

**UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO  
CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA**

**EDSON ANTONIO DI PIERO**

**Determinação das doses letais e esterilizantes de radiação gama para todas  
as fases do ciclo evolutivo de *Ecdytophha aurantiana* (Lima, 1927)  
(Lepidóptera: Tortricidae) bicho-furão-dos-citros, visando o seu controle**

**Piracicaba**

**2016**



**EDSON ANTONIO DI PIERO**

**Determinação das doses letais e esterilizantes de radiação gama para todas as fases do ciclo evolutivo de *Ecdyolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidóptera: Tortricidae) bicho-furão-dos-citros, visando o seu controle**

**Dissertação apresentada ao Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo para obtenção do Título de Mestre em Ciências**

**Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente**

**Orientador: Prof. Dr. Valter Arthur**

**Piracicaba**

**2016**

AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)  
**Seção Técnica de Biblioteca - CENA/USP**

Di Piero, Edson Antonio

Determinação das doses letais e esterilizantes de radiação gama para todas as fases do ciclo evolutivo de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidóptera: Tortricidae) bicho-furão-dos-citros, visando o seu controle / Edson Antonio Di Piero; orientador Valter Arthur. - - Piracicaba, 2016.

38 p.: il.

Dissertação (Mestrado – Programa de Pós-Graduação em Ciências. Área de Concentração: Energia Nuclear na Agricultura e no Ambiente) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo.

1. Bicho-furão 2. Citros 3. Controle por irradiação 4. Irradiação de insetos 5. Pragas das plantas 6. Radiação ionizante I. Título

CDU 632.935.4 : 595.78

## **DEDICO**

Aos meus pais,  
Livio Di Piero e Nancy H. P. Di Piero,

A minha irmã  
Claudia Di Piero

E a minha sobrinha  
Laura Di Piero Volpato



## AGRADECIMENTOS

A Deus pela força que me dá diariamente.

Aos meus pais, Livio e Nancy, a minha irmã Claudia, a minha sobrinha Laura pelo amor carinho e paciência.

Ao meu orientador Prof. Dr. Valter Arthur pela orientação, paciência, confiança e incentivo na realização deste trabalho.

A Profa. Dra. Elizabete A. de Nadai Fernandes, Presidenta do Curso de Pós-Graduação em Energia Nuclear na Agricultura – CENA/USP, pelo incentivo e compreensão.

Ao Prof. Dr. José R. P. Parra pelo fornecimento dos insetos.

Ao André Ricardo Machi pela ajuda nas análises estatísticas.

A Técnica de Laboratório Lucia Cristina A. S. Silva, pela ajuda no desenvolvimento do experimento.

A Bibliotecária Marília R. Garcia Henyei pelo auxílio na revisão.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação do Centro de Energia Nuclear na Agricultura, pelos ensinamentos transmitidos.

Aos funcionários da Seção de Pós-Graduação do CENA pelos serviços prestados.

Ao CNPq pela bolsa concedida.

A todos que contribuíram direta ou indiretamente para a realização deste trabalho.



## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** - Numero médio de larvas mortas e eclodidas de ovos de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) irradiados com dose crescentes de radiação gama do Cobalto-60 ..... 23
- Tabela 2** – Numero médio de larvas vivas e mortas de segundo instar de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) e emergência de adultos de após irradiação com dose crescentes de radiação gama do Cobalto-60 ..... 24
- Tabela 3** – Numero de adultos emergidos após irradiação de larvas de quinto instar de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) irradiados com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60 ..... 25
- Tabela 4** – Numero médio de adultos emergidos de pupas de 8 a 10 dias de idade de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60 ..... 26
- Tabela 5** - Numero médio da longevidade de adultos e de larvas eclodidas quando adultos de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) com 2 dias de idade foram irradiados com radiação gama do Cobalto-60 ..... 27



## RESUMO

DI PIERO, E. A. **Determinação das doses letais e esterilizantes de radiação gama para todas as fases do ciclo evolutivo de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidóptera: Tortricidae) bicho-furão-dos-citros, visando o seu controle.** 2016. 38 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

O objetivo do trabalho foi determinar as doses letais e esterilizantes de radiação gama para todas as fases do ciclo evolutivo de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidóptera: Tortricidae) bicho-furão-dos-citros, visando o seu controle. O trabalho foi conduzido no Laboratório de Raiobiologia e Ambiente/Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Piracicaba, da Universidade de São Paulo (USP). Para irradiação de todas as fases do inseto foi utilizado uma fonte de Cobalto-60, tipo Gammabeam – 650, as doses utilizadas foram: 0 (controle), 50, 100, 200, 300, 400 e 500 Gy, foram irradiados sob uma taxa de dose de 1,112 kGy/hora. Os ensaios foram realizados em câmara climatizada com temperatura de  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$ . O experimento foi realizado em blocos ao acaso, variando de cinco a oito tratamentos e com três e cinco repetições cada tratamento, com 10 insetos por repetição. Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ). Pelos resultados obtidos conclui-se que as doses letais e esterilizantes para todas as fases do ciclo evolutivo do *E. aurantiana*, foram: ovos a dose letal foi 100Gy a esterilizante 50 Gy; larva de segundo instar a dose letal foi 150 Gy a esterilizante 100 Gy; larva de ultimo instar a dose letal foi de 200 Gy a esterilizante 150 Gy; pupa a dose letal foi de 400 Gy, a esterilizante de 300 Gy; já para adultos a dose esterilizante também foi de 300 Gy. Portanto uma dose de 400 Gy pode ser utilizada para o tratamento quarentenário de todas as fases do ciclo evolutivo do bicho-furão-dos-citros.

Palavras-chave: Controle quarentenário. Radiação gama. Bicho-furão-dos-citros.



## ABSTRACT

DI PIERO, E. A. **Determination of lethal and sterilizing doses of gamma radiation for all phases of the life cycle of *Ecdytoplopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) borer of the citrus, aiming its control.** 2016. 38 p. Dissertação (Mestrado) – Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2016.

The objective was to determine the lethal and sterilizing doses of gamma radiation for all phases of the life cycle of *Ecdytoplopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae) borer of the citrus, aiming its control. The work was conducted in Radiobiology Laboratory and Environment / Radioentomology of the Center for Nuclear Energy in Agriculture (CENA) in Piracicaba city, University of São Paulo (USP). For irradiation of all insect stages was used a source of cobalt-60, type Gammabeam - 650 doses were used: 0 (control), 50, 100, 200, 300, 400 and 500 Gy was irradiated in a dose rate of 1,112 kGy/hour. The assays were performed in a climatic chamber with  $25 \pm 2^{\circ}\text{C}$  temperature and humidity on  $70 \pm 10\%$ . The experiment was conducted in randomized blocks, ranging from five and eight treatments and three and five replicates per treatments, with 10 insects per repetition. The data were submitted to analysis of variance and means were compared by Tukey test ( $p < 0.05$ ). From the results obtained it is concluded that the lethal doses and for sterilizing all stages of the life cycle of *E. aurantiana* were: egg lethal dose was 100 Gy and 50 Gy the sterilizing; second instar larvae lethal dose was 150 Gy and 100 Gy the sterilizing; last instar larvae of the lethal dose was 200 Gy and 150 Gy the sterilizing; pupae lethal dose was 400 Gy and 300 Gy the sterilizing; the sterilizing dose for adults it was also 300 Gy. Therefore a dose of 400 Gy can be used for quarantine treatment of all stages of the life cycle of the borer of the citrus.

Keywords: Control quarantine. Gamma radiation. Borer of the citrus.



## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO</b> .....	<b>15</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	<b>17</b>
2.1 Biologia e hábitos .....	17
2.2 Sintomas do ataque e danos .....	18
2.3 Plantas hospedeiras.....	19
2.4 Controle.....	19
2.5 Efeitos das radiações sobre os insetos .....	20
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	<b>24</b>
3.1 Objetivo Geral .....	24
3.2 Objetivos específicos.....	24
<b>4. MATERIAL E METODOS</b> .....	<b>25</b>
4.1 Determinações da dose letal para ovos.....	25
4.2 Determinação da dose esterilizante e letal para as lagartas .....	26
4.3 Determinação da dose esterilizante e letal para pupas .....	26
4.4 Determinação da dose esterilizante para adultos .....	27
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	<b>28</b>
<b>6. CONCLUSÕES</b> .....	<b>33</b>
<b>REFERENCIAS</b> .....	<b>34</b>



## 1. INTRODUÇÃO

No Brasil nos últimos anos, tivemos um aumento significativo na produção de frutos cítricos, ultrapassando de 305 milhões de caixa em 1988 para 396 milhões em 1995 (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 1996) e de 408 milhões em 1996 somente o Estado de São Paulo, produziu 343 milhões de caixas, significando 86,6% do total produção da brasileira (AGRIANUAL, 1997).

Já a produção de laranja em 2015 foi de 397.209.828 caixas de 40,8 kilos, São Paulo ainda continua sendo o maior produtor do Brasil, com 284.889.289 caixas de 40,8 kilos. (AGRIANUAL, 2016).

Um dos fatores que limitou a produção citrícola no Brasil, principalmente no Estado de São Paulo, nos últimos anos, foi o bicho-furão-dos-citros, *Ecdytolopha aurantiana* (LIMA, 1927).

Prates et al. (1981), afirmaram que no final da década de 70 e início da década de 80, que devido ao ataque do bicho-furão já ocorriam danos à citricultura. A partir da dessa década de 80 houve um aumento significativo da praga e conseqüentemente a sua importância, atingindo o nível de dano econômico, causando perdas maiores que 50% da produção de citros no Estado de São Paulo, sendo que a partir de novembro inicia-se o ataque, com as maiores incidências nos meses de janeiro, fevereiro e março. As variedades Pêra, Natal e Valência são as mais infestadas.

Segundo a Citricultura (1996), em levantamentos realizados para verificar a ocorrência do bicho-furão em 1994/1995 nas principais regiões citrícolas do Estado de São Paulo. Foi observada a sua ocorrência em diferentes intensidades de infestação, com perdas de até 1,5 caixas de laranjas por planta. A ordem crescente das variedades preferidas pelo bicho-furão foram Pêra, Natal, Valência e Hamlin (PRATES; PINTO, 1995).

Para o controle do bicho-furão, tem-se destacando o triclorfom e carbaril, e em numero bastante reduzido o controle biológico através de formulações à base de *Bacillus thuringiensis* (PRATES et al., 1981; NAKANO; SOARES, 1995).

Os produtos mais utilizados são aqueles à base de deltametrina. A prática, de catação dos frutos caídos no solo ou no pé de laranja deve ser adotada, pois ajudam em até 70% na eficiência de controle (PRATES; PINTO, 1988).

Por isto, além do controle em nível de campo que deve ser realizado, torna-se importante desenvolver um método quarentenário eficaz, para que as exportações de frutos cítricos do Brasil não sejam proibidas pelos Blocos Econômicos, produtores destas frutas, e que já manifestam preocupação com a ocorrência do bicho-furão.

Neste aspecto, a utilização da radiação ionizante do Cobalto-60, possivelmente será uma alternativa viável no tratamento quarentenário dessa praga, pois é uma técnica segura, limpa e não deixa resíduos indesejáveis aos frutos tratados pelo processo de irradiação.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

O primeiro relato do bicho furão no Estado de São Paulo foi feito por Bondar em 1915, quando coletou laranjas infestadas com esse inseto e identificou-o como *Tortrix citriana* Fernald (LIMA, 1927; 1945).

Lima (1927) descreveu esse inseto como *Gymnandrosoma aurantianum* e foi incluído na família Olethreutidae. Costa Lima em 1945 classificou-o na família Grapholitidae, e ficou até pouco tempo. Já Powell, Razowski e Brown (1995) transferiram o *G. aurantianum* para *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927), pertencente à família Tortricidae.

Na revisão de literatura para esse inseto os nomes comuns encontrados, são: bicho-furão, bicho-furão-dos-citros, mariposa dos laranjais e mariposa das laranjas (FONSECA, 1934; PRATES et al., 1981; PRATES; PINTO, 1988; 1991; 1992; 1995; PINTO, 1994; NAKANO; SOARES, 1995).

Zucchi, Silveira Neto e Nakano (1993) afirmaram que esta espécie ocorre em toda a América do Sul. No Brasil, Prates e Pinto (1988; 1991) relataram que esse inseto ocorre no Amazonas, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul, Goiás, Pará, Mato Grosso, Santa Catarina e São Paulo. Alves e Martins (1991) confirmaram a sua ocorrência no Espírito Santo. Prates e Pinto (1995) confirmaram a ocorrência da praga em 54 municípios do Estado de São Paulo, nas principais regiões citrícolas.

### 2.1. Biologia e Hábitos

Abordaremos aqui alguns trabalhos que falam sobre os aspectos da biologia desta praga, descrevendo as diferentes fases do ciclo evolutivo da praga, baseando-se na literatura disponível.

A oviposição é realizada na superfície dos frutos (PRATES; PINTO, 1988). O período de incubação dos ovos varia de 3 a 5 dias (PINTO, 1994; 1995).

Já segundo Nakano e Soares (1995), a oviposição pode ser feita nos frutos e nas folhas, isolados, são achatados e transparentes. Durante o desenvolvimento embrionário, ficam opacos, e após 3 e 5 dias eclodem as lagartas, que penetração no fruto.

Segundo Prates e Pinto (1988; 1991) a lagarta após eclosão é de coloração marrom-clara, com aproximadamente 5 mm, atingindo de 15 a 18 mm quando completa o ciclo larval.

A lagarta atinge aproximadamente 18 mm, com uma coloração, pardo-clara. O autor inclui detalhamento de manchas e pilosidade existentes (FONSECA, 1934).

Nakano e Soares (1995) afirmaram que a lagarta passa por 5 ecdises antes de se transformar em pupa, em um período de 25 dias, ou de 20 e 25 dias (PRATES; PINTO, 1991; PINTO, 1994; 1995).

Após o período larval, a lagarta deixa o fruto e procura abrigo (folhas e detritos secos) penetrando no solo, e se transformam em pupa. A pupa de coloração marrom atinge cerca de 10 mm de comprimento. O período pupal é de 15 a 20 dias, dependendo da temperatura (PRATES; PINTO, 1991; PINTO, 1994; NAKANO; SOARES, 1995).

Os adultos têm 17 mm de envergadura, coloração predominantemente acinzentada, com as asas posteriores mais claras do que as anteriores (FONSECA, 1934).

Prates e Pinto (1988; 1991), afirmaram que as asas das fêmeas são mais escuras do que as dos machos, com uma mancha característica de coloração marrom clara em torno da margem externa. As asas podem apresentar coloração variada, que quando em repouso, possam mimetizar um pedaço de casca seca e proteger-se de inimigos naturais.

Segundo Redfern Junior e Di Giacomo (1991) os adultos possuem hábito crepuscular e cada fêmea oviposita de 30 a 70 ovos num período de 15 dias. Durante o período diurno escondem-se no interior das plantas e no noturno entram em atividade, acasalando e ovipositando nos frutos verdes ou maduros.

O ciclo evolutivo de *Ecdytolopha aurantiana* se completa entre 40 e 53 dias, em geral, desenvolve-se um indivíduo por fruto (PRATES; PINTO, 1991; PRATES, 1992; PINTO, 1994).

