foram tratadas em banho maria nas temperaturas de 49 °C e 50 °C em qualquer tempo de exposição, bem como quando submetidas a 48 °C por 20, 30 e 60 minutos e 47,5 °C por 30 e 60 minutos. Esse fato demonstra que as larvas de *A. grandis* foram mais sensíveis ao tratamento hidrotérmico que ovos da mesma espécie em abóboras. Em cada tempo de exposição ao tratamento hidrotérmico de abóboras infestadas por larvas de *A. grandis* observou-se uma diminuição da sobrevivência da MCSA em função do aumento da temperatura (Tabela 11). Entre 45 °C e 50 °C não houve diferença no

número de adultos obtidos quando os frutos foram imersos por 10 ou 20 minutos. Efeito semelhante ocorreu quando abóboras foram tratadas com temperaturas entre 45 °C e 46,5 °C por 30 e 60 minutos. Dória, De Bortoli e Albergaria (2004) verificaram mortalidades de 74,58; 83,33; 97,83 % de larvas de *C. capitata* em goiabas tratadas com água quente a 42; 44 e 46 °C, respectivamente.

Tabela 11. Número médio de adultos emergidos no experimento com abóboras infestadas com larvas de *A. grandis* e submetidas ao tratamento hidrotérmico. Fator 1 - Temperatura x Fator 2 – Tempo de exposição (AxB).

Temperatura (°C)	Tempo (min)			
	10	20	30	60
Controle	58,75 aA	58,75 aA	58,75 aA	58,75 aA
42	54,12 aA	48,50 aAB	40,25 bB	41,62 bB
44	54,37 aA	28,50 bB	8,87 cC	33,25 bB
45	26,75 bA	29,12 bA	6,25 cB	2,50 cB
46	18,37 bcA	17,50 bcA	1,62 cB	0,62 cB
46,5	13,75 bcdA	9,25 cdAB	0,25 cB	0,12 cB
47	7,37 cdA	1,37 dA	0,12 cA	0,00 dA
47,5	2,37 dA	0,37 dA	0,00 dA	0,00 dA
48	0,25 dA	0,00 dA	0,00 dA	0,00 dA
49	0,00 dA	0,00 dA	0,00 dA	0,00 dA
50	0,00 dA	0,00 dA	0,00 dA	0,00 dA

dms para colunas = 14,8300 / Classific. c/letras minúsculas; dms para linhas = 11,8197 / Classific.c/letras maiúsculas. As médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Embora não houvesse diferença estatística, a imersão de abóboras a 44 °C por 10 minutos em banho maria produziu três adultos menos que 42 °C a 10 minutos (figura 20).

Corcoran, Heather e Heard (1993) ao estudarem as mortalidades de diferentes estágios de desenvolvimento de *Bactrocera cucumis* presentes em frutos de abobrinha “Zucchini” quando submetidas ao tratamento com água quente a 45 °C por 5 minutos, verificaram a mortalidade de 100 % das larvas de terceiro instar, enquanto os ovos de 22 dias de vida da mesma espécie apresentaram somente 32 % de mortalidade. Resultados similares foram observados neste trabalho, em que larvas da MCSA em frutos de abóboras exibiram ser menos tolerantes a elevação da temperatura que os ovos da mesma espécie em frutos.

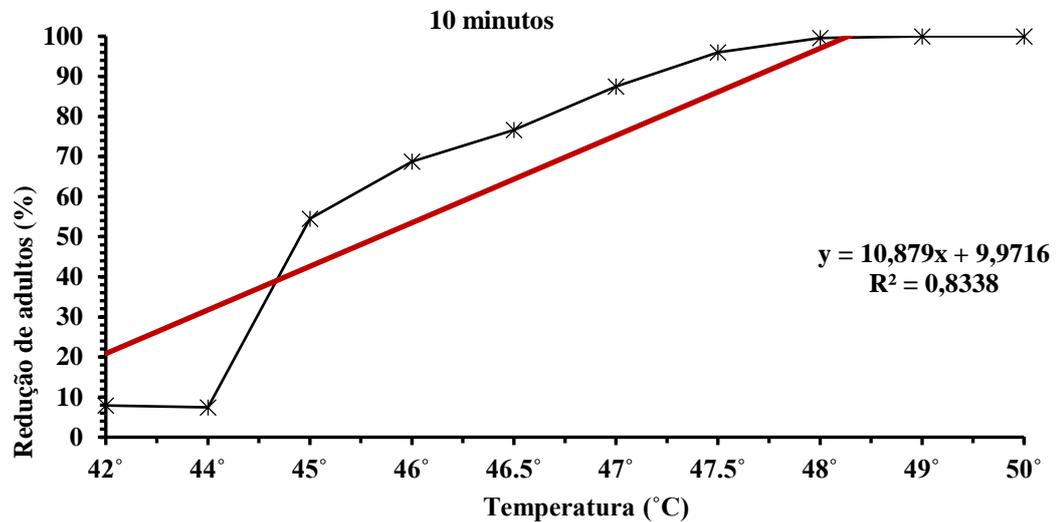


Figura 20. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 10 minutos em diferentes temperaturas

Os insetos se alimentam e reproduzem em uma ampla variação de temperaturas, mas o fazem com diferentes níveis de sucesso (DENLINGER e YOCUM, 1998). Para *A. grandis*, observa-se que a tolerância dessa espécie tende a diminuir acentuadamente entre 45 °C e 47 °C a 20 minutos (Figura 21).

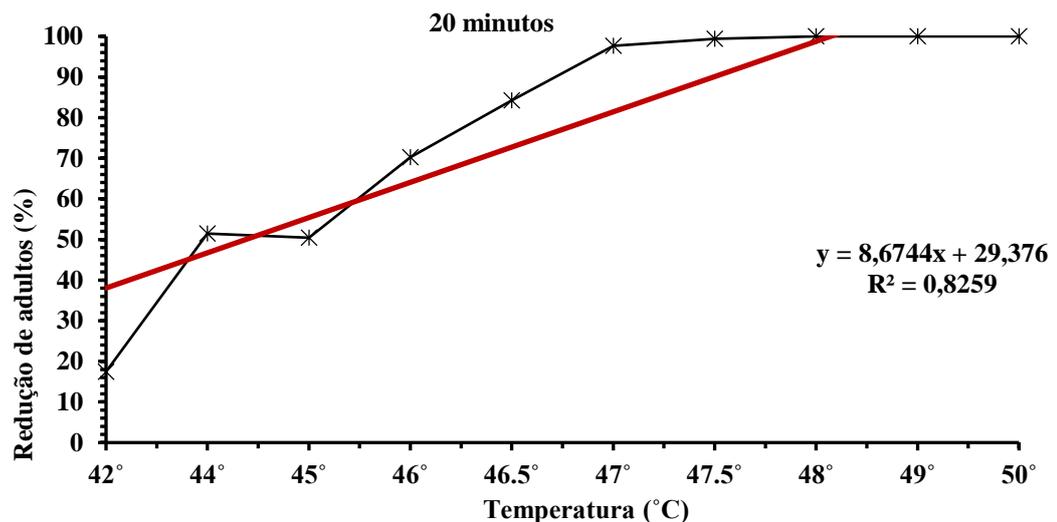


Figura 21. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 20 minutos em diferentes temperaturas

O tempo de imersão de 30 minutos exibiu ser uma boa alternativa aos tratamentos, uma vez que não apresentou grandes diferenças em relação aos mesmos

tratamentos em tempos distintos (Figura 22). Gould e Sharp (1992) para obterem a mortalidade de 99,9968 % (Probit 9), estimaram um tempo letal de 32,7 minutos para larvas de terceiro ínstar de *A. suspensa* em frutos de goiabas imersos em água quente à temperatura de 46,1 °C. Ainda em estudos com *A. suspensa*, Hallman (1996), verificou que larvas imersas em suco de ‘grapefruit’ e tratadas em água quente por 28,1 minutos a uma temperatura entre 43,0 e 43,5 °C provocou uma mortalidade larval de 95 %.

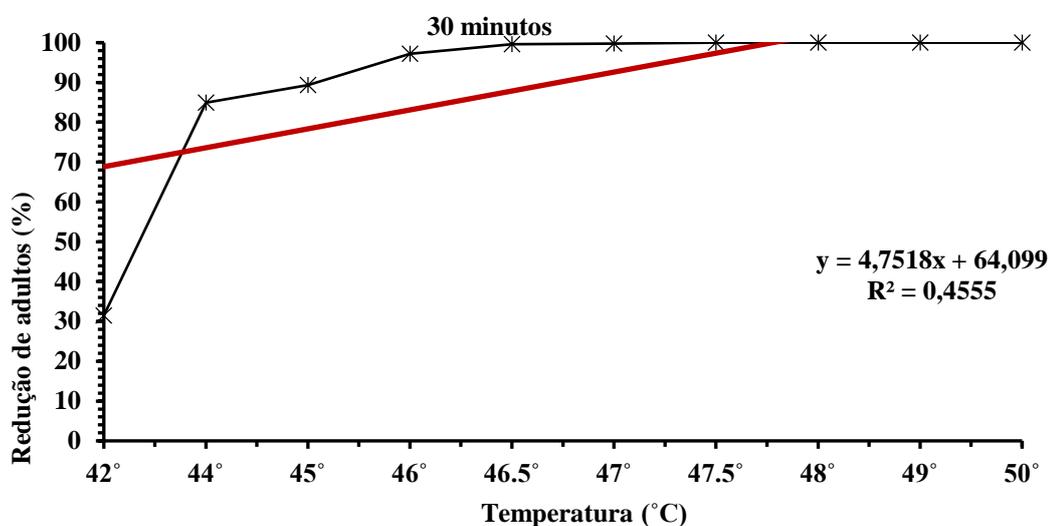


Figura 22. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 30 minutos em diferentes temperaturas

Paras as todas as doses de probit estimadas (DL50, DL90, DL95 e DL99,9968) observou que para o tempo de 60 minutos foram necessárias maiores temperaturas para se atingir as mesmas DLs que no tempo de 30 minutos (Tabela 12 e Figura 23). Lurie et al. (2004), tratando em vapor quente laranjas ‘Oroblanco’ infestadas com larvas de primeiro ínstar de *C. capitata*, verificaram que o tempo de 60 minutos foi suficiente para causar 100 % de mortalidade à 44 °C.

Os resultados verificados na análise dos dados obtidos com larvas em frutos, sugerem que o tratamento dos frutos de abóboras por 30 minutos foi mais eficiente, o que possibilita afirmar que este tempo de imersão é o mais adequado para a desinfestação de *A. grandis* em frutos de abóboras Atlas.

Na tabela 12 é possível observar as estimativas das análises de Probit realizadas para os dados obtidos nas avaliações dos efeitos do tratamento hidrotérmico sobre abóboras infestadas com larvas de *A. grandis*. O maior valor de Probit 9 foi estimado para o tempo de 20 minutos (52,53 °C) e o menor valor estimado foi para o tempo de 30 minutos (49,32 °C).

