

## Uso da Radiação Gama do Cobalto-60 Visando ao Tratamento Quarentenário e à Esterilização de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae)

L. K. F. SILVA, V. ARTHUR, D.E. NAVA, J. R. P. PARRA

O objetivo deste trabalho foi verificar a influência da radiação gama Cobalto-60, na broca-do-abacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) como subsídio a tratamentos quarentenários e para aplicação da técnica do inseto estéril. Para isso, foram irradiados insetos, em todas as fases do ciclo de vida, com doses que variaram de 0 a 600 Gy e mantidos à temperatura de  $25 \pm 2^\circ$  C; umidade relativa de  $70 \pm 10\%$  e fotofase de 14 h. A espécie, foi criada em dieta natural, ou seja, sementes de abacate, cultivar Breda. De acordo com os resultados obtidos, verificou-se que a dose letal de radiação gama para lagartas e pupas de *S. catenifer* foi de 300 Gy. A dose esterilizante para adultos provenientes de lagartas irradiadas foi de 100 Gy; para adultos provenientes de pupas irradiadas foi de 150 Gy e para adultos irradiados foi de 200 Gy. O uso da radiação gama como tratamento quarentenário de *S. catenifer* foi eficiente, devendo-se tratar os frutos com doses capazes de promover a esterilização do inseto, sem comprometer suas qualidades físico-químicas e sensoriais. Assim, sugere-se o tratamento com a dose de 50 Gy para frutos infestados com ovos e 150 Gy para frutos infestados com lagartas e pupas de *S. catenifer*. Para a utilização da técnica do inseto estéril recomenda-se a irradiação de pupas e adultos com doses de 150 Gy e 200 Gy, respectivamente.

L. K. F. SILVA, Centro Federal de Educação Tecnológica, Curso Gestão Ambiental, Av. Maracanã, 229, 20271-110, Rio de Janeiro, RJ. lkfsilva@hotmail.com  
V. ARTHUR, Irradiação de alimentos e Radioentomologia, CENA/USP, Cx.P.96, 13400-970, Piracicaba, SP. Tel. (19) 3429-4665.  
D. E. NAVA, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, Rodovia BR 392, Km 78, Cx. Postal 403, Pelotas, RS, Cep.: 96001-970. Tel. (53) 3275 8198.  
J. R. P. PARRA, Depto. Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola, ESALQ/USP, Av. Pádua Dias, 11, Cep.: 13418-90, Piracicaba, SP. Tel. (19) 3429-4199.

**Palavras-chave:** *Persea americana*, broca-do-abacate, radioentomologia, praga de frutífera.

### INTRODUÇÃO

O Brasil se destaca em nível mundial como importante produtor e consumidor de frutos, embora isto não reflita nas exportações, que são inibidas por problemas na qualidade, devido à conservação, transporte e aspectos fitossanitários. Sabe-se que, tanto para o consumo “in natura” como para industrialização, somente os frutos de alta qualidade, livres de

pragas, doenças e distúrbios fisiológicos são capazes de conquistar novos mercados (FARIA *et al.*, 1998).

O método convencional de controle de pragas na pré-colheita, ou seja, o químico na sua grande parte, pode trazer uma série de problemas para o agricultor, o consumidor e para o meio ambiente, por deixar resíduos nos alimentos e na natureza, causar desequilíbrios biológicos, favorecer o desenvolvimento da

resistência de insetos a inseticidas e causar surtos de pragas secundárias. Para evitar estes problemas, surgiram métodos alternativos de controle, como a radiação ionizante, sugerida há 70 anos, como um possível tratamento quarentenário para garantir a segurança alimentar (HALLMAN, 2000). Este método é eficaz e garante a sanidade do produto, sem comprometer sua qualidade e certificar a mortalidade e esterilização dos insetos, além de não oferecer risco aos inimigos naturais, polinizadores e ao meio ambiente (WIENDL *et al.*, 1975; ARTHUR, 1997).