Segundo Nakano e Soares (1995), o ciclo evolutivo total do *Ecdytolopha aurantiana* é de 30 a 50 dias, variável em função das condições climáticas.

## **2.2. Sintomas do ataque e danos**

As variedades de laranjas mais infestadas são: Pêra, Natal, Valência e Hamlin. Os sintomas de ataque nos frutos são muito semelhantes aos provocados por mosca-das-frutas (PRATES; PINTO, 1991; 1992; 1995). A praga *Ecdytolopha aurantiana* pode atacar tanto os frutos verdes como os maduros. Nos frutos verdes, forma-se um halo amarelado ao redor do orifício de penetração da lagarta, halo este, que com o passar do tempo, torna-se pardo-escuro. A eliminação das fezes corre pelo orifício de penetração, facilitando a diferenciação dos sintomas de moscas-das-frutas, que não deixam

resíduos. Os frutos verdes e maduros caem da planta, apodrecendo no solo (NAKANO; SOARES, 1995). Geralmente, o inseto começa ocorrer, em São Paulo, a partir de novembro, com picos em fevereiro e março (PRATES, 1992), podendo, ocorrer durante todo o ano (NAKANO; SOARES, 1995).

### 2.3. Plantas hospedeiras

Segundo Silva et al. (1968) o bicho-furão-dos-citros foi encontrado em citros, goiabeira, lichia, mangueira, e em macadâmia, podendo, as vezes pode, atacar fruta-do-conde (NAKANO; SOARES, 1995).

A *Ecdytolopha aurantiana* foi relatada em Trinidad-Tobago e Dominica, atacando citros, lichia, banana e cacau e na Costa Rica, frutos de macadâmia (WHITE, 1993).

Fennah (1942) afirmou que em Dominica ocorre em laranja e uma grande população, pode infestar os frutos de *Simaruba amara* (Simarubaceae).

### 2.4. Controle

A *Ecdytolopha aurantiana* basicamente é controlada, através de produtos químicos e biológicos, estes últimos formulados com *Bacillus thuringiensis*. Os produtos mais utilizados são mencionados em Prates et al. (1981); Prates e Pinto (1988; 1992); Prates e Pinto (1991); Pinto (1995); Guerreiro et al. (1997); Pinto et al. (1997).

Segundo a Citricultura (1996) os produtos químicos matam somente as lagartas que estão fora do fruto. E as aplicações indiscriminadas dos produtos químicos podem ser desastrosas, acarretando desequilíbrios biológicos e o aparecimento de outras pragas.

Deste modo um método limpo e eficaz para o controle quarentenário dos frutos seria o tratamento, destes com radiação gama ionizante, promovendo a esterilização do bicho-furão e conseqüentemente a conservação dos frutos assim tratados.

## 2.5. Efeitos das radiações sobre os insetos

Devido a não existência de literatura sobre a utilização da radiação gama no controle do bicho-furão, será apresentada a revisão de literatura sobre a irradiação de insetos da ordem Lepidóptera, com raras exceções.

Hunter (1912) foi o pioneiro a utilizar radiação ionizante em entomologia, empregando raios-X no controle de *Sitophilus oryzae*, embora não obtivesse resultados satisfatórios, porque a ampola utilizada emitia radiações ionizantes de baixa energia.

Runner (1916) foi o primeiro autor, a provar a utilidade de radiação ionizante no controle de insetos, pois conseguiu esterilizar adultos de *Lasioderma serricone*, com a utilização de raio-X.

O primeiro trabalho com irradiação de insetos no Brasil foi realizado por Gallo (1960), que irradiou pupas de *Ceratitis capitata* e pupas de *Diatraea saccharalis* com radiação gama do berílio com o objetivo de esterilizar os insetos.

Qureshi et al. (1969) observaram os efeitos da radiação gama em pré-pupas de *Sitotroga cerealella*, colocando fêmeas irradiadas com 100 Gy em contato com machos virgens e vice-versa, sendo que tais cruzamentos não permitiram a obtenção de ovos viáveis. A dose de 200 Gy em pupas foi suficiente para induzir a esterilidade e a deformação das asas dos adultos emergidos de ambos os sexos. Nos adultos irradiados a dose de 250 Gy não foi suficiente para induzir a esterilidade.

Becnzer e Farkas (1974) irradiaram todos os estágios de *Plodia interpunctella* e puderam observar que ovos são mais radiosensíveis das fases imaturas, sendo que a dose de 350 Gy é suficiente para a desinfestação de produtos que contém ovos e larvas, mas para esterilizar o ciclo completo da praga é necessário a utilização de 700 Gy.

Groosu (1976) irradiou todas as fases do ciclo evolutivo de *Plodia interpunctella* com radiação gama, sendo que a dose de 250 Gy inibiu completamente a eclosão das larvas, 400 Gy esterilizou os adultos provenientes de larvas irradiadas, e a dose esterilizante para os adultos provenientes de crisálidas irradiadas foi de 300 a 400 Gy para fêmeas e machos. A dose esterilizante para adultos foi maior que 400 Gy.

Rodriguez et al. (1983) determinaram que as doses letais para ovos, e esterilizantes para adultos de *Sitotroga cerealella* foram respectivamente, 100 e 1000 Gy.

Assad e Shikrenov (1983) observaram que 100% dos ovos de *Euphestia kuehniella*, pereceram quando foram irradiados com 60 Gy. As larvas jovens quando irradiadas com as doses de 200 a 220 Gy, apresentaram 100% de mortalidade, 60 dias após o tratamento, ao passo que larvas mais velhas, demoraram 70 dias para perecer 100% com a dose de 200 Gy, e na dose de 220 Gy, este efeito foi obtido aos 50 dias.

Tsvetkov e Atanasov (1983) irradiaram ovos de *Euphestia kuehniella* e observaram os seguintes resultados: os ovos de 3 dias se tornaram completamente estéreis com a dose de 50 Gy, sendo o mesmo efeito observado nos ovos mais velhos, quando irradiados com a dose de 150 Gy, ou seja, estes são mais radioresistentes do que os ovos mais novos. No tratamento com pupas, os autores observaram que a dose de 300 Gy foi 100% letal para as pupas de 3 dias de idade, enquanto foi necessária a dose de 700 Gy, para causar o mesmo efeito para as pupas de 1 dia de idade.

Burditt e Moffitt (1985), já naquela época, informaram que as pesquisas conduzidas por eles mostraram que a utilização da radiação gama poderia ser considerada como um tratamento potencial de quarentena para *Cydia pomonella*, uma vez que as larvas da praga expostas à dose de 100 Gy reduziram significativamente a emergência de adultos. Projetando os dados, os autores estimaram que o Probit 9 para a não obtenção de adultos, para larvas tratadas é alcançado com a dose de 145 Gy.

Rodriguez et al. (1983) observaram que a dose de 140 Krad foi totalmente letal para os ovos de *Sitotroga cerealella*, e que doses variando de 300 a 320 Krad, não causaram a letalidade imediata da praga, mas somente após 2 dias.

Arthur, Consolmagno e Wiendl (1984) observaram que a dose de 200 Gy causou a esterilidade nos adultos de *Plodia interpunctella*.

Arthur (1985) irradiou todas as fases do ciclo evolutivo de *Sitotroga cerealella* e concluiu que a dose de 125 Gy foi letal para ovos e 150, 250 e 500 Gy esterilizantes para lagartas, crisálidas e adultos respectivamente. Já a dose letal imediata para adultos foi 4750 Gy.

Ahmed et al. (1985) observaram que a dose de radiação gama de 100 Gy, sobre pupas de 1 ou 2 dias de idade de *Euphestia kuehniella*, impediu a emergência de adultos, enquanto a dose de 600 Gy, provocou 100% de mortalidade das pupas. Por outro lado as doses de 250 e 450 Gy, induziram respectivamente, a completa esterilização das fêmeas e machos, provenientes das pupas irradiadas.