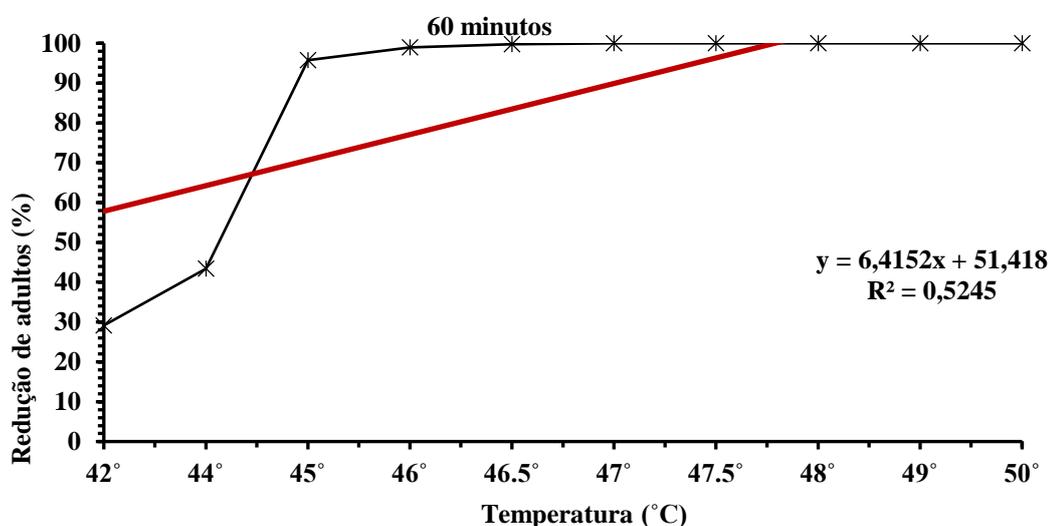


Figura 23. Redução percentual de adultos, a partir de frutos infestados com larvas de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico por 60 minutos em diferentes temperaturas.

As DL50 (45,51 °C), DL90 (47,12 °C) e DL95 (47,71 °C), determinadas para o tratamento de 10 minutos, ocorrem como o esperado, sendo as maiores doses previstas para menores tempos de imersão, e, portanto, foram as que necessitaram maiores temperaturas para se atingir tais parâmetros de mortalidade em relação aos demais tempos de exposição analisados. De modo geral, os valores de Probit estimados no tratamento de frutos infestados com larvas foram menores do que aqueles estimados para frutos infestados com ovos de *A. grandis*.

Tabela 12. Estimativa da temperatura da dose letal (DL50, DL90, DL95, DL99,9968) para não emergência de adultos, a partir de frutos de abóbora Atlas infestados com larvas de *A. grandis* e submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes tempos de imersão.

	Probit				
	p-level	10 min	20 min	30 min	60 min
	Temperatura estimada (°C)				
DL50	0,942	45,51	44,23	42,69	43,26
DL90	0,177	47,12	46,74	44,71	45,12
DL95	0,620	47,71	47,47	45,30	45,67
DL 99,9968 (Probit 9)	0,327	51,64	52,53	49,32	49,34

5.2. Qualidade dos frutos pós-tratamento hidrotérmico

Para os testes de qualidade dos frutos após os tratamentos, foram selecionadas as temperaturas mais viáveis na desinfestação de frutos de abóboras com *A. grandis*. Empregou-se 15 frutos por temperatura, sendo assim, utilizados 60 frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico.

Não foi aplicado o teste de comparação de médias por que o valor de F de interação temperatura versus tempo de exposição não foi significativo. As médias obtidas entre os diferentes tempos de imersão não apresentaram diferença estatística significativa.

Nenhuma temperatura utilizada no tratamento térmico de abóboras provocou mudanças significativas nos valores de pH, acidez e Brix (°) em relação à testemunha. Diferenças de pH foram detectadas entre as abóboras tratadas com 46 °C e 48 °C, bem como a acidez entre 47 °C e 48 °C (Tabela 13).

Tabela 13. Médias observadas de pH, acidez e brix em frutos de abóboras submetidos ao tratamento hidrotérmico em diferentes temperaturas nos tempos de 10, 20, 30 e 60 minutos.

Temperatura	pH	Acidez	Brix (°)
Controle	6,613 ab	9,658 ab	6,700 a
46,0 °C	6,733 a	9,537 ab	6,958 a
47,0 °C	6,621 ab	7,394 b	5,917 a
48,0 °C	6,474 b	11,178 a	7,142 a
50,0 °C	6,587 ab	10,058 ab	6,750 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($P > 0,05$)

A coloração dos frutos submetidos ao tratamento hidrotérmico nas temperaturas de 48 °C, 49 °C e 50 °C apresentaram alteração em relação aos frutos da parcela testemunha (Tabela 14), sendo que a temperatura de 46 °C não apresentou alteração significativa.

A coloração dos frutos torna-se cada vez mais importante, à medida que elas são exportadas, expostas e vendidas em supermercados, feiras, varejões, etc. As modificações na coloração correspondem aos principais critérios de julgamento para identificação do amadurecimento dos frutos, devido à degradação de alguns pigmentos e formação de outros, como clorofila, carotenoides e antocianinas (CHITARRA e CHITARRA, 2005).

Pesquisadores vem realizando trabalhos com outros frutos da família Cucurbitaceae e chegaram à conclusão que a imersão de melão Gália minimamente processado em água quente por 90 e 120 s, seguida da imersão em solução de ácido peracético, reduziu a atividade metabólica (taxa respiratória e emissão de etileno) e manteve a firmeza da polpa e controlou o crescimento microbiano, sem afetar a qualidade sensorial, até 10 dias após o tratamento (SILVEIRA et al., 2011).

Sabendo-se que frutos de melão possuem mais água e conseqüentemente mais susceptíveis ao aquecimento, tais resultados corroboram com os observados neste trabalho, onde a qualidade de abóboras após os tratamentos, embora apresentem diferenças entre os frutos tratados e o controle, podem ser consideradas normais, em função da variação natural observada nos frutos de abóboras. Frutos de manga do cultivar “Tommy” quando tratados com vapor quente, não mostraram danos nos frutos, quando submetidos por 10 a 90 minutos em temperatura de até 47 °C, sendo a temperatura no centro do fruto de 46 °C. Nas avaliações 10 dias após o tratamento, os frutos apresentavam boa aparência, maturação normal e sem alteração de sabor (CÓRDOBA e SOTO, 1999).

Tabela 14. Médias observadas para textura e coloração de abóboras Atlas submetidas aos tratamentos hidrotérmicos em diferentes temperaturas nos tempos de 10, 20, 30 e 60 minutos.

Temperatura (°C)	Textura (N)	Coloração (L*a*b*)
Controle	13,507 a	37,723 a
46 °C	13,791 a	36,699 ab
47 °C	12,444 b	35,837 b
48 °C	14,249 a	36,004 b
50 °C	13,787 a	35,801 b

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

Os tratamentos hidrotérmicos mostraram-se viáveis, uma vez que se mostraram eficientes na desinfestação de abóboras infestadas com ovos e larvas de *A. grandis*. Além disso, os testes das qualidades físico-químicas dos frutos não indicaram alterações significativas na qualidade dos mesmos em relação aos frutos não tratados em água quente. Outra vantagem do tratamento hidrotérmico é o baixo custo para execução dos tratamentos.

Em testes hidrotérmicos com caqui, os pesquisadores verificaram que além de proporcionarem a desinfestação de pragas, esses tratamentos também reduziram a incidência e gravidade da lesão de arrefecimento observada em frutos após o armazenamento a frio, em relação à encontrada nos controles, sugerindo que o tratamento com água quente mostra potenciais tanto a desinfestação como para a manutenção da qualidade da fruta (LAY-YEE et al., 1997).

5.3. Tratamentos com Radiação Gama (^{60}Co)

Para avaliação do emprego de radiação de cobalto-60 na desinfestação de abóboras, foram utilizadas aproximadamente 10.000 unidades de ovos e larvas de *A. grandis* entre as diferentes modalidades de tratamento empregadas neste estudo. A taxa de dose apresentada pelo equipamento irradiador de cobalto-60 durante os experimentos foi de 0,773 kGy/h.

5.3.1. Tratamento com radiação gama em ovos de *Anastrepha grandis* "in vitro"

Foram tratados *in vitro*, aproximadamente 2.000 ovos de *A. grandis*, correspondentes ao desenvolvimento de procedimentos para tratamento quarentenário utilizando irradiação gama (γ) para essa espécie de mosca-das-frutas. A mortalidade de ovos de *A. grandis*, foi estimada a partir do número de ovos cujas larvas não eclodiram. Resultados do quadro de análise está expresso na tabela 15.

Tabela 15. Resultado da análise de variância para mortalidade de ovos de *A. grandis* submetidos ao tratamento com radiação gama "in vitro".

FV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	8	1267,878	158,485	224,997	**
Resíduo	171	120,450	0,704		
Total	179	1388,328			

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

Foi verificada a viabilidade média de 73 % dos ovos de *A. grandis* a partir dos grupos de controle, com idade entre 24 e 48 horas. Na carência sobre informações acerca da

viabilidade dos ovos da MCSA, comparou-se a viabilidade de ovos de *A. fraterculus*, que no trabalho de Costa et al. (2016) verificaram a viabilidade próxima de 84.9 %. Houve um aumento da mortalidade de ovos em função do aumento da dose de radiação gama. Não se obteve eclosão de larvas de *A. grandis*, quando larvas foram irradiadas com 20,0 Gy (Tabela 16). Ovos de *A. grandis* submetidos a 2,0 Gy não apresentaram alteração significativa nos valores de eclosão em relação à testemunha, sendo observado efeito significativo do processo de irradiação a partir de 4,0 Gy. De forma semelhante, ovos de *Bactrocera tryoni* (Froggatt) tratados com 20 Gy não apresentaram eclosão de larvas (MACFARLANE, 1966). Ovos de *C. capitata* irradiados com 4 h de idade são mais radiossensíveis do que os ovos mais velhos, nessa idade, sendo que doses superiores a 20 Gy são suficientes para evitar o pupamento e emergência de adultos (RAHMAN et al., 1990). Segundo Bakri et al. (2005) é esperado que os ovos de insetos sejam uma das etapas mais sensíveis à irradiação, particularmente na fase inicial.

Tabela 16. Número médio de ovos mortos de *A. grandis* após o tratamento de radiação γ (^{60}Co) "in vitro".

Gy	Número de ovos mortos	
0,0	2,70	g
2,0	2,95	fg
4,0	3,65	ef
6,0	4,20	e
8,0	5,50	d
10,0	6,70	c
12,0	8,10	b
16,0	9,65	a
20,0	10,00	a

dms = 0,834/ MG = 5,939/ CV% = 14,13. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

Os dados obtidos com a mortalidade e sobrevivência dos ovos submetidos ao tratamento com irradiação, possibilitaram realizar cálculos de probit em diferentes níveis de mortalidade (Tabela 17). A dose requerida para se induzir a mortalidade de 99% (DL 99) dos ovos da MCSA, foi estimado em 49,9 Gy. Evidenciando que os ovos dessa espécie de mosca possuem maior sensibilidade a irradiação, quando comparada aos ovos de *A. fraterculus* irradiados, que exigem 53,7 Gy para se atingir a DL99. Mansour e Franz (1996), ao irradiarem ovos de 48 horas de *C. capitata* em dieta artificial, obtiveram na dose de 160 Gy, 25 % de

inviáveis. Esses autores relatam que ovos no início do período embrionário e com até 24 horas de idade são mais sensíveis a radiação.

Tabela 17. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais (DL50, DL90, DL95, DL99) para ovos de *Anastrepha grandis* submetidos ao tratamento por radiação gama "in vitro".