Alguns cuidados são necessários, como o controle da dose empregada, utilização de um sistema automatizado e a identificação do produto irradiado. A radiação gama não induz à radioatividade nos alimentos, assegura a sua completa desinfestação, não deixa resíduos nos frutos, como ocorre com a maioria dos produtos químicos, retarda o amadurecimento de alguns frutos que podem ser tratados já embalados, o que evita o manuseio e reduz o descarte final. É um tratamento rápido comparado a outros tipos de tratamento quarentenário e, dependendo da dose, evita a emergência de insetos e/ou a sua reprodução (KLOFT, 1984; SILVA & ARTHUR, 2004).

A radiação ionizante pode resultar na esterilidade das fêmeas, aspermia ou inativação espermiática em machos, inabilidade para o acasalamento e mutação letal dominante, tanto em machos como nas fêmeas. Para cada espécie de inseto há um estágio de desenvolvimento mais apropriado para a esterilização. Geralmente utiliza-se a fase final da pupa, pois são insetos mais vigorosos e o manuseio é mais fácil. (KLOFT, 1984; DUARTE & MALAVASI, 2000; SILVA & ARTHUR, 2004).

Os tratamentos quarentenários têm sido amplamente utilizados para diversas espécies. HALLMAN (2000) afirmou que os tratamentos com radiação ionizante de frutos infestados por insetos iriam impedi-los de completar o desenvolvimento ou deixá-los estéreis, sendo que insetos adultos irradiados com doses esterilizantes tinham menor longevidade do que os não irradiados. Alguns

grupos de insetos, foram controlados com baixas doses de radiação ionizante (menores ou iguais a 100 Gy), como por exemplo, insetos sugadores como a mosca branca e besouros. Já os insetos da ordem Lepidoptera, exigiram cerca de 300 Gy de irradiação (doses mais altas), sendo que as traças, necessitavam até 1,0 kGy, para serem esterilizadas.

A produção e exportação de abacate no Brasil têm sido prejudicadas pela broca-do-abacate, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae), que atualmente é considerada a principal praga da cultura. As mariposas realizam posturas em fissuras, no pedicelos e no pedúnculos dos frutos. As lagartas ao eclodirem, perfuram a casca e alimentam-se da polpa e da semente, causando perdas de até 100% da produção e o abandono das áreas de plantio pelos agricultores, devido à falta de um conjunto de medidas de controle que sejam eficazes (HOHMANN & MENEGUIM, 1993; VENTURA *et al.*, 1999; NAVA *et al.*, 2006).

O objetivo deste trabalho foi estudar o método de controle alternativo para *S. catenifer* através da utilização da radiação ionizante do Cobalto-60 para todas as fases do seu ciclo biológico, a fim de verificar a eficiência na desinfestação dos frutos para exportação (tratamento quarentenário) e possível controle em campo com a esterilização dos insetos.

## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi desenvolvido nos laboratórios da Seção de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA) e Laboratório de Biologia dos Insetos no Departamento de Entomologia, Fitopatologia e Zoologia Agrícola da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ) da Universidade de São Paulo – Piracicaba – SP. A criação de manutenção de *S. catenifer* foi realizada em dieta natural (semente de abacate cultivar Breda) segundo técnica descrita por NAVA & PARRA (2005). O estudo foi realizado em sala

climatizada com  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  de temperatura,  $70 \pm 10\%$  de umidade relativa e fotofase de 14 h.

Como fonte de radiação gama foi utilizado um irradiador, marca Gammacell-220, cuja fonte é o Cobalto-60.

#### **Determinação da dose esterilizante e letal para lagartas**

Foram utilizadas lagartas de último instar (5<sup>o</sup>) irradiadas com uma dose de 1.054 kGy/h (20/11/2003). As lagartas foram mantidas dentro das sementes de abacate (alimento) contidas em recipientes plásticos (10 cm de altura). As doses de radiação gama utilizadas foram 100, 200, 300 e 600 Gy e a testemunha, sendo que, cada dose constou de cinco repetições com 10 lagartas.