Sallam et al. (1986) notaram que os adultos (machos e fêmeas) de *Spodoptera littoralis*, quando irradiados com a dose de 500 Gy, tornaram-se completamente estéreis.

Gyulai, Kovacs e Szalma (1987) observaram que a dose de 400 Gy, foi suficiente para inibir a emergência de adultos, provenientes dos ovos, larvas e pupas de *Plodia interpunctella*, irradiadas.

Kusumahadi e Hudaya (1988) irradiaram pupas de *Chilo auricillus*, e não observaram nenhuma diferença de susceptibilidade à radiação entre machos e fêmeas, no tocante a viabilidade das pupas e as alterações morfológicas. Com respeito à esterilidade, os machos foram significativamente mais resistentes do que as fêmeas, pois as pupas tratadas com 150 Gy deram origem, respectivamente, a 89,97% e 100%, de machos e fêmeas estéreis.

Tamborlin (1988) observou que as doses de 160 e 250 Gy de radiação gama, causaram a esterilização de adultos, provenientes, respectivamente, de larvas e pupas irradiadas de *Plodia interpunctella*. Para os adultos irradiados, a dose de 250 Gy causou a esterilização das fêmeas, ao passo que o mesmo efeito foi alcançado com os adultos machos, com a dose de 300 Gy.

Arthur, Walder e Wiendl (1989) irradiaram pupas de *Diatraea saccharalis* com 6 dias de idade, e concluíram que a dose de 400 Gy induziu a esterilidade total nos insetos adulto.

Bhuiya et al. (1991) observaram que a dose de 400 Gy, aplicada em grãos de mostarda e sésamo, impediram a metamorfose de ovos, larvas e pupas de *Sitotroga cerealella* e *Oryzaephilus surinamensis*. No mesmo experimento constataram que as doses de 50, 200 e 500 Gy, aplicadas sobre as formas imaturas de *Lesioderma serricone*, propiciaram respectivamente, os seguintes resultados: não emergência de adultos provenientes dos ovos, não emergência de adultos provenientes de larvas e 36% de emergência de adultos, que sobreviveram somente 7 dias.

Bosidra e Hasaballa (1993) estudaram os efeitos das doses de radiação gama variando de 100 a 650 Gy, sobre os adultos de *Plodia interpunctella*, observaram que as fêmeas foram mais radiosensíveis do que os machos, no tocante a esterilização, uma vez que a completa esterilidade dos machos e fêmeas foi obtida, respectivamente, com as doses de 500 e 650 Gy.

Arthur et al. (1994) irradiaram pupas com 5 dias de idade de *Spodoptera frugiperda*, com doses de radiação gama de 0, 50, 75, 100 e 125 Gy, e observaram que os machos provenientes de pupas irradiadas com 125 Gy, quando cruzados com fêmeas produziram somente 15% de eclosão de larvas. No caso das fêmeas oriundas das pupas irradiadas com a mesma dose, quando cruzadas com machos normais, produziram ovos que propiciaram somente 10% de eclosão de larvas.

Aguilar, Arthur e Wiendl (1995) irradiaram adultos de *Heliothis virescens*, e observaram que as fêmeas irradiadas com 125 e 150 Gy, apresentaram uma esterilidade, respectivamente, de 95,8% e 100% já aquelas com 150 Gy apresentaram 100% de esterilidade.

Grosso (1996) em seu trabalho de pesquisa concluiu que, as doses letais de radiação gama para ovos, lagartas e crisálidas de *Scrobipalpuloides absoluta*, foram respectivamente, 70, 200 e 300 Gy.

Saour e Makee (1996) irradiaram machos adultos de *Phthorimaea operculella*, com idade de até 18 horas, com doses variando de 50 até 450 Gy, e com a maior dose, obteve a esterilização de 91%.

Arthur et al. (1997) estudaram os efeitos das doses subesterilizantes de radiação gama e a esterilidade hereditária sobre a reprodução de *Diatraea saccharalis*.

Arthur (1997) afirmou que o método de controle através das radiações ionizantes merece um destaque especial, isso devido a sua eficiência comprovada e por ser um método de controle essencialmente seletivo e não poluente.

Aguilar, Arthur e Wiendl (1995) estudaram os efeitos das doses subesterilizantes de radiação gama e esterilidade hereditária sobre a reprodução de *Spodoptera frugiperda*.

Arthur (1998) fez uma visão crítica do uso das radiações gama como processo quarentenário para moscas das frutas e recomenda uma dose de 225 Gy como desinfestante de frutos destinados à exportação.

Arthur (2004) estudou os efeitos das radiações ionizantes visando o tratamento fitossanitário para três espécies de lepidópteros pragas de importância agrícola no Brasil.

Arthur et al. (2012) afirmaram a importância do tratamento quarentenário de pragas de importância agrícola pelas radiações ionizantes.

Hallman (2012) e Hallman et. al. (2013) sugeriram uma dose de 250 Gy para o tratamento quarentenário de ovos e larvas de lepidópteros de um modo geral.

### **3. OBJETIVOS**

#### **3.1. Objetivo Geral**

Determinação de doses letais e esterilizantes para todas as fases do ciclo evolutivo de *Ecdyolopha aurantiana* visando o seu controle.

#### **3.2. Objetivos Específicos**

Determinar as doses letais e esterilizantes de radiação gama do Cobalto-60, para todas as fases do ciclo evolutivo (ovo, larva, pupa e adulto) do bicho-furão, *Ecdyolopha aurantiana*, criados em dieta artificial.

Fornecer subsídios para uma possível aplicação da técnica do inseto estéril num programa de controle integrado de pragas na cultura de laranja,

Obtenção de dados referentes à radiosensibilidade das fases do ciclo do inseto visando o tratamento quarentenário de laranjas para viabilizar a sua exportação.

#### 4. MATERIAL E METODOS

A presente pesquisa foi desenvolvida nos laboratórios da Seção de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), USP, Piracicaba – S.P, com as espécies *Ecdytoplopha aurantiana* (LIMA, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae), em câmara climatizada com temperatura de  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  e umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  conforme registros diários em termohigrógrafo.

Todas as fases do ciclo evolutivo de *Ecdytoplopha aurantiana* foram obtidas da criação em laboratório do departamento de Entomologia da ESALQ, Universidade de São Paulo, Piracicaba – S.P, criados em dieta artificial, composta basicamente dos seguintes componentes: feijão branco 750g, germe de trigo 60g, soja 30g, caseína 30g, levedura de cerveja 30g, ácido ascórbico 3,6g, ácido sorbico 1,8g, nipagin 1,5g, tetraciclina 113mg, formaldeído 3,6ml, solução vitamínica 9,0ml ágar 23g, água 1.200ml.

Como fonte de radiação gama, foi utilizada uma fonte de Cobalto-60, tipo Gammabeam-650, da Atomic Energy of Canada Ltda., Ottawa, Canadá, os insetos foram irradiados sob uma taxa de dose foi de 1,112 kGy/hora. A presente pesquisa foi dividida em vários ensaios, cada um com suas características próprias, separando-se as etapas para uma compreensão melhor da metodologia aplicada e dos resultados que foram obtidos.

##### 4.1. Determinações da dose letal para ovos

Cada tratamento constou de 5 repetições de 20 ovos, somando 100 ovos por tratamento, com idade de zero a 24 horas. Os ovos foram irradiados em uma placa de Petri com tampa medindo 2,5 cm de altura e 11,0 cm de diâmetro, em cujo interior foi colocada uma rodela de papel de filtro umedecida. As doses de radiação gama empregadas foram: 0 (testemunha), 50, 100, 150, 200 e 300 Gy, após irradiadas, as placas contendo os ovos foram colocadas em câmara climatizada citada anteriormente.