DL (%)	Probit (Y)	p-level	Dose Gy (Estímulo)	Erro-padrão
50	5	0,323	5,23	0,967
90	6,2817	0,323	18,12	5,502
95	6,6452	0,323	25,78	10,214
99	7,3268	0,323	49,92	29,478
99,9968	9	0,323	53,79	1,035

Os ovos submetidos aos testes provaram que são muito sensíveis à radiação, e a eclosão de larvas diminuiu significativamente à medida que as doses de irradiação foram aumentadas. A radiosensibilidade de ovos de *A. grandis* aumenta com o incremento da dose de radiação (Figura 24). No entanto, para alcançar o Probit 9 é necessária uma dose de radiação gama aproximadamente dez vezes maior que aquela para matar 50 % dos ovos (Tabela 17). As doses utilizadas para inibir a emergência de adultos são baixas e têm um efeito fisiológico lento sobre o desenvolvimento do inseto, por isso algumas larvas irradiadas são capazes de empupar, mas, em função da dose aplicada, a porcentagem de emergência de adultos é praticamente nula (BUSTOS et al., 2004).

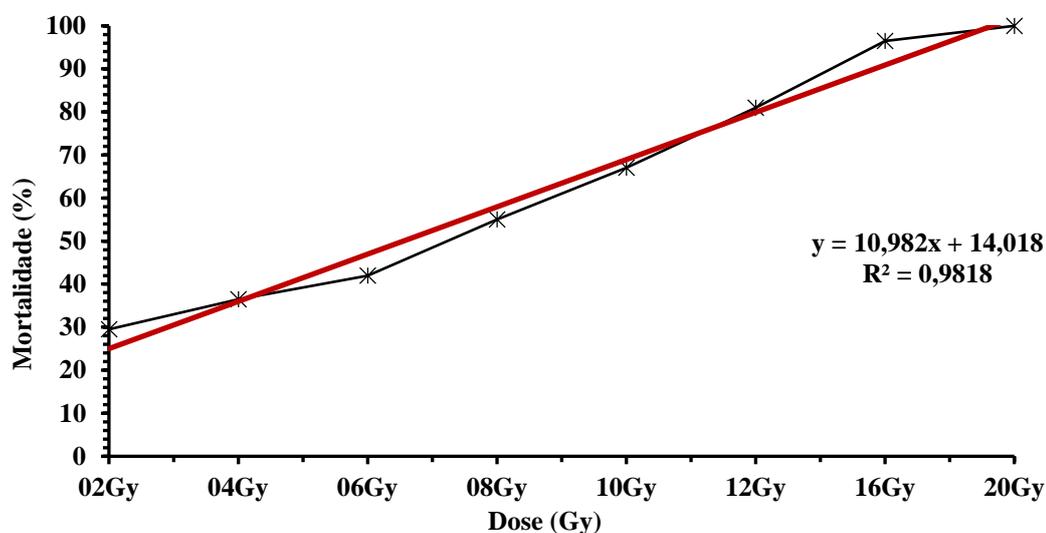


Figura 24. Mortalidade (dose Gy / resposta %) de ovos de *Anastrepha grandis* submetidos ao tratamento com radiação gama "in vitro".

Selivon, Morgante e Perondini (1997), observaram quatro estágios de embriões de *A. fraterculus*, todavia, os mecanismos genéticos envolvidos durante a embriogênese e como eles são afetados pela radiação gama ainda não estão bem esclarecidos.

A maior sensibilidade dos ovos de *A. grandis* à radiação gama pode estar relacionada a seu maior tamanho, e conseqüentemente, maior quantidade de água. Com isso, os ovos da MCSA podem sofrer maior ação dos efeitos colaterais da irradiação, causados pelos radicais liberados na hidrólise de H₂O.

O valor estimado para o probit 9 (53,79 Gy) para ovos de *A. grandis* propicia um grande potencial para a utilização da radiação gama em tratamentos quarentenários de abóboras. Sabe-se que os frutos tratados com intensidades de irradiação entre 150 e 900 Gy foram testados em melões Cantaloupe e mostraram-se viáveis segundo as características físico-químicas e nutricionais para a conservação pós-colheita dessa variedade, testada a partir dos limites das doses mencionadas (SIQUEIRA, 2007).

Estes resultados foram básicos para a condução das próximas etapas do trabalho, onde foram adequados os parâmetros necessários para se irradiar os frutos de abóboras, visando a desinfestação por *A. grandis*.

5.3.2. Tratamento com radiação gama em larvas de *Anastrepha grandis* "in vitro"

Nesta etapa do estudo, foram tratadas *in vitro* por irradiação gama, 2.200 larvas da MCSA. Foram avaliadas as mortalidades de larvas (3º instar) de *A. grandis* submetidas ao

processo de irradiação, com taxas variáveis de 0, 10, 20, 30, 40, 50, 70, 100, 150, 200 e 250 Gy. O parâmetro de avaliação da eficácia do tratamento foi a quantidade observada de adultos emergidos.

Diferenças significativas ($p < 0,01$) foram obtidas entre os valores médios de adultos emergidos de *A. grandis*, quando larvas foram irradiadas "*in vitro*" (Tabela 18). As doses de irradiação de cobalto-60 a partir de 150 Gy impediram a emergência de adultos a partir de larvas de *A. grandis* irradiadas "*in vitro*" (Tabela 19).

Tabela 18. Resultado da análise de variância para o número de adultos emergidos a partir de larvas de *Anastrepha grandis* submetidas ao tratamento de radiação gama "*in vitro*"

FV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	11	2719.645	247.240	215.443	**
Resíduo	228	261.650	1.147		
Total	239	2981.295			

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < .01$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

As doses entre 5 e 40 Gy não reduziram significativamente a emergência de adultos, sendo semelhante ao tratamento controle. As doses a partir de 50 Gy reduziram significativamente a emergência de adultos de *A. grandis*, a partir de larvas irradiadas (Tabela 19). Em estudo sobre uma dose genérica utilizada para todas as espécies do gênero *Anastrepha*, Hallman (2013) sugere que 70 Gy seria suficiente para o uso como tratamento quarentenário, inclusive para *A. grandis*. Essa informação contraria os resultados observados neste trabalho, onde foram necessários, um mínimo de 150 Gy, para impedir a emergência total de adultos.

No entanto, *Bactrocera tau* (Walker), que também se desenvolve em abóboras e ocorre no continente asiático, mostrou-se mais sensível aos efeitos da radiação, pois a dose estimada para a impedir a emergência de adultos em nível de 99,9968 % foi 70,9 Gy (ZHAN et al., 2015).

A radiação necessária para evitar a emergência de *Anastrepha ludens*, *A. obliqua* e *Anastrepha serpentina*, foi de 20 Gy, 30 Gy e 20 Gy, respectivamente (CANCINO et al., 2012). Utilizando raio-x como fonte de radiação, Bachmann et al. (2015) observaram que 100 Gy aplicados em larvas de *A. fraterculus* foi suficiente para evitar a emergência de adultos.

Tabela 19. Número médio de adultos emergidos de *A. grandis*, oriundo de larvas submetidas a radiação γ (^{60}Co) "in vitro".

Dose (Gy)	Média observada	
0,0	7,75	a
5,0	7,80	a
10,0	7,70	a
20,0	7,70	a
30,0	7,00	ab
40,0	7,20	a
50,0	6,00	b
70,0	2,85	c
100,0	0,65	d
150,0	0,00	d
200,0	0,00	d
250,0	0,00	d

dms = 1.11663 / MG = 5.44583 / CV% = 19.67. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

A dose necessária para a não emergência de adultos ao nível de probit 9, quando larvas da MCSA foram irradiadas alcançou 222,88 Gy (Tabela 20). Esse valor pode ser considerado alto em comparação a outras espécies de Tephritidae. Dentre as doses de radiação ionizante utilizadas para tratamento quarentenário, doses $\leq 1\text{k Gy}$ são necessárias para prevenir a eclosão de ovos irradiados, a dose de 150 Gy pode ser utilizada em larvas para reduzir a formação de pupas com um ou três dias, e a dose de 300 Gy tem se mostrado adequada para prevenir a emergência de adultos ou sua reprodução quando ovos ou larvas são tratados (BURDITT JÚNIOR, 1990).

Tabela 20. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais para não emergência de adultos, a partir de larvas de *Anastrepha grandis* submetidos ao tratamento por radiação gama "in vitro".

DL (%)	Probit (Y)	p-level	Dose Gy (Estímulo)	Erro-padrão
50	5	0,208	34,72	2,783
90	6,2817	0,208	158,08	154,220
95	6,6452	0,208	212,97	78,756
99,9968	9	0,237	222,88	1,187

Mesmo não se avaliando a mortalidade larval de *A. grandis*, pode-se inferir que essa fase é pelo menos quatro vezes mais radiotolerante que ovos da mesma espécie. Esse fato, também foi observado por Jupeng et al. (2017), em que a tolerância à radiação aumentou com o aumento da idade e do estágio de desenvolvimento. Segundo Follett e Armstrong (2004), a taxa de eclosão de larvas de *B. dorsalis* e *C. capitata* geralmente decresce com o aumento da dose de radiação, mas o nível de Probit 9 é atingido com doses acima de 100 e 125 Gy, respectivamente.

Houve um aumento significativo da mortalidade das larvas quando a dose utilizada migrou entre 50 e 100 Gy, o que sugere que esta faixa de dose estaria relacionada ao limiar de tolerância das larvas quando submetidas a exposição junto a fonte de cobalto-60 (Tabela 19 e Figura 25). Mansour e Franz (1996) ao irradiarem larvas de *C. capitata* de terceiro ínstar em dieta artificial nas doses de 20, 30, 40, 50 e 60 Gy relataram que a mortalidade larval variou de 30 a 32 % para as doses testadas.

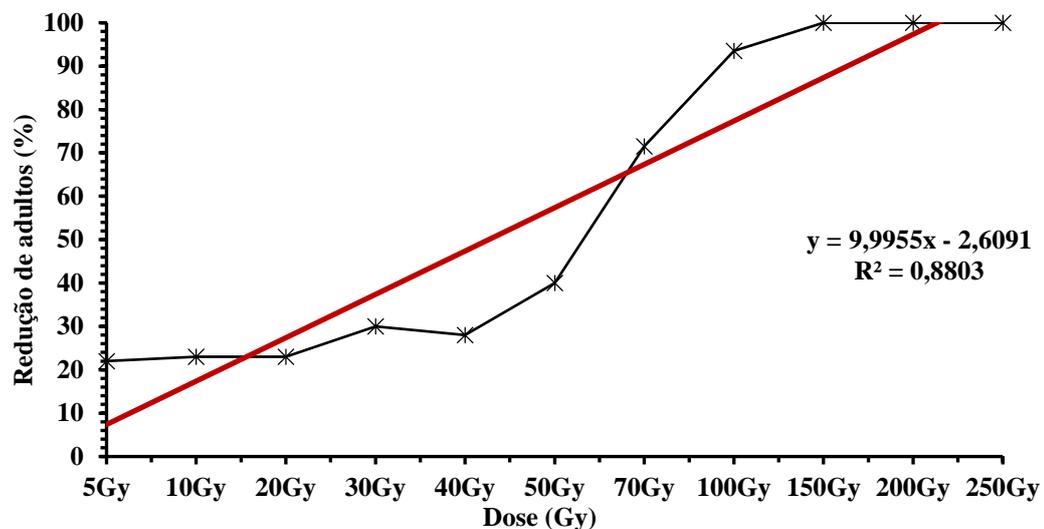


Figura 25. Percentual de redução de emergência de adultos *Anastrepha grandis*, a partir de larvas submetidos ao tratamento de radiação gama "in vitro".

Os testes com irradiação de larvas da MCSA *in vitro* fornecem uma base para a utilização da tecnologia em frutos infestados com a MCSA. No entanto, para que a irradiação tenha sucesso no processo de desinfestação, é necessário adequar a dose aplicada a cada espécie de fruto, além de se considerar as características de cada cultivar, tamanho e estágio de amadurecimento (MURRAY, 1990).

5.3.3. Tratamento com radiação gama em ovos de *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

Diferenças significativas ($p < 0,01$) foram obtidas entre os valores médios de adultos emergidos de *A. grandis*, quando abóboras infestadas com ovos foram submetidas à irradiação (Tabela 21).

Tabela 21. Resultado da análise de variância para o número de adultos emergidos a partir de abóboras infestadas com ovos de *A. grandis* e submetidas ao tratamento de radiação gama.

FV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	11	51690,750	4699,159	10,577	**
Resíduo	84	37319,750	444,282		
Total	95	89010,500			

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < .01$ FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

A dose necessária para se atingir a mortalidade total nos testes com ovos de *A. grandis* em frutos de abóboras foi verificada quando a intensidade da radiação ionizante foi elevada para 200 Gy (Tabela 22).

Tabela 22. Número médio de adultos emergidos de *A. grandis*, oriundo de abóboras infestadas por ovos e submetidas a radiação γ (^{60}Co).

Dose (Gy)	Média observada	
0,0	83,50	a
5,0	52,25	ab
10,0	43,37	bc
20,0	38,87	bcd
30,0	31,87	bcde
40,0	26,75	bcde
50,0	24,87	bcde
70,0	22,75	bcde
100,0	11,87	cde
150,0	4,37	de
200,0	0,00	e
250,0	0,00	e

dms = 35,419 / MG = 28,375 / CV% = 74,28 As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

Esse valor foi muito diferente daquele obtido com os ovos de *A. grandis* “*in vitro*”, quando foram necessários apenas 20 Gy para inviabilizar a eclosão das larvas. Uma hipótese para explicar esse fato seria a radioproteção causada pelo fruto da abóbora. Os

alimentos ricos em compostos lipídicos e proteicos também oferecem proteção por competirem pela interação com os radicais livres (FARKAS, 2006).

Para os cálculos estatísticos de probit, foram estimados que para se evitar a emergência de adultos em nível 99,9968 % em abóboras infestadas por ovos são necessários 257 Gy de cobalto-60, sendo que a DL50 para causar o mesmo efeito foi apenas 13,8 Gy (Tabela 23).

Tabela 23. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais para não emergência de adultos, a partir de abóboras infestadas com ovos de *Anastrepha grandis* e submetidos ao tratamento por radiação gama.

DL (%)	Probit (Y)	p-level	Dose Gy (Estímulo)	Erro-padrão
50	5	0,1695	13,81	2,783
90	6,2817	0,1695	130,97	31,609
95	6,6452	0,1695	247,86	79,179
99,9968	9	0,323	257,13	0,059

Hara et al. (2002) determinaram o efeito da irradiação em mosca-das-frutas do gênero *Tephritidae* utilizando doses de 250, 500, 750 e 1000 Gy e observaram que de acordo como aumento da dose se diminui a probabilidade de eclosão de larvas. Neste contexto, *A. grandis* se demonstrou mais susceptível a radiação gama, talvez pela localização ainda logo abaixo da casca, aproximadamente a um centímetro de profundidade.

Houve uma redução acentuada do número de adultos da MCSA em frutos infestados com ovos e irradiados com dose entre 70 e 100 Gy (Figura 26).

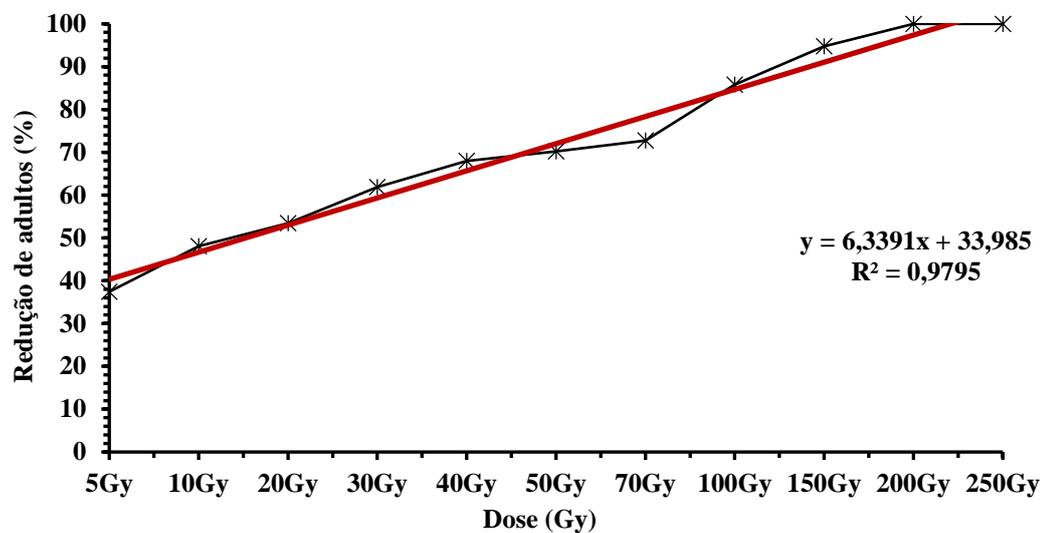


Figura 26. Redução percentual de adultos de *A. grandis* emergidos, a partir de abóboras infestadas com ovos e submetidas ao tratamento de radiação gama

5.3.4. Tratamento com radiação gama em larvas de *Anastrepha grandis* em frutos de abóbora

Para os testes que objetivaram avaliar o efeito da irradiação de cobalto-60 sobre larvas de *A. grandis* infestadas em frutos de abóbora, estima-se que foram tratados um mínimo de 3.511 larvas da MCSA. Para se chegar a esse número de larvas tratadas foram utilizados os dados referentes ao número de adultos emergidos em cada tratamento.

Diferenças significativas ($p < 0,01$) foram obtidas entre os valores médios de adultos emergidos de *A. grandis*, quando abóboras infestadas com larvas foram submetidas à irradiação (Tabela 24).

Tabela 24. Resultados da análise de variância do experimento inteiramente casualizado para o número de adultos emergidos a partir de abóboras infestadas com larvas de *A. grandis* e submetidas ao tratamento de radiação gama.

FV	GL	SQ	QM	F	
Tratamentos	11	53495,114	4863,192	6,983	**
Resíduo	84	58500,375	696,43304		
Total	95	111995,489			

** significativo ao nível de 1 % de probabilidade ($p < ,01$); FV = Fonte de variação; GL = Graus de liberdade; SQ = Soma de quadrado QM = Quadrado médio; F = Estatística do teste F.

As abóboras infestadas com larvas de *A. grandis* e submetidas as doses entre 100 Gy e 250 Gy apresentaram redução significativa da quantidade de adultos emergidos da MCSA (Tabela 25). Observou-se uma redução gradativa da emergência de adultos em função do

aumento da dose de radiação ionizante sobre larvas de *A. grandis*. As doses entre 0 e 70 Gy não apresentaram diferenças estatísticas em relação ao número de adultos emergidos da testemunha (Tabela 25).

Resultados semelhantes foram observados quando Follett e Armstrong (2004) avaliaram o efeito da radiação sobre larvas de terceiro ínstar de *Bactrocera cucurbitae* (Coquillett), *B. dorsalis* (Hendel) e *C. capitata*. Os autores observaram que a emergência de adultos normais decresceu com o aumento da dose. Sendo que, de acordo com os autores, 150 Gy aplicado às larvas de terceiro ínstar no interior de frutos de mamão promoveu a não emergência de adultos para as três espécies testadas, indicando que essa dose é suficiente para alcançar o Probit 9.

Tabela 25. Número médio de adultos emergidos de *A. grandis*, oriundo de abóboras infestadas por larvas e submetidas a radiação γ (^{60}Co).

Gy	Média observada	
0,0	68,375	a
5,0	67,000	a
10,0	62,125	ab
20,0	52,625	abc
30,0	47,250	abc
40,0	46,000	abc
50,0	31,500	abcd
70,0	33,500	abcd
100,0	19,125	bcd
150,0	10,750	cd
200,0	0,625	d
250,0	0,000	d

dms = 44,3454/ MG = 36,573/ CV% = 72,16. As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

O terceiro estágio de *Bactrocera tau* mostrou-se mais sensível a radiação ionizante, ao serem irradiadas em abóboras com 70 Gy, alcançando-se a não emergência de adultos nos dois testes confirmatórios (ZHAN et al., 2015). Potenza et al. (1989) mostraram que a dose de 40 Gy foi suficiente para inibir a emergência de adultos de *C. capitata* no interior de mangas, quando irradiados na fase larval. Arthur, Caceres e Wiendl (1993) verificaram que 50 Gy foram suficientes para inibir completamente a emergência dos adultos de *C. capitata* em frutos de pêssegos, o que demonstra que larvas de *A. grandis* são mais tolerantes a radiação

ionizante. Toledo, Bustos e Liedo (2001) constataram que a dose de 100 Gy inibiu a emergência de adultos de *A. ludens* provenientes de larvas de terceiro ínstar irradiadas em frutos de laranja.

Também já é conhecido que a temperatura em que os frutos são tratados é de suma importância, visto que os organismos em alimentos congelados ou desidratados são significativamente mais resistentes à radiação pela diminuição de atividade de água (DIEHL, 1990; FARKAS, 1998; JAY, 2001).

Para a MCSA, observou-se um efeito significativo da radiação na emergência dos adultos, reduzindo este índice a praticamente zero com a dose de 200 Gy. No presente estudo a inibição completa da emergência de *A. grandis* foi obtida apenas com 250 Gy de radiação gama. Para *Anastrepha suspensa* em goiabas, a dose de 150 Gy mostrou-se eficaz para desinfestação, no entanto, a dose mínima absorvida de 250 Gy é utilizada como tratamento quarentenário para algumas espécies de mosca-das-frutas (HALLMAN e MARTINEZ, 2001), o que demonstra ser possível a utilização da tecnologia de irradiação no tratamento para a MCSA.

A análise de probit realizada evidenciou que para se atingir os níveis desejados de redução do número de adultos de *A. grandis* a partir de larvas tratadas em frutos, foram necessárias doses da radiação de cobalto-60 superiores em todas as DLs estudadas (Tabela 26), quando comparadas com as doses verificadas para larvas *in vitro*, o que permite afirmar que os frutos atuam como radioprotetores durante o processo de tratamento. Em testes com goiabas infestadas com larvas de *Bactrocera dorsalis* (Hendel) com 1, 2, 3 e 7 dias de idade, Jupeng et al. (2017) não obtiveram adultos de um total de 100.684 larvas irradiadas nas doses de 97 e 116 Gy, resultando em uma eficácia de 99,9970 %.