Para a determinação da dose letal de radiação foram feitas contagens sob uma lupa binocular, observando-se os ovos que deram ou não a eclosão de larvas. Estas contagens foram feitas nos 4º, 5º e 6º dias após a irradiação, quando já se podia fazer a distinção dos ovos férteis e dos inférteis, através do número de larvas eclodidas que estavam na placa de Petri. Isso foi confirmado com o número de córios encontrados, reafirmando assim a eclosão das larvas. As larvas eclodidas foram colocadas em tubos de vidro contendo dieta artificial onde se aguardou o seu desenvolvimento até a fase adulta. Posteriormente coletou-se 5 casais

por repetição que foram colocados em gaiolas confeccionadas com tubos de PVC medindo 12 cm de altura e 10 cm de diâmetro, a extremidade superior da gaiola foi fechada com um pedaço de tecido de malha fina (filó) preso com elástico. O interior das gaiolas foi revestido de polietileno, para que as fêmeas realizassem a postura. A alimentação foi feita com uma solução de mel a 10%, colocada em algodão na parte superior da gaiola. Os ovos foram coletados e aguardou-se eclosão das larvas da geração F-1.

#### **4.2. Determinação da dose esterilizante e letal para as lagartas**

Para a realização deste ensaio, foram coletadas lagartas de 2° e 5° ínstar e irradiadas em tubos de vidros transparentes de 2,5 x 8,5 cm, com aproximadamente 50 gramas de dieta, tampados com algodão e mantidos em câmara climatizada.

As doses de radiação empregadas foram: 0 (testemunha), 50, 100, 150, 200, 250, 300, 350, 400 Gy. Cada dose constou de 5 repetições com 10 lagartas, somando 50 lagartas por tratamento. A determinação da dose letal e esterilizante foi feita pela contagem do número de adultos emergidos na geração parental P e geração F<sub>1</sub>, segundo a metodologia descrita em 4.1.

#### **4.3. Determinação da dose esterilizante e letal para pupas**

A realização deste ensaio só foi possível, mediante o isolamento de lagartas de último ínstar e transferidas para tubos de ensaio com 2,5 cm de diâmetro e 8,5 cm de altura, contendo dieta e tampados com algodão. Assim foi obtido o número de pupas desejadas as quais, com 10 dias de idade, foram irradiadas juntamente com a dieta para se evitar o manuseio e machucá-las, já que elas estavam envolvidas por casulo de seda e resíduos de alimento e fezes.

Neste ensaio, as doses de radiação empregadas foram: 0 (testemunha), 100, 200, 300, 400 e 500 Gy. Cada dose constou de 5 repetições e o número de pupas por repetição foi de 10, somando 50 pupas por tratamento e foram mantidas em câmara climatizada.

A determinação da dose letal e esterilizante foi feita pela contagem do número de adultos emergidos na geração parental P e geração filial F<sub>1</sub>, segundo a metodologia descrita em 4.1. Também foi determinada a viabilidade dos ovos destes descendentes, coletando-se 50 ovos por casal e foram colocados em uma placa de Petri de 2,5 cm de altura e 11 cm de diâmetro com uma rodela de papel de filtro umedecida, foi feita a avaliação do 4° ao 6° dias contando-se o número de larvas eclodidas.

#### **4.4. Determinação da dose esterilizante para adultos**

A realização deste ensaio só foi possível, mediante o isolamento de lagartas de último ínstar e transferidas para tubos de ensaio com 2,5 cm de diâmetro e 8,5 cm de altura, contendo dieta e tampados com algodão. Assim foi obtido o número de adultos desejados os quais, com 1 dia de idade, foram irradiados com as doses de radiação de: 0 (testemunha), 100, 200, 300, 400 e 500 Gy. Cada dose constou de 3 repetições e o número de adultos por repetição foi de 10, num total de 30 adultos por tratamento e foram mantidos em câmara climatizada. A determinação da dose esterilizante foi feita pela contagem do número médio da viabilidade dos ovos na geração P e emergência de adultos na geração filial F-1, segundo a metodologia descrita em 4.1. Também foi determinada a porcentagem de longevidade média dos adultos irradiados.

O experimento foi realizado em blocos ao acaso, variando de cinco a oito tratamentos e com três e cinco repetições cada tratamento, os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ( $p < 0,05$ ).

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Encontram-se nas Tabelas 1 a 5 os resultados obtidos após irradiação de todas as fases do ciclo evolutivo para a espécie de inseto praga estudada: *Ecdytoplopha aurantiana*.

Constam na Tabela 1 os valores médios de larvas mortas e eclodidas de ovos de *E. aurantiana* irradiados com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60.

Tabela 1 - Numero médio de larvas mortas e eclodidas de ovos de *Ecdytoplopha aurantiana* (LIMA, 1927) irradiados com dose crescentes de radiação gama do Cobalto-60

Dose (Gy)	Ovos	Larvas emergidas	Larvas mortas	F-1
0	100	9,0±1.1a	1,0±1,1c	125,1±1.9a
50	100	4.6±0.9b	5,4±0,9b	0,0±0,0b
100	100	0,0±0,0c	10±0,0a	0,0±0,0b
150	100	0,0±0,0c	10±0,0a	0,0±0,0b

\*Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Pelos resultados dessa Tabela podemos observar já com a dose de 50 Gy houve uma diminuição de 54% na viabilidade dos ovos, e as lagartas emergidas não se transformaram em adultos e que a dose letal para ovos de *E. aurantiana* foi a 100 Gy. Estando esses resultados de acordo com os de Arthur, Machi e Arthur (2016a)<sup>1</sup> quando irradiaram ovos dessa mesma espécie de lepidóptero. E com os resultados de Silva et al. (2006) que verificaram que a dose de 50 Gy para ovos de *S. catenifer*, foi suficiente para induzir uma mortalidade de 100%. Arthur (1985) irradiou todas as fases do ciclo evolutivo de *Sitotroga cerealella* e concluiu que a dose de 125 Gy foi letal para ovos.

Constam na Tabela 2 os valores médios do numero de larvas vivas e mortas de segundo instar de *E. aurantiana* e emergência de adultos após serem irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60.

<sup>1</sup> ARTHUR, V.; MACHI, A.R.; ARTHUR, P.B. Irradiation of *Ecdytoplopha aurantiana* (Lepidoptera: Tortricidae) pupae in oxygen requires a lower dose to strongly reduce adult emergence and prevent reproduction than irradiation in air. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 99, n. 2, 8p., 2016a. In Press.

Tabela 2 – Numero médio de larvas vivas e mortas de segundo instar de *Ecdytolopha aurantiana* (LIMA, 1927) e emergência de adultos após irradiação com dose crescentes de radiação gama do Cobalto-60

Dose (Gy)	Larvas	Larvas vivas	Larvas mortas	F-1
0	50	8,2±1,1a	1,8±1,1c	117,0±1,8a
50	50	2,0±0,7b	8,0±0,7b	27,0±0,8b
100	50	0,2±0,5c	9,8±0,5a	0,0±0,0c
150	50	0,0±0,0c	10±0,0a	0,0±0,0c
200	50	0,0±0,0c	10±0,0a	0,0±0,0c

\*Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Pelos resultados desta Tabela 2 podemos observar que para larvas de segundo instar a dose de 50 Gy foi suficiente para matar 80% das larvas. A dose esterilizante para adultos emergidos das larvas irradiadas foi a de 100 Gy. Já a dose letal para matar 100% das larvas foi a de 150 Gy. Estando esses resultados de acordo com os de Silva et al. (2006) que verificaram que doses de 66,3 e 125.8 Gy foram suficientes para induzirem a dose letal em larvas de *S. catenifer*. E com os de Groppo (1996) que concluiu que, a dose letal de radiação gama para ovos de *Scrobipalpuloides absoluta*, foi a de 70 Gy.