Tabela 26. Resultados da análise de Probit, com determinação das doses letais para não emergência de adultos, a partir de abóboras infestadas com larvas de *Anastrepha grandis* e submetidos ao tratamento por radiação gama.

DL (%)	Probit (Y)	p-level	Dose Gy (Estímulo)	Erro-padrão
50	5	0,1695	48,98	4,209
90	6,2817	0,1695	177,05	26,044
95	6,6452	0,1695	254,90	45,492
99,9968	9	0,323	270,25	0,092

A maioria das curvas dose-resposta assume uma forma sigmoide (PARKER e MEHTA, 2007), e, visando facilitar a comparação da eficiência de esterilização entre os testes com larvas irradiadas com raios gama, foi adotada a análise por Probit para se estimar as curvas de probit (Figuras 27). Com exceção do intervalo entre as doses de 50 Gy e 70 Gy, onde não houve diferença significativa nas quais as doses exibiram um padrão constante de relação paralela entre aumento da dose e redução do número de adultos (Figura 27).

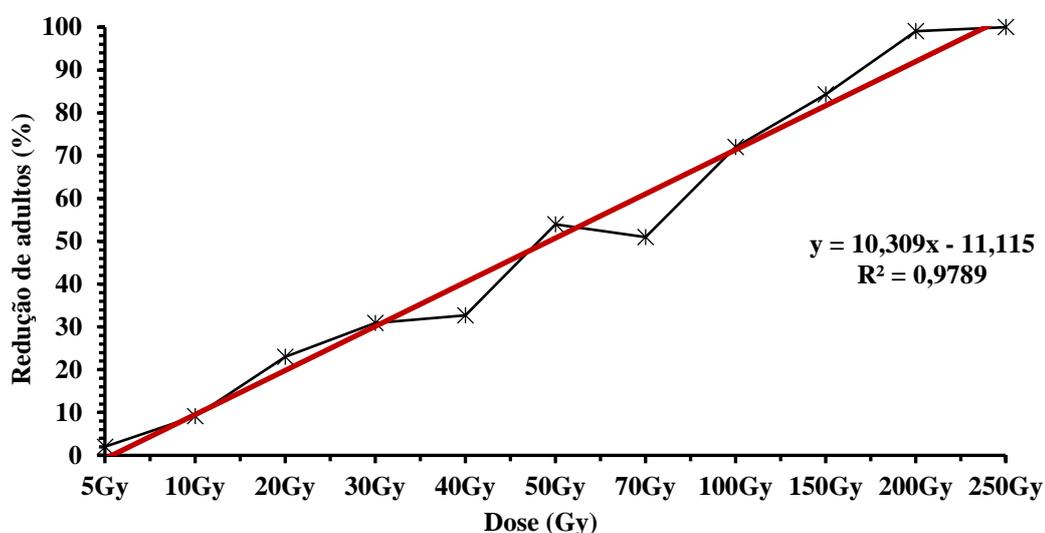


Figura 27. Redução percentual de adultos de *A. grandis* emergidos, a partir de abóboras infestadas com larvas e submetidas ao tratamento de radiação gama

Um dos campos das pesquisas em irradiação de alimentos, focaliza na determinação da habilidade dessa tecnologia de inativar patógenos que estão internalizados, associados a biofilmes ou outras formas protetoras (FAN, NIEMIRA e PRAKASH, 2008). Esses ambientes protetores reduzem consideravelmente a eficácia dos sanitizantes químicos comumente utilizados na indústria de alimentos, como hipoclorito de sódio, dióxido de sódio, hipoclorito de cálcio, entre outros (BEUCHAT, 2002). O que favorece a justificativa para implantação da tecnologia relacionada com radiação ionizante, quando se pensa na logística dos frutos a serem tratados.

5.4. Qualidade dos frutos pós-tratamento com radiação gama (^{60}Co)

Foram empregados 18 frutos de abóboras, para avaliação dos efeitos dos tratamentos de irradiação gama na qualidade de abóboras pós tratados

Não foi aplicado o teste de comparação de médias pois o F de interação não foi significativo.

As análises estatísticas de comparação de médias não apresentaram diferenças significativas entre os valores de pH, acidez e Brix (Tabela 27). Em estudo sobre a aplicação de irradiação em manga, com doses de 0,3 a 1kGy, Thomas et al. (1996) observaram que o pH dos frutos tratados não apresentou diferença significativa quando comparada aos frutos testemunha, sendo que a irradiação também não acelerou o amadurecimento dos frutos tratados.

Resultados semelhantes foram verificados em goiabas "Taiwan" aos 1, 3 e 7 dias após a radiação gama nas doses de 200, 400, 600, 800, 1.200, 2.000 e 6.000 Gy. Jupeng et al. (2017), concluíram que os frutos poderiam tolerar doses de radiação até 800 Gy, pois não havia mudanças significativas nos conteúdos químicos e nutricionais (sacarose, açúcar total, ácido titulável, vitamina C e sólido solúvel).

Tabela 27. Valores médios de pH, acidez e Brix observados em abóboras submetidas ao tratamento com radiação gama.

Temperatura	pH	Acidez	Brix (°)
Controle	6,250 a	7,128 a	2,600 a
40 Gy	6,187 a	7,892 a	2,467 a
50 Gy	6,210 a	9,095 a	3,033 a
70 Gy	6,363 a	8,306 a	2,667 a
100 Gy	6,443 a	6,266 a	2,800 a
150 Gy	6,287 a	8,895 a	2,600 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

Os valores de textura e coloração apresentados pelas abóboras submetidas às diversas doses de radiação gama (Tabela 28) não mostraram diferenças estatísticas em relação aos frutos não tratados (testemunha). No entanto, a dispersão dos valores encontrados é considerada normal em função da variação intravarietal observada em espécies de abóboras.

A perda de firmeza do fruto pode resultar de dois fatores, sendo o primeiro devido à perda excessiva de água e diminuição da pressão de turgescência das células, ou pode resultar da decomposição enzimática da parede celular (AWAD, 1993).

Tabela 28. Médias observadas para textura e coloração de abóboras Atlas submetidas aos tratamentos com radiação gama.

Dose (Gy)	Textura (N)	Coloração (L*a*b*)
Controle	22,856 abc	34,075 a
40,0	19,072 c	35,808 a
50,0	23,727 abc	36,300 a
70,0	25,195 ab	34,978 a
100,0	20,450 bc	35,788 a
150,0	28,194 a	35,496 a

As médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo Teste de Tukey ($p > 0,05$)

A irradiação dos alimentos sob vácuo e no estado congelado pode ser uma alternativa para minimizar a formação de produtos radiolíticos e as mudanças que ocorrem nas propriedades sensoriais (MONK, BEUCHAT e DOYLE, 1995).

Os tratamentos envolvendo radiação gama se mostraram promissores, uma vez que os mesmos se mostraram eficientes na desinfestação de frutos de abóboras infestados com ovos e larvas de *A. grandis*. Além disso os testes das qualidades físico-químicas dos frutos não indicaram alterações significativas que prejudicassem a qualidade dos mesmos em relação aos tratamentos com cobalto-60.

6. CONCLUSÕES

- Há um aumento da mortalidade de ovos de *A. grandis* em função do aumento da temperatura e do tempo de exposição em água quente;
- Equivalentes níveis de mortalidade de ovos de *A. grandis* no tratamento hidrotérmico podem ser obtidos através da combinação de temperatura e tempo de exposição;
- Não houve emergência de adultos de *A. grandis* quando ovos ou larvas foram tratados com 48 °C por 20 minutos de imersão;
- A menor dose verificada para não emergência de adultos no tratamento hidrotérmico foi de 47 °C por 60 minutos para larvas;
- Os ovos da *A. grandis* são mais tolerantes a elevação da temperatura que as larvas;
- O aumento da dose de radiação gama provoca um aumento da mortalidade de ovos de *A. grandis*;
- A prevenção da emergência de adultos de *A. grandis* é obtida quando frutos infestados com ovos ou larvas de *A. grandis* são irradiados com 200 Gy e 250 Gy, respectivamente;
- De modo geral, o emprego de água quente ou radiação gama não afeta significativamente as propriedades físico-químicas de abóboras Atlas;
- As técnicas de água quente e radiação gama tem potencial de utilização como tratamento quarentenário de abóboras Atlas infestadas por *A. grandis*.

REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICAS

AGROFIT - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2017. Apresenta informações sobre produtos fitossanitários. Disponível em: <http://agrofit.agricultura.gov.br/agrofit_cons/principal_agrofit_cons>. Acesso em: 25 jan. 2017.

ALBERGARIA, N. M. M. S.; DÓRIA, H. O. S.; DE BORTOLI, S. A.; ARTHUR, V. Tratamento hidrotérmico de frutos de laranjeira (*Citrus sinensis*) Var. ‘Valência’, visando ao controle de ovos e larvas de *Ceratitis capitata* (Wied., 1824) (Diptera: Tephritidae). Científica, Jaboticabal, v.35, n.2, p.146 - 154, 2007

ALISSON E.; ARANTES, J. T. Produção da agricultura paulista aumenta em mais de 90% nas últimas duas décadas. Boletim Agência FAPESP. Disponível em: http://agencia.fapesp.br/producao_da_agricultura_paulista_aumenta_em_mais_de_90_nas_ultimas_duas_decadas/24008/. Acesso em: 10 set. 2016.

ALMEIDA, D. P. F. Cucurbitáceas hortícolas. Faculdade de Ciências. Universidade do Porto. 2002. Disponível em: <<http://dalmeida.com/hortnet/apontamentos/Cucurbitaceas.pdf>>. Acesso em: 29 out. 2016.

AMAYA, D. R. Carotenoids and Food Preparation: The Retention of Provitamin A Carotenoids in Prepared, Processed, and Stored Foods. Campinas: UNICAMP, 1997. 93 p.

ANIMAL AND PLANT HEALTH INSPECTION SERVICE – APHIS. 2009. Outbreak of *Anastrepha grandis* (South American cucurbit fruit fly) in Panama. . Disponível em: http://nationalplantboard.org/docs/spro/spro_cff_2009_07_06.pdf. Acesso em: 15 jan. 2013.

ARTHUR, V.; CACERES, C.; WIENDL F. M. controle da infestação natural de *Ceratitis Capitata* (WIED., 1824) (DIPTERA, TEPHRITIDAE) em pêssegos (*Prunus Persica*) através das radiações gama. 1993.

ASSIS, J. S. de. Controle de moscas-das-frutas. Agencia de Informação Embrapa. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/>. Acesso em: 29 out. 2016.

AWAD, M. Fisiologia pós-colheita de frutas. São Paulo: Nobel, 1993. 114 p.

BACHMANN, G. E.; CARABAJAL PALADINO, L. Z.; CONTE, C. A.; DEVESCOVI, F.; MILLA, F. H.; CLADERA, J. L.; SEGURA, D. F.; VISCARRET, M. M. X-ray doses to safely release the parasitoid *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae) reared on *Anastrepha fraterculus* larvae (Diptera: Tephritidae), *Biocontrol Science and Technology*, v. 25, n. 9, p. 1092-1103, 2015. DOI: 10.1080/09583157.2015.1030723

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. nº 551, 1939. 8p.