Constam na Tabela 3 os valores médios do numero de larvas vivas e mortas de quinto instar de *E. aurantiana* e emergência de adultos após serem irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60.

Tabela 3 – Numero de adultos emergidos após irradiação de larvas de quinto instar de *Ecdytolopha aurantiana* (LIMA, 1927) irradiados com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60

Dose (Gy)	Larvas	Larvas vivas	Larvas Mortas	F-1
0	50	8,6±0,7a	1,4±1,1c	117,0±1,8a
50	50	5,4±0,5b	4,6±0,7b	27,0±0,8b
100	50	2,2±1,1c	8,8±0,5a	8,0±0,0c
150	50	1,0±0,0d	9,0±0,0a	0,0±0,0d
200	50	0,0±0,0d	10±0,0a	0,0±0,0d

\*Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Pelos resultados desta Tabela 3 podemos observar que para larvas de ultimo instar a dose de 50 Gy foi suficiente para matar 46% das larvas. A dose esterilizante para adultos emergidos das larvas irradiadas foi a de 150 Gy. Já a dose letal para matar 100% das larvas foi a de 200 Gy. Estando esses resultados de acordo com os Silva et al. (2006) que verificaram que doses de 66,3 e 125.8 Gy foram suficientes para induzirem a dose letal em larvas de *S. catenifer*. Arthur (2015) irradiou larvas de *Spodoptera frugiperda* com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60 e concluiu que a dose de 300 Gy inibiu a transformação das larvas em pupas e que a dose de 200 Gy induziu a esterilização nos adultos emergidos.

Constam na Tabela 4 os valores médios do numero de larvas vivas e mortas de quinto instar de *E. aurantiana* e emergência de adultos após serem irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60.

Tabela 4 –Numero médio de adultos emergidos de pupas de 8 a 10 dias de idade de *Ecdytoplopha aurantiana* (Lima, 1927) irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60

Dose (Gy)	Pupas	Adultos emergidos	Pupas mortas	F-1
0	50	8,8±0,4a	2,2±0,3e	137,0±1,2a
200	50	4,0±0,7b	6,0±0,1c	64,0±1,2b
300	50	3,9±0,9b	7,1±0,8b	0,0±0,0c
400	50	0,0±0,1c	10,0±0,4a	0,0±0,0c
500	50	0,0±0,0c	10,0±0,0a	0,0±0,0c

\*Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Pelos resultados da Tabela 4 podemos observar que a dose letal para matar 100% das pupas de *E. aurantiana* foi a dose de 400 Gy, a dose esterilizante para adultos provenientes de pupas irradiadas foi a dose de 300 Gy, podendo essas doses serem um pouco menor, isso porque o intervalo entre as doses de radiação foi de 100 Gy. Estando esses resultados de acordo com os de Arthur, Machi e Arthur (2016a; 2016b; 2016c)<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> ARTHUR, V.; MACHI, A.R.; ARTHUR, P.B. Irradiation of *Ecdytoplopha aurantiana* (Lepidoptera: Tortricidae) pupae in oxygen requires a lower dose to strongly reduce adult emergence and prevent reproduction than irradiation in air. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 99, n. 2, 8p., 2016a. In Press.  
 \_\_\_\_\_. Adult emergence and F1 egg and larval production after gamma irradiation of late pupae *Grapholita molesta* (Lepidoptera: Tortricidae). **Florida Entomologist**, Lutz, v. 99, n. 2, 10p., 2016b. In Press.  
 \_\_\_\_\_. Pupation, adult emergence, and F1 egg hatch after irradiation of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) last instars. **Florida Entomologist**, Lutz, v. 99, n. 2, 12p., 2016c. In Press.

Constam na Tabela 5 os valores médios da longevidade dos adultos, numero de larvas eclodidas e emergência da geração filial de *E. aurantiana*, quando adultos foram irradiado com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60.

Tabela 5 - Numero médio da longevidade de adultos e de larvas eclodidas quando adultos de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) com 2 dias de idade foram irradiados com radiação gama do Cobalto-60

Dose (Gy)	Adultos	Longevidade dos adultos	Larvas Eclodidas	F-1
0	50	18,8±0,5a	76,2±0,3a	50,0±1.2a
200	50	15,0±0,9b	55,0±0,1b	10,0±1.2b
300	50	11,9±0,3c	0,0±0,0c	0,0±0,0c
400	50	8,0±0,1d	0,0±0,0c	0,0±0,0c
500	50	5,0±0,2e	0,0±0,0c	0,0±0,0c

\*Letras iguais nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey (p<0,05).

Pelos resultados da Tabela 5 podemos observar que a longevidade dos adultos a partir da dose de 200 Gy diminuiu consideravelmente, conseqüentemente o numero de larvas eclodidas também foram afetados, atingindo 100% de mortalidade dos ovos com a dose de 300 Gy, sendo essa dose considerada esterilizante para os adultos. Já a dose de 200 Gy foi a subesterilizante. Ainda com relação a longevidade esses resultados estão similares aos obtidos por Garcia (1998).

Os resultados obtidos no projeto de pesquisa estão de acordo com a afirmação de Arthur (1997) que a utilização da radiação ionizante do Cobalto-60 futuramente será a alternativa mais viável de controle desta praga e outras pragas da fruticultura brasileira. Pois é uma técnica segura, limpa e não deixa resíduos indesejáveis nos produtos tratados, quando comparada com outros tipos de tratamentos quarentenários, que já está sendo usada em muitos outros países inclusive no Brasil (ARTHUR, 1997). Como para moscas-das-frutas muitas pesquisas já foram realizadas e a dose recomendada para se fazer a desinfestação (tratamento quarentenário) dos frutos é de 225 Gy (ARTHUR, 1998). Essa dose recomendada só é suficiente para controlar apenas as moscas-das-frutas, isso porque ocorre uma grande variação na radiosensibilidade para as diferentes ordens e espécies de insetos,

isto devido à constituição celular. Por exemplo, a moscas-das-frutas da ordem Díptera é mais radiosensível do que as borboletas ou mariposas da ordem Lepidoptera, então não adianta aplicar a dose recomendada para mosca-das-frutas que é 225 Gy para fazer a desinfestação, ou seja, (tratamento quarentenário visando à exportação dos frutos). Isso porque o bicho-furão da laranja *Ecdyolopha aurantiana* aumentou muito a sua importância econômica nos últimos anos, e com frequência vem atingindo o nível de dano econômico nas principais regiões citricolas do Estado de São Paulo, portanto ele requer uma dose de radiação bem maior ou seja 400 Gy, do que aquela indicada para as moscas das frutas que é 225 Gy (ARTHUR, 1997; ARTHUR et al., 2012).

## 6. CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, para as diferentes fases do ciclo evolutivo de *E. aurantiana*, irradiados com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60, nas condições do presente experimento, conclui-se que:

- A esterilizante para ovos foi de 50 Gy e a letal de 100 Gy;
- A esterilizante para larvas de segundo instar foi 100 Gy e letal de 150 Gy;
- A esterilizante para larvas de ultimo instar foi 150 Gy e letal de 200 Gy;
- A esterilizante para pupas foi 300 Gy e a letal de 400 Gy;
- A esterilizante para adultos foi de 300 Gy.
- Portanto a dose de 300 Gy pode ser usada para esterilização dos insetos visando a aplicação da técnica do inseto estéril.
- A dose de 400 Gy pode ser utilizada para o tratamento quarentenário de laranjas visando a exportação.

## REFERENCIAS

AGRIANUAL – 1997. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 1997. p. 207-215.

AGRIANUAL – 2016. São Paulo: FNP Consultoria e Comércio, 2016. p. 241-251.