BAKRI, A.; MEHTA, K.; LANCE, R. Sterilizing insects with ionizing radiation. In: DYCK, V. A.; HENDRICH, J.; ROBINSON, A. S. (eds.). *Sterile insect technique: principles and practice in area-wide integrated pest management*. Springer, Dordrecht, Netherlands. pp. 233–269. 2005.

BARBIERI, R. L.; HEIDEN, G.; NEITZKE, R. S.; GARRASTAZÚ, M. C.; SCHWENGBER, J. E. 2006. Banco Ativo de Germoplasma de Cucurbitáceas da Embrapa Clima Temperado - período de 2002 a 2006. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2006. 30p. (Documento, 176).

BEUCHAT, L. R. Ecological factors influencing survival and growth of human pathogens on raw fruits and vegetables. *Microbes and Infection* v. 4, p. 413–423, 2002.

BIRKE, A.; GUILLÉN, L.; MIDGARDEN, D.; ALUJA, M. Fruit flies, *Anastrepha ludens* (Loew), *A. obliqua* (Macquart) and *A. grandis* (Macquart) (Diptera: Tephritidae): three pestiferous tropical fruit flies that could potentially expand their range to temperate areas. In: Peña, J.E. (Ed.), *Potential Invasive Pests of Agricultural Crops* (ed.), CABI International, Boca Raton, FL, pp. 192–213, 2013.

BOLZAN, A.; DIEZ-RODRÍGUEZ, G. I.; GARCIA F. R. M.; NAVA D. E. *Anastrepha grandis*: Bioecologia e Manejo. Embrapa Clima Temperado (Documentos 404), Pelotas, 2016. 24 p. ISSN 1516-8840; 404.

BOLZAN, A.; NAVA, D. E.; GARCIA, F. R. M.; VALGAS, R.; SMANIOTTO, G. Biology of *Anastrepha grandis* (Diptera: Tephritidae) in different cucurbits. *Journal of Economic Entomology*, v. 108, n.3, p. 1034-1039, 2015.

BONDAR, G. Moscas de frutas na Bahia. *Bol. do Campo* 34: 13-15. 1950. [hosts, Brazil]

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. 2013. Brasília: Acesso realizado em: 21 de janeiro de 2016. Disponível em: <http://www.agricultura.gov.br>.

BRAZILIAN FRUIT - Promoção das Exportações de Frutas Brasileiras e Derivados. A Fruticultura. Disponível em: <<http://www.brazilianfruit.org.br>.> Acesso em: 25 out. 2016.

BUAINAIN, A. M.; BATALHA, M. O. Cadeia produtiva de frutas. Brasília: IICA/MAPA/SPA, 2007. v.7, 102 p.

BUENO, G.; BACCARIN, J. G. Participação das principais frutas brasileiras no comércio internacional: 1997 a 2008. *Rev. Bras. Frutic*, Jaboticabal, v.34, n.2, p.424-434, jun, 2012. DOI:10.1590/S0100-29452012000200015

BURDITT JUNIOR, A. K. Irradiation as a quarantine treatment. *Plant Protection Bulletin*, Rome, v. 39, n. 1, p. 25-33, 1990.

BUSTOS, M. E.; ENKERLIN, W.; REYES, J.; TOLEDO, J. Irradiation of mangoes as a postharvest treatment for fruit flies (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.97, n.2, p.286-292, 2004.

CABI. Invasive Species Compendium. *Anastrepha grandis* (South American cucurbit fruit fly), 2015. Disponível em: <http://www.cabi.org/isc/datasheet/5649>. Acesso em: agosto 2016.

CAMARGO FILHO, W. P.; MAZZEI, A. R.; CAMARGO, A. M. M. P.; OLIVETTI, M. P. A. Estacionalidade da produção e preços de abóboras em São Paulo. *Informações Econômicas*, São Paulo, v. 24, n. 1, 25-37. 1994.

CANCINO, J.; RUÍZ, L.; VISCARRET, M.; SIVINSKI, J.; HENDRICH, J. Application of nuclear techniques to improve the mass production and management of fruit fly parasitoids. *Insects.*, v. 3, n. 4, p. 1105-1125. 2012. DOI:10.3390/insects3041105.

CARABALLO, J. de V. Las moscas de frutas del genero *Anastrepha* Schiner, 1868 (Diptera: Tephritidae) de Venezuela. M.S. thesis, Universidad Central de Venezuela, Maracay. 210 p. 1981.

CHITARRA, M. I. F.; CHITARRA, A. B. Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio. 2. ed. rev. e ampl. Lavras: UFLA, 2005. 785p.

COMITÉ DE SANIDAD VEGETAL DEL CONO SUR - COSAVE. Hojas de datos sobre organismos cuarentenarios para los países miembros Del COSAVE. 2013. Disponível em: http://www.cosave.org/sites/default/files/ficha_cuarentenaria/bc499bf82de696b_11.pdf
Acesso em: 15 jan. 2013.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL – CNA. Fim do sistema geral de preferências (sgp) prejudica vendas de frutas para a União Europeia. In: Balanço 2013/ Perspectivas 2014. Disponível em: <http://www.canaldoprodutor.com.br/sites/default/files/001Balan%C3%A7o2013_Perspectivas2014_Web.pdf>. Cap. 18, p. 101-103. 2013. Acesso em: 29 out. 2016.

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.

CORCORAN, R. J.; HEATHER, N. W.; HEARD, T. A. Vapor heat treatment for Zucchini infested with *Bactrocera cucumis* (Diptera: Tephritidae). J. Econ. Entomol. V. 86, n. 1, p. 66-69, 1993.

CÓRDOBA, G. M. V.; SOTO, J. A. Uso de vapor en frutas colombianas para exportacion al Japon. In: ALVES, R.E., VELOZ, C.S. (Org.). Exigências quarentenárias para exportação de frutas tropicais. Fortaleza: Embrapa – CNPAT/CYTED/CONACYT, cap.6, p.113-126, 1999.

COSTA LIMA, A. Sobre as moscas das frutas que vivem no Brasil. Chácaras e Quintais, v. 34, p. 20–24, 1926.

COSTA, M. L. Z.; PACHECO, M. G.; LOPES, L. A.; BOTTEON, V. W.; MASTRANGELO, T. Irradiation of *Anastrepha fraterculus* (Diptera: Tephritidae) Eggs to Inhibit Fly Emergence

in the Mass-Rearing of *Diachasmimorpha longicaudata* (Hymenoptera: Braconidae). *Journal of Insect Science* v.16, n.1, p. 1–9. (2016). doi:10.1093/jisesa/iew071

DENLINGER, D. L.; YOCUM, G. D. Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management, p.7-57. In G.J. Hallman & D.L. Denlinger (eds.), *Physiology of heat sensitivity*. Boulder, Westview Press, 311p. 1998.

DIEHL, J. F. *Safety of irradiated foods*. New York, N.Y: Marcel Dekker, p. 95- 239. 1990.

DÓRIA, H. O. S. Controle pós-colheita de *Ceratitis capitata* (Wiedemann, 1824) (Diptera: Tephritidae) em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.). 2006. 90 f. Tese (Doutorado em Ciências) - Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto- Universidade de São Paulo. 2006.

DÓRIA, H. O. S.; DE BORTOLI S. A.; ALBERGARIA, N. M. M. S. Influência de tratamentos térmicos na eliminação de *Ceratitis capitata* em frutos de goiaba (*Psidium guajava* L.). *Acta Scientiarum*, Maringá, v.26, n.1, p.107-111, 2004.

FAN, X; NIEMIRA, B. A; PRAKASH, A. Irradiation of Fresh Fruits and Vegetables. *Food Technology*, v. 62, n. 3, p. 36 – 43, 2008.

FARKAS, J. Irradiation as a method for decontaminating food. A review. *Int J Food Microbiol.*, v.44, n. 3, p. 189-204. 1998

FARKAS, J. Irradiation for better foods. *Trends in Food Science & Technology*, v. 17, p. 148-152, 2006.

FERREIRA, M. A. J.; MELO, A. M. T.; CARMO, C. A. S.; SILVA, D.J.H.; LOPES, J. F.; QUEIROZ, M. A.; MOURA, M. C. C. L.; DIAS, R. C. S.; BARBIERI, R. L.; BARROZO, L. V.; GONÇALVES, E. M.; NEGRINI, A. C. A. Mapeamento da distribuição geográfica e conservação dos parentes silvestres e variedades crioulas de *Cucurbita*. In: *Parentes Silvestres das espécies de plantas cultivadas*. Secretaria de Biodiversidade e Florestas. Brasília. 2006.44p.

FOLLETT, P. A.; ARMSTRONG, J. W. New irradiation doses to control melon fly, oriental fruit fly and Mediterranean fruit fly: towards a generic dose for tephritids. In: *ESA ANNUAL MEETING AND EXHIBITION*, Fort Lauderdale, Fort Lauderdale, p. D0414. 2002.

FOLLETT, P. A.; ARMSTRONG, J. W. Revised irradiation doses to control Melon fly, Mediterranean fruit fly, and Oriental fruit fly (Diptera: Tephritidae) and a generic dose for Tephritidae. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.97, n.4, p.1254- 1262, 2004.

FOLLETT, P. A.; NEVEN, L. G. Current trends in quarantine entomology*. *Annu. Rev. Entomol.* Vol. 51, p. 359-385. 2006.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED NATIONS - FAO. Agricultural production, primary crops. 2013. Disponível em: <http://www.fao.org>. Acesso em: 28 ago. 2013.

GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R. P. L.; BATISTA, G. C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J. R. P.; ZUCCHI, R. A.; ALVES, S. B.; VENDRAMIN, J. D.; MARCHINI, L. C.; LOPES, J. R. S.; OMOTO, C. *Entomologia agrícola*. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920 p.

GONÇALVES, C. R. As moscas de frutas e seu combate. Experiencias e estudos realizados em 1936. *Publ. Min. Agric., Dep. Nac. Prod. Veg., Serv. Def. Sanit. Veg.* Rio de Janeiro, n. 12, p. 1-43. 1938.

GOULD, W. P.; SHARP, J. L. Hot-water immersion quarantine treatment for guavas infested with Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.85, n 4, p.1235-1239, 1992.

GRUPO CONSULTIVO INTERNACIONAL SOBRE IRRADIAÇÃO DE ALIMENTOS. *A Irradiação de Alimentos: 1990. Ficção e Realidade*. Viena, ficha descritiva p. 1-14. 1990.

HADDAD, M. L. Controle microbiano de insetos. In: ALVES, S.B. (Ed.). *Utilização do Polo-PC para análise de Probit*. Piracicaba: FEALQ, p.999-1014. 1998.

HALLMAN, G. J. Mortality of third-instar Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae) reared in diet or grapefruits and immersed in heated water or grapefruit juice. *Florida Entomologist*, Florida, v.79, n.2, p.168-171, 1996.

HALLMAN, G. J. Quarantine treatments: facilitators of trade in the presence of invasive pests. In HALLMAN, G. J.; SCHWALBE, C. P. (Eds.), *Invasive arthropods and agriculture: Problems and solutions*. Enfield, NH: Science Publishers. 2002.

HALLMAN, G. J. Rationale for a Generic Phytosanitary Irradiation Dose of 70 Gy for the Genus *Anastrepha* (Diptera: Tephritidae). *Florida Entomologist*, v. 96, n. 3, p. 989-990, 2013. DOI: 10.1653/024.096.0336

HALLMAN, G. J.; LEVANG-BRILZ, N. M.; ZETTLER, J. L.; WINBORNE, I. C. Factors affecting ionizing radiation phytosanitary treatments, and implications for research and generic treatments. *Journal of Economic Entomology*, 103(6), p.1950-1963. 2010.