AGUILAR, J. A. D.; ARTHUR, V.; WIENDL, F. M. Gamma irradiation effects of cobalt-60 on adults of *Heliothis virescens* (Fabr., 1781) (Lepidoptera: Noctuidae) and its F-1 generation. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, New Dehli, v. 24 n. 1, p. 13-17. 1995.

ALVES, F. de L.; MARTINS, D. dos S. Ocorrência da mariposa das laranjas *Gymnandrosoma aurantiana* Lima, 1927 (Lepidoptera: Olethreutidae) no norte do Estado do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA 13.; SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE BICUDO DO ALGODOEIRO, 1.; ENCONTRO SOBRE COCHONILHA DA PALMA FORRAGEIRA, 2.; ENCONTRO SOBRE MOSCAS-DAS-FRUTAS, 3., 1991, Recife. **Resumos...** Recife: SEB, 1991. v. 1, p. 131.

AHMED, M.Y.Y.; ABDEL-BAKY, S.M. Gamma radiation effects on the pupal estage of *Ephestia kuehniella* (Z.). **Egyptian Journal of Radiation Sciences and Applications**, Cairo, v. 2, n. 1 p. 69-77, 1985.

ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL – 1995. Rio de Janeiro: IBGE, 1996. v. 55, p. 33-43.

ARTHUR, V.; CONSOLMAGNO, C.; WIENDL, F. M. Indução de esterilidade por radiação gama do Cobalto-60 ( $^{60}\text{Co}$ ) em imagos de traça *Plodia interpunctella* (Hub., 13) (Lep., Pyralidae), proveniente de arroz. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 36, n. 7, p. 802, 1984. Suplemento / Apresentado à 36º Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, São Paulo, 1984.

ARTHUR, V.; WALDER, J. M. M.; WIENDL, F. M. Sugar cane borer control through F1 sterilization. Report the Research Coordination Meeting on Radiation Induced F1 Sterility in Lepidoptera for area Wide Control. **Acta Agricultural Nucleate Sinica**, Beijing, v. 4, n. 1. p. 57-63, 1989.

ARTHUR, V.; WIENDL, F. M.; AGUILAR, J. A. D.; WIENDL, J. A. Effect of gamma irradiation on pupal stage on the fall armyworm parent and sub 1 generations reproduction. **Acta Agriculturae Nucleatae Sinica**, Beijing, v. 8, n. 1, p. 4-18, 1994.

ARTHUR, V. **Efeitos esterilizantes e letais das radiações gama nas diferentes fases do ciclo evolutivo de *Sitotroga cerealella* (Olivier) em arroz e milho**. 1985. 77 p. Tese (Doutorado em Agronomia) -Escola de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1985.

ARTHUR, V. Controle de insetos pragas por radiações ionizantes. **O Biológico**, São Paulo, v. 59, n. 1, p. 77-79, 1997.

ARTHUR, V. **Uma visão crítica do uso da radiação gama como tratamento quarentenário para moscas-das-frutas.** 1988. 63 p. Tese (Livre - Docência) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

ARTHUR, V. Use of gamma radiation to control three Lepidopteran pests in Brazil. In: INTERNATIONAL ATOMIC ENERGY AGENCY. **Irradiation as a phytosanitary treatment of food and agricultural commodities.** Vienna: IAEA, 2004. p. 45-51, 2004.

ARTHUR, V.; WIENDL, F. M.; DUARTE AGUILAR, J. A. Effect of gamma radiation of pupae stage of sugarcane borer *Diatraea saccharalis* (Fab.) parent and F<sub>1</sub> and F<sub>2</sub> generations. **Journal of Nuclear Agriculture and Biology**, New Dehli, v. 16, n. 3, p. 166-169, 1997.

ARTHUR, V.; ARTHUR, P. B.; GAVA, M. A.; FRANCO, S. S. H.; MACHI, A. R. Uso de técnicas nucleares em entomologia no Brasil. In: BUSOLI, A. C.; GRIGOLLI, J. F. J.; SOUZA, L. A.; KUBATA, M. M.; COSTA, E. N.; SANTOS, L. A. O.; NETTO, J. C.; VIANA, M. A. **Tópicos em entomologia agrícola V.** Jaboticabal: Gráfica e Editora Multipress, 2012. p. 13-25.

ARTHUR, V.; MACHI, A. R.; MASTRANGELO, T. Ionizing radiations in entomology. In: NENOI, M. (Ed.). **Topics in ionizing radiation research II.** 2. ed. Rijeka, Croatia: InTech, 2015. v. 1, p. 1-17.

ASSAD, Z.; SHIKRENOV, D. Gamma rays for *Ephestia kuehniel/a* control. **Rastitelna-Zashtita-Bulgaria**, Sofia, v. 31, n. 11, p. 37-39, 1983.

BECNZER, J.; FARKAS, J. Investigation into the radioresistance of *Plodia interpunctella* (Hub.). **Acta Phytopatology Academiae Scientiarum Hungaricae**, Budapest, v. 9, n. 1/2, p. 153-160, 1974.

BHUIYA, A. D.; AHMED, M.; REZAUR, R.; NAHAR, G.; HUDA, S. M. S.; HOSSAIN, S. A. K. M. **Radiation disinfection of pulses, oilseeds and tobacco leaves.** Final research co-ordination meeting on insect disinfection of food and agricultural products by irradiation. Vienna: IAEA, 1991. p. 27-50. (Panel Proceedings Series).

BOSIDRA, S. A.; HASABALLA, Z. A. Sterilization studies on the adult Indian meal moth *Plodia interpunctella* (Hubner). **Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications**, Cairo, v. 26, n. 1, p. 254-259, 1993.

BURDITT, A. K.; MOFFITT, H. R. Irradiation as a quarantine treatment for fruit subject to infestation by codling moth larvae. In: MOY, J. H. **Radiation disinfection of food and agricultural products.** Honolulu: University of Hawaii at Mano, 1985. p. 87-97, 1985.

CITRICULTURA sofre com o pior ataque de bicho furão dos últimos anos. **Jornal do Fundecitrus**, Araraquara, v. 12, n. 75, p. 4-5, 1996.

FENNAH, R. G. The "Orange Moth" of Dominica. **Tropical Agriculture**, Trinidad, v. 19, n. 4, p.73-78, 1942.

FONSECA, J. P. da. Combate à lagarta das laranjas, *Gymnandrosoma aurantianum* Costa Lima. **Chácaras e Quintais**, Campinas, v. 50, p. 215-216, 1934.

GALLO, D. Radioisótopos no controle de pragas. **O Solo**, Piracicaba, v. 7, p. 30-31, 1960.

GARCIA, M. S. **Ecologia e potencial de controle biológico de *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lepidoptera: Tortricidae), bicho-furão-dos-citros, através de *Tricogramma pretiosum* Riley, 1879.** 1998. 118 p. Tese (Doutorado em Ciências) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1998.

GROOSU, S. Influence of radiation gamma on the development of different stage of *Plodia interpunctella* (Hub.) (Lep. Phycitidae). **Studii si Cercetari. Biologie**, Bistrița-Năsăud, Romania, v. 28, n. 2, p. 145-148, 1976.

GROPPO, A. G. **Efeitos da radiação gama do cobalto-60 nas diferentes fases do ciclo evolutivo da traça do tomateiro *Scrobipalpuloides absoluta* (Meyrich, 1917) (Lep. Gelechiidae).** 1996. 69 p. Tese (Doutorado em Ciências) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1996.

GUERREIRO, J. C.; FABIANO, L. A.; PAZINI, W. C.; BUSOLI, A. C. Eficiência de inseticidas químicos e biológicos no controle de bicho-furão-dos-citros *Ecdytolopha aurantiana* (Lep. Tortricidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., 1997, Salvador. **Resumos...** Salvador: SEB, 1997. p. 181.

GYULAI, P.; KOVACS, E.; SZALMA, A. Radappertization of agricultural and food products. **Noevenyvedelmi es Agrokemiai Allomas**, Miskolc-Hungary, v. 23, n. 2, p. 81-84, 1987.

HALLMAN, C.J.; ARTHUR, V.; BLACKBURN, C. M.; PARKER, A. G. The case for generic phytosanitary irradiation dose 250 Gy for eggs and larvae. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 88, p. 70-75, 2013.

HALLMAN, G. J. Generic phytosanitary irradiation treatments. **Radiation Physics and Chemistry**, Oxford, v. 81, p. 861-866, 2012.

HUNTER, W. D. Results of experiments to determine the effects of roentgen ray on insects. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 5, p. 18, 1912.

KUSUMAHADI, K. S.; HIDAYA, M. S. Induced sterility of sugarcane stem borer *Chilo auricilius* (dudgeon) by gamma radiation. In: Symposium on Applications of Isotopes and Radation, 3., 1986, Risalah, Jakarta, Indonesia. 1986. **Proceedings series...** Vienna: International Atomic Energy Agency, 1988. p. 801-812.

LIMA, A da C. Sobre um novo microlepidóptero, cuja lagarta é praga das laranjeiras no Distrito Federal. **Chácaras e Quintais**, Campinas, v. 36, p. 33-35, 1927.

LIMA, A da C. **Insetos do Brasil: Lepidópteros**. Rio de Janeiro: Escola Nacional de Agronomia, 1945. v. 1.

NAKANO, O.; SOARES, M. G. Bicho-furão: biologia, hábitos e controle. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, n. 1, p. 209-221, 1995.

PINTO, W. B. de S. "Bicho-furão" considerado hoje uma das principais pragas da nossa citricultura. **Laranja & Cia**, Cordeirópolis, n. 38, p. 4-5, 1994.

PINTO, W. B. de S. Mariposa-da-laranja ou bicho-furão: Uma praga que está aumentando na citricultura paulista. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, n. 1, p. 243-250, 1995.

PINTO, W. B. de S. "Bicho-Furão": catação reduz infestação. **Laranja & Cia**, Cordeirópolis, n. 44, p. 13, 1996.

PINTO, W. B. de S.; PRATES, H. S.; NOGUEIRA, N. L. Efeito de inseticidas-acaricidas no controle de lagartas (bicho-furão) mariposa das laranjas *Ecdytolopha aurantiana* (Lima, 1927) (Lep. Tortricidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16., Salvador, 1997. **Resumos...** Salvador: SEB, 1997. p. 183.

POWELL, J. A.; RAZOWSKI, J.; BROWWN, R. L. Olethreutinae. In: HEPPNER, J. B. (Ed.). **Atlas of Neotropical Lepidoptera**. Gainesville: Association for Tropical Lepidoptera, 1995.

PRATES, H. S. Resultados recentes do controle do bicho-furão- lagarta da mariposa das laranjas – *Gymnandrosoma aurantianum* (Lima, 1927) em citros. **Informativo Coopercitrus**, Bebedouro, n. 71, p. 20-21, 1992.

PRATES, H. S.; PINTO, W. B. S. **Bicho-furão [*Gymnandrosoma aurantianum* Lima 1927], no Estado de São Paulo e seu controle**. Campinas: CATI, 1988. 4 p. (Informativo Técnico).

PRATES, H. S.; PINTO, W. B. de S. "Bicho-furão" - Um grave problema para a citricultura paulista. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 12, n. 2, p. 425-434, 1991.

PRATES, H. S.; PINTO, W. B. de S. Controle do "bicho furão" na citricultura. **Informativo Coopercitros**, Bebedouro, n. 60, p.18-19, 22-24, 1991.

PRATES, H. S.; PINTO, W. B. de S. Controle associado do "Bicho-furão" em pomares cítricos. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 13, n. 2, p. 625-634, 1992.

PRATES, H. S.; PINTO, W. B. de S. Ocorrência do bicho-furão nas principais regiões citrícolas paulistas. **Laranja**, Cordeirópolis, v. 16, n. 1, p. 237-242, 1995.

PRATES, H. S.; PINTO, W. B. de S.; CAETANO, A. A. Controle da "Mariposa das laranjas "*Gymnandrosoma aurantianum*" Lima, 1927 (Lepidoptera, Olethreutidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE FRUTICULTURA. 6., Recife, 1981. **Resumo...** Recife: SBF, 1981. v. 2, p. 552-557.

QURESHI, A. Z.; WILBUR, D. A.; MILIS, R. B. Sub-lethal gamma radiation effects on prepupal adults of angoumois grain moth. **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 61, n. 6, p. 1699-1705, 1969.

REDFERN JUNIOR, J. W.; DI GIÁCOMO, O. A. S. Conheça o bicho furão para controlá-lo melhor. **Informativo Coopercitrus**, Bebedouro, n. 52, p. 12-14, 1991.

RODRIGUEZ. A.; REGO, A. M.; OLIVEIRA, M. L.; FERREIRA, D. Efeitos da radiação gama do Cobalto-60 em ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliver, 1819) (Lepidoptera, Gelechiidae) em laboratório. **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 35, n. 11, p. 1657-1661, 1983.

RUNNER, G. A. Effects of roentgen ray on the tabaco cigarette and results of experiment with new roentgen tube. **Journal of Agricultural Research**, Washington, DC, v. 66, n. 11, p. 383-388, 1916.

SALLAM, H. A.; SOUKA, S.; ASSAR, M. M.; EL NAGGAR, S. E. M. Gamma irradiation of adult cotton leaf worms, *Spodoptera littoralis* (Boisd.). **Arab Journal of Nuclear Sciences and Applications**, Cairo, v. 19, n. 2, p. 87-97. 1986.

SAOUR., G.; MAKEE, H. **Effect of gamma irradiation on fertility of potato tuber moth males and study of inherited sterility phenomena in partially sterile males**. Damascus: Atomic Energy Commission of Syria, Department of Radiation Agriculture, 1966. 33 p.

SILVA, L. K. F., **ARTHUR, V.**, NAVA, D. E., PARRA, J. R. P. Tratamento quarentenário em ovos de *Stenoma catenifer* (Lep., Elachistidae) com radiação gama do Cobalto-60. **Boletín de Sanidad Vegetal Plagas**, v.32, p.507 - 512, 2006.

SILVA, A. G. A.; GONÇALVES, C. R.; GALVÃO, D. M.; GONÇALVES, A. J. L.; GOMES, J.; SILVA, M. N.; SIMONI, L. de. **Quarto catálogo dos insetos que vivem nas plantas do Brasil: seus parasitos e predadores**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura; Departamento de Defesa e Inspeção Agropecuária, 1068. 622 p. (Insetos do Brasil: hospedeiros e inimigos naturais, 2).

TAMBORLIN, M. J. **Efeitos da radiação gama nas fases do ciclo evolutivo de *Plodia interpunctella* (Huebner, 1813) (Lepidoptera, Pyralidae) em dieta artificial**. 1988. 104 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1988.

TSVETKOV, D.; ATANASOV, K. Possibilities to use radiation desinsection in the control of the Mediterranean meal moth. **Rasteoievdyoi-Nauki-Bulgaria**, Sofia, v. 20, n. 5, p. 51-59, 1983.

WHITE, G. L. Outbreak de *Ecdyolopha aurantiana* (Lima, 1927) on *Citrus* in Trinidad. **FAO Plant Protection Bulletin**, Rome, v. 41, n. 2, p. 130-132, 1993.

ZUCCHI, R. A.; SILVEIRA NETO, S.; NAKANO, O. **Guia de identificação de pragas agrícolas**. Piracicaba: FEALQ, 1993. 139 p.