HALLMAN, G. J.; MARTINEZ, L. R. Ionizing irradiation quarantine treatment against Mexican fruit fly (Diptera: Tephritidae) in citrus fruits. *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 23, n. 1, p. 71-77, 2001.

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.

HALLMAN, G.J. Mortality of third-instar Caribbean fruit fly (Diptera:Tephritidae) reared at three temperatures and exposed to hot water immersion or cold storage. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 87, n. 2, p. 405-408, 1994.

HARA, A. H.; YALEMAR, J. A.; JANG, E. B.; MOY, J. H. Irradiation as a possible quarantine treatment for green scale *Coccus viridis* (Green) (Homoptera: Coccidae). *Postharvest Biology and Technology*, Amsterdam, v. 25, n. 3, p. 349-358, 2002.

HARPER, J. D. Final report to ASOFRUT on the *Anastrepha grandis* project on honey dew in western Ecuador. Unpublished. 1987. 8p.

HEATHER, N. W.; HALLMAN, G. J. *Pest Management and Phytosanitary Trade Barriers*. CABI. 2008. 257p.

HEIDEN, G.; BARBIERI, R. L.; NEITZKE, R. S. Chaves para a identificação das espécies de abóbora (*Cucurbita*, Cucurbitaceae) cultivadas no Brasil. Pelotas: Embrapa Clima Temperado. 2007. 31p. (Documentos, 197).

HERNÁNDEZ, E.; RIVERA, P.; BRAVO, B.; TOLEDO, J.; CARO-CORRALES, J.; MONTOYA, P. Hot-Water Phytosanitary Treatment Against *Ceratitidis Capitata* (Diptera: Tephritidae) in 'Ataulfo' Mangoes. J. Econ. Entomol., v. 105, n. 6, p. 1940-1953, 2012.

INSTITUTO BRASILEIRO DE FRUTAS – IBRAF Comparativo das Exportações Brasileiras de Frutas Frescas - 2010/2009. 2013. Disponível em: <http://www.ibraf.org.br/estatisticas/>. Acesso em: 20 de jan. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Produção Agrícola. 2006. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br>. Acesso em: 27 jul. 2015.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. Pesquisa de orçamentos familiares 2008-2009. 2010. Análise do consumo alimentar individual no Brasil. Disponível em: <http://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv50063.pdf>. Acesso em: 27 jul. 2015.

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES - IPEN. Centro de Tecnologia das Radiações. 2016. Disponível em: <https://www.ipen.br>. Acesso em: 19 dez. de 2016.

INTERNATIONAL PLANT PROTECTION CONVENTION - IPPC. Irradiation treatment for fruit flies of the family Tephritidae (generic). Rome, Italy: ISPM 28, Annex 7: 2009.

JANG, E. B.; CHAN, H. T. Thermal death kinetics: Importance in development of heat-based quarantine treatments. In: ALUJA, M.; LIEDO, P. (ed.), Fruit flies: biology and management. New York, Springer-Verlag, p. 345-351. 1993.

JAY, J. M. Modern Food Microbiology. New York. Avi, 5 ed., p. 185-248. 2001.

JUPENG, Z.; JUN, M.; MUTAO, W.; XIAOGUO, J.; ZHANGGEN, W.; FAN, L. GUOPING, Z. Gamma radiation as a phytosanitary treatment against larvae and pupae of *Bactrocera*

dorsalis (Diptera:Tephritidae) in guava fruits. Food Control, v. 72, p. 360-366, 2017. DOI: 10.1016/j.foodcont.2016.02.029

KOKUBO, M. C. C. Aspectos bioecológicos sobre a mosca sul-americana das cucurbitáceas (*Anastrepha grandis*) (Diptera: Tephritidae). 2012. 74f. Dissertação (Mestrado). Instituto Biológico - São Paulo - SP. 2012.

LACROIX, M.; OUATTARA, B. Combined industrial processes with irradiation to assure innocuity and preservation of food products – a review. Food Research International, Essex, v. 33, p. 719-724. 2000.

LAY-YEE, M.; BALL, S.; FORBES, S. K.; WOOLF, A. B. Hot-water treatment for insect disinfestation and reduction of chilling injury of ‘Fuyu’ persimmon. Postharvest Biology and Technology, v. 8, p. 1-87, 1997.

LEE, Y. J.; PARK, Y. H.; KIM, K. K.; LEE, H. S. Insect disinfestation and quality change of “Fuyu” persimmon fruit influenced by hot-water treatment methods and MAP storage. Kor. J. Hot. Sci. Technol. v. 28, n. 2, p. 234-241, 2010.

LEORA SOFTWARE.. Polo-PC: a user’s guide to probit or logit analysis. Berkeley, 1987. 20p.

LIMA, K. S. C.; LIMA, A. L. S.; LUCHESE, R. H.; GODOY, R. L. O.; SABAA-SRUR, A. U. O. Cenouras minimamente processadas em embalagens com atmosferas modificadas e tratadas com radiação gama: avaliação microbiológica, físico-química e química. Food Science and Technology Campinas, v. 23, n. 2, p. 240-250, 2003. DOI: 10.1590/S0101-2061A

LURIE, S.; JEMRIC, T.; WEKSLER, A.; AKIVA, R.; GAZIT, Y. Heat treatment of ‘Oroblanco’ citrus fruit to control insect infestation. Postharvest Biology and Techology, Amsterdam, v. 34, p. 321-329, 2004.

MACFARLANE, J. J. Control of the Queensland fruit fly by gamma irradiation. J. Econ. Entomol. 59: 884–889. 1966.

MACQUART, J. Diptères exotiques nouveaux ou peu connus. (1845) (1844): 133-364, illus. 1^{er} Supplement. Mém. Soc. Roy. Sci., Agric., Arts Lille. published separately as Supplément I, p. 5-238, illus. 1846.

- MAHAJAN, P. V.; CALEB, O. J.; SINGH, Z.; WATKINS, C. B.; GEYER, M. Postharvest treatments of fresh produce. *Philos Trans A Math Phys Eng Sci.* 2014. doi: 10.1098/rsta.2013.0309
- MALAVASI, A. Áreas-livres ou de baixa prevalência. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A., (Ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado.* Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. cap. 23, p. 175-181.
- MALAVASI, A., MORGANTE, J. S.; ZUCCHI, R. A. Biologia de “moscas-das-frutas” (Diptera: Tephritidae): lista de hospedeiros e ocorrência. *Rev. Bras. Biol.* V. 40, p. 9–16, 1980.
- MALAVASI, A.; DUARTE, A. L.; CABRINI, G.; ENGELSTEIN, M. Field evaluation of three baits for South American cucurbit fruit fly (Diptera: Tephritidae) using McPhail traps. *Florida Entomologist*, 73, 510–512. 1990.
- MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A.; SUGAYAMA, R. L. Biogeografia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R.A. (Ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado.* Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. cap. 10, p. 93-98.
- MANSOUR, M.; FRANZ, G. Gamma radiation as a quarantine treatment for the Mediterranean fruit fly (Diptera Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 89, n. 5, p. 1175-1180, 1996.
- MARTINEZ, N. B.; RINCON, J.; PEREZ, A.; LINARES, B.; GIRALDO, H. Reconocimiento de *Anastrepha grandis* Diptera: Tephritidae em áreas productoras de melón en Venezuela. *Agronomia Tropical*, 44, 337–342. 1994.
- 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 *Ceratitidis capitata* (Wied.) (Diptera: Tephritidae). *An. Soc. Entomol. Bras.* [online]. vol.29, n.1, p. 139-145. 2000.
- MONK, J. D.; BEUCHAT, L. R.; DOYLE, M. P. Irradiation Inactivation of Food-Borne Microorganisms. *Journal of Food Protection*, v. 58, n. 2, p.197-208. 1995.

MONTES, S. M. N. M.; RAGA, A.; SOUZA-FILHO, M. F. de. Levantamento de espécies de *Anastrepha* (DIPTERA: TEPHRITIDAE) em áreas de cucurbitáceas sob sistema de mitigação de risco. Arq. Inst. Biol., São Paulo, v.78, n.2, p.317-320. 2011.

MURRAY, D. R. Biology of Food Irradiation. John Wiley & Sons: New York. 255 p. 1990. ISBN: 0471926213

NASCIMENTO, A. S.; MALAVASI, A.; MORGANTE, J. S.; DUARTE, A. L. Hot-water immersion treatment for mangoes infested with *Anastrepha fraterculus*, *A. obliqua* e *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) in Brasil. Journal of Economic Entomology, Lanham, v.85, n.2, p.456-460, 1992.

NEVEN, L. G.; REHFELD-RAY, L. Combined heat and controlled atmosphere quarantine treatments for control of western cherry fruit fly in sweet cherries. Econ. Entomol., V. 99, n. 3, p. 658-663, 2006. DOI: 10.1603/0022-0493-99.3.658

NORRBOM, A. L. Host plant database for anastrepha and toxotrypana (diptera: tephritidae: toxotrypanini). 2004. Disk - CD - not a jornal, Disponivel em: <https://www.ars.usda.gov/research/publications/publication/?seqNo115=108854>. Acesso em: 13 jul. 2015.

NORRBOM, A. L.; ZUCCHI, R. A.; HERNADEZ-ORTIZ, V. Phylogeny of the genera *Anastrepha* and *Toxotrypana* (Trypetinae: Toxotrypanini) based on morphology. In: ALUJA, M; NORRBOM, A.L. (Ed.) Fruit flies (Tephritidae): phylogeny and evolution of behavior. Washington: CRC Press, 2000. cap.12, p. 299-342.

NORTH AMERICAN PLANT PROTECTION ORGANIZATIONS - NAPPO. Outbreak of *Anastrepha grandis* (South American cucurbit fruit fly) in Panama. 2009. Phytosanitary Alert System. Disponível em: <http://www.pestalert.org/viewNewsAlert.cfm?naid=76> Acesso em: 09 jan. 2013.

PARKER, A.; MEHTA, K. Sterile insect technique: a model for dose optimization for improved sterile insect quality. Florida Entomologist, v. 90, n. 1, p. 88-95, 2007. DOI: 10.1653/0015-4040(2007)90[88:SITAMF]2.0.CO;2

PEREIRA, S.; OLIVEIRA, J. P.; SOUZA, T. I. M. Equipamento didático para o controle da temperatura da água por meio da plataforma arduino. Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2016. 29 de agosto a 1 de setembro de 2016 – Foz do Iguaçu, Brasil. 2016.

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

POTENZA, M. R.; YASUO-KA, S. T.; GIORDANO, R. B. P.; RAGA, A. Irradiação de frutos de laranja infestados com larvas da mosca das frutas *Ceratitidis capitata* (Wied., 1824). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 12., 1989. Belo Horizonte. Resumos... Belo Horizonte: SEB, 1989. v. 2, p. 509.

RAGA, A. Incidência de moscas-das-frutas em café e citros e tratamento quarentenário de frutos cítricos com radiação gama. 1996. 66p. Tese (Doutorado) – Universidade de São Paulo –USP. São Paulo. 1996.

RAGA, A. Uso da radiação gama na desinfestação de mangas destinadas à exportação em relação à *Ceratitidis capitata* (Wied., 1824), *Anastrepha fraterculus* (Wied, 1830) e *Anastrepha obliqua* (Macquart, 1835) (Diptera: Tephritidae). 1990. 134 f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.

RAGA, A.; SATO, M. E. Controle químico de moscas-das-frutas. São Paulo: Instituto Biológico, 2016 Disponível em: http://www.biologico.sp.gov.br/docs/dt/moscas_das_frutas.pdf. Acesso em: 29 jan. 2017.

RAGA, A.; SOUZA-FILHO, M. F. Manejo e monitoramento de moscas-das-frutas. in: III REUNIÃO ITINERANTE DE FITOSSANIDADE DO INSTITUTO BIOLÓGICO. Mogi das Cruzes, p.43-49. 2000.

RAGA, A.; SOUZA-FILHO, M. F.; MACHADO, R. A.; SATO, M. E.; SILOTO, R. C. Host ranges and infestation indices of fruit flies (Tephritidae) and lance flies (Lonchaeidae) in São Paulo State, Brazil. Florida Entomologist, v.94, p. 787-794, 2011.

RAGA, A.; YASUOKA, S. T.; AMORIM, E. O.; SATO, M. E.; SUPLICY FILHO, N.; FARIA, J. T. de. 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. 1996.

RAGA, A.; BALDO, F. B. Ataque Direto. Cultivar HF, Pelotas, p. 14 - 17, 30 ago. 2016.

RAHMAN, R.; RIGNEY, C.; BUSCH-PETERSEN E. Irradiation as a quarantine treatment against *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae): anatomical and cytogenetic changes in mature larvae after gamma irradiation. J. Econ. Entomol. 83: 1449–54. 1990.

RAMOS, S. R. R.; LIMA, N. R. S.; CARVALHO, H. W. L. de; OLIVEIRA, I. R. de; SOBRAL, L. F.; CURADO, F. F. Aspectos técnicos do cultivo da abóbora na região Nordeste do Brasil. Embrapa Tabuleiros Costeiros. 2010. 36p. (Embrapa Tabuleiros Costeiros. Documentos, 154).

RESENDE, G. M.; BORGES, R. M. E.; GONÇALVES, N. P. S. Produtividade da cultura da abóbora em diferentes densidades de plantio no Vale do São Francisco. Horticultura Brasileira 31: 504-508. 2013.

ROMANO, C. M.; STUMPF, E. R. T.; BARBIERI, R. L.; BEVILAQUA, G. A. P.; RODRIGUES, W. F. Polinizahção manual em abóboras - Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2008. 26p.

RUBATZKY, V. E.; YAMAGUCHI, M. World vegetables. In: Principles, production, and nutritive values. Second edition. Chapman e Hall, New York. 1997. 572 p.

RUSSELL, R. M.; ROBERTSON, J. L.; SAVIN, N. E. POLO: A new computer program for probit analysis. Bull. Entomol. Soc. Amer. 23(3):209-213. 1977.

SALLES, L. A. B. Bioecologia e controle da mosca-das-frutas sul-americana. Pelotas, RS: Embrapa CPACT. 1995.

SCHIRRA, M.; D'HALLEWIN, G.; BEN-YEHOSHUA, S.; FALLIK, E. Host–pathogen interactions modulated by heat treatment. Postharvest Biol. Technol. 21, 71–85. 2000. doi:10.1016/S0925-5214(00)00166-6

SCHORTEMAYER, M.; THOMAS, K.; HAACK, R. A.; UZUNOVIC, A.; HOOVER, K.; SIMPSON, J. A.; GRGURINOVIC, C. A. Appropriateness of Probit-9 in the Development of Quarantine Treatments for Timber and Timber Commodities. *J. Econ. Entomol.* 104(3): 717-731, 2011. DOI: 10.1603/EC10453

SELIVON, D. Relações com as plantas hospedeiras. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. cap. 9, p. 87-91.

SELIVON, D.; MORGANTE, J. S.; PERONDINI, A. L. P. Egg size, yolk mass extrusion and hatching behavior in two cryptic species of *Anastrepha fraterculus* (Wiedemann) (Diptera: Tephritidae). *Braz. J. Genet.* 20: 587–594. 1997.

SHARP, J. L. Immersion in water as a quarantine treatment for California stone fruits with the Caribbean fruit fly (Diptera: Tephritidae). *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v.83, n.4, p.1.468-1.470, 1990.

SHARP, J. L.; CHEW, V. Time/mortality relationships for *Anastrepha suspensa* (Diptera: Tephritidae) eggs and larvae submerged in hot water. *Journal of Economic Entomology*, Lanham, v. 80, n. 3, p. 646-649, 1987.

SILVA, A. V. C.; OLIVEIRA, D. S. N.; YAGUIU, P.; CARNELOSSI, M. A.G.; MUNIZ, E. N.; NARAIN, N. Temperatura e embalagem para abóbora minimamente processada. *Ciência e Tecnologia*, v.29, n. 2, p. 391-394. 2009.

SILVA, F. A. S.; AZEVEDO, C. A. V. Comparison of means of agricultural experimentation data through different tests using the software Assistat. *Afr. J. Agric. Res.* Vol. 11(37), p. 3527-3531, 15 September (2016). DOI: 10.5897/AJAR2016.11523

SILVA, J. G.; MALAVASI, A. The status of honeydew melon as a host of *Anastrepha grandis* (Diptera:Tephritidae). *Florida Entomologist*, v.76, n.3, p.516-519. 1993.

SILVEIRA, A. C.; AGUAYO, E.; ESCALONA, V. H.; ARTÉS, F. Hot water treatment and peracetic acid to maintain fresh-cut "Galia" melon quality. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, v. 12, n. 4, p.569-576, 2011. DOI: 10.1016/j.ifset.2011.02.010.

SIQUEIRA, A. A. Z. C. de. Utilização de radiação gama em melões cantaloupe (*Cucumis melo* L. var. *Cantaloupensis*) como técnica de conservação pós-colheita. 2007. 108f. Tese (Doutorado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2007.

SMITH, H. T. Programa de Control Cooperativo de a Mosca de la Fruta: Borrador de La Declaración de Impacto Abiental – 1999. United States Departamento of Agriculture, Marketing and Regulatory Programs, Animal and Plant Health Inspection Service, 1999. 246p.

SOUZA-FILHO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; RAGA, A.; AZEVEDO-FILHO, J. A.; MONTES, S. M. N. M.; GARCIA, M. J. D. M.; ALMEIDA, A. M.; PEREIRA, M. F. A.; MICHELOTTO, M. D.; MATIOLI, A. L. Geographical distribution of *Anastrepha grandis* (MACQUART) in the state of São Paulo, Brazil. In: 8º CONGRESSO HEMISFÉRICO OCCIDENTAL DE MOSCAS DE LA FRUTA 2012. Panamá City, Panamá. 2012a.

SOUZA-FILHO, M. F.; OLIVEIRA, A. S.; RAGA, A.; MONTES, S. M. N. M.; AZEVEDO-FILHO, J. A.; GARCIA, M. J. D. M.; ALMEIDA, A. M.; PEREIRA, M. F. A.; MICHELOTTO, M. D.; MATIOLI, A. L. 2012b. Natural hosts for *Anastrepha grandis* (macquart) in the São Paulo State, Brazil. In: 8º CONGRESSO HEMISFÉRICO OCCIDENTAL DE MOSCAS DE LA FRUTA. 2012. Panamá City, Panamá. 2012b.

SOUZA-FILHO, M. F.; RAGA, A.; ZUCCHI, R. A. Moscas-das-frutas nos Estados brasileiros: São Paulo. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (Ed.). Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. p. 277-283.

TEPPNER, H. Notes on *Lagenaria* and *Cucurbita* (Cucurbitaceae). Phyton 44: 245- 308. 2004.

THOMAS, P.; BHUSHAN, M. R.; RAMAMURTHY, M. S. Comparative studies on the efficacy of gamma irradiation, heat, refrigeration and combined treatments as a quarantine treatment for mango fruit. Vienna: IAEA, 1996. p. 299-314.

TOLEDO, J.; BUSTOS, M. E.; LIEDO, P. Irradiación de naranjas infestadas por *Anastrepha ludens* (Loew) (Diptera:Tephritidae) como tratamiento cuarentenario. Folia Entomológica Mexicana., México, v.40, p.283-295. 2001.

URAMOTO, K. Diversidade de moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em pomares comerciais de papaya e em áreas remanescentes da Mata Atlântica e suas plantas hospedeiras nativas, no município de Linhares, Espírito Santo. 2007. 105p. Tese (Doutorado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba. 2007.

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

VIEIRA, S. M. J. 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. 2011. 105f. Tese (Doutorado) Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Agrícola. Campinas. 2011.

WADELL, B. C.; CLARE, G. K.; MAINDONALD, J. H. Comparative mortality responses of two cook island fruit fly (Diptera:Tephritidae) species of hot water immersion. Journal of Economic Entomology, Lanham, v.90, n.5, p.1351-1356, 1997.

WEEMS Jr., H. V. *Anastrepha grandis* (Macquart). (Diptera: Tephritidae). Entomology Circular. No. 334. 1990.

WEEMS Jr., H. V. South American Cucurbit Fruit Fly, *Anastrepha grandis* (Macquart) (Insecta: Diptera:Tephritidae) (EENY-205). University of Florida, Institute of Food and Agricultural Sciences, Gainesville, Florida. 2006.

WEEMS Jr., H. V. South American cucurbit fruit fly, *Anastrepha grandis* (Macquart) (Insecta: Diptera: Tephritidae). Florida, University of Florida, 2001. 3p. (DPI Entomology Circular, 334).

YAHIA, E. M. Effects of insect quarantine treatments on the quality of horticultural crops. Stewart Postharvest Review 2(1):1-18. February 2006. DOI: 10.2212/spr.2006.1.6

ZAHLER, P. M. Moscas-das-frutas (Diptera: Tephritidae) em dois pomares de manga (*Mangifera indica*) do Distrito Federal: levantamento de espécies e flutuação populacional. Revista Ceres, v.38, n.217, p.206-216, 1991.

ZHAN, G.; REN, L.; SHAO, Y.; WANG, Q.; YU, D.; WANG, Y.; LI, T. Gamma Irradiation as a Phytosanitary Treatment of *Bactrocera tau* (Diptera: Tephritidae) in Pumpkin Fruits. *Journal of Economic Entomology*, v. 108, n. 1, p. 88-94, 2015. DOI: 10.1093/jee/tou013

ZUCCHI, R. A. Diversidad, distribución y hospederos del género *Anastrepha* en Brasil. In: HERNÁNDEZ-ORTIZ, V. (Ed.). *Moscas de la fruta en Latinoamérica (Diptera: Tephritidae): Diversidad, biología y manejo*. Distrito Federal, México: S y G Editores, 2007. p. 77-100.

ZUCCHI, R. A. Fruit flies in Brazil - *Anastrepha* species and their hosts plants, 2008. Disponível em: http://www.lea.esalq.usp.br/anastrepha/edita_infos.htm. Acesso em: 07 ago. 2016.

ZUCCHI, R. A. Taxonomia. In: MALAVASI, A.; ZUCCHI, R. A. (ed.). *Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicado*. Ribeirão Preto: Holos Editora, 2000. cap.1, p. 13-24.