As lagartas foram mantidas nas sementes até a pupação, quando os insetos foram retirados com o auxílio de uma faca e uma pinça e transferidas para potes plásticos (7,5 x 8,5 x 6,5 cm) forrados com papel de filtro umedecido. Os potes, contendo as pupas, foram devidamente identificados, etiquetados e mantidos na sala.

Os adultos que emergiram foram utilizados para formar casais com outro adulto do sexo oposto, normal (sem irradiação). Os casais foram acondicionados em recipientes de acrílico para o acasalamento e após 24 horas, foram transferidos para as gaiolas de criação. A determinação da dose letal foi feita pela contagem dos adultos emergidos. A verificação da dose esterilizante foi realizada por meio da geração F1 proveniente de adultos emergidos de pupas irradiadas, acasaladas com adultos normais.

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

Pupas de até 48 horas de idade foram colocadas em potes plásticos (8,5 x 7,5 x 6,5 cm) e irradiadas com doses crescentes de radiação gama, sob uma dose de 1.045 kGy/h (11/12/2003). Neste ensaio, as doses de radiação gama empregadas foram 100, 150, 200, 300 e 600 Gy e a testemunha (sem irradiação). Cada dose constou de 5 repetições e o número de pupas por repetição foi de 10.

Após a irradiação, as pupas foram mantidas nos potes plásticos contendo papel de filtro umedecido e mantidos em sala climatizada. Os adultos obtidos foram colocados em recipientes de acrílico para o acasalamento por 24 horas e levados, a seguir, para gaiolas de criação, conforme descrito anteriormente.

A determinação da dose letal foi feita pela posterior contagem dos ovos viáveis e inviáveis e adultos emergidos e a dose esterilizante, pelo número de lagartas eclodidas da geração F1, provenientes de cruzamentos de adultos emergidos de pupas irradiadas com adultos normais.

#### **Determinação da dose esterilizante para adultos e longevidade de *S. catenifer***

Os adultos recém emergidos (1 dia de idade), foram irradiados, sob uma taxa de dose de 1.045 kGy/h (12/12/2003), em tubos de ensaio de 8 cm de altura, com tampões de filme plástico de PVC, com doses de 100, 150, 200, 300 e 400 Gy e a testemunha (sem irradiação).

Após o tratamento com radiação gama, os insetos foram colocados em recipientes de acrílico e gaiolas de tubos de PVC, com um total de cinco casais por tratamento.

Para a determinação da dose esterilizante, foram utilizadas fêmeas irradiadas e acasaladas com machos normais e vice-versa, sendo fêmeas e machos virgens com idade de 24 h e casais irradiados. Foram determinadas a fecundidade e a longevidade dos adultos, com observações a cada dois dias.

#### **Análise dos dados**

O delineamento experimental foi inteiramente ao acaso. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

#### **Determinação da dose esterilizante e letal para lagartas de *S. catenifer***

Os resultados demonstraram que o efeito da radiação gama não foi tão expressivo na fase larval e conseqüentemente houve um grande

número de lagartas irradiadas que se transformaram em pupas até a dose de 300 Gy ( $F = 24,97$ ), mas, o efeito da radiação foi observado na emergência dos adultos, sendo que, apenas na dose de 100 Gy de radiação gama, emergiram adultos (18%) ( $F = 40,86$ ), mas 41% das pupas apresentaram algum tipo de deformação, sendo somente 5% normais (Figura 1).

As lagartas irradiadas com as doses de 200, 300 e 600 Gy tiveram o seu desenvolvimento aumentado por até 19 dias, sendo que 12; 60 e 88%, respectivamente das lagartas, morreram sem pupar. Das pupas provenientes de lagartas tratadas com 200 Gy de radiação gama, 81% apresentaram deformação e para aquelas tratadas com as doses de 300 e 600 Gy registrou-se 100% de deformações. Estes resultados concordam com Follet & Lower (2000), que irradiaram lagartas de terceiro e quinto instares de *C. illepipida* e de *C. ombrodelta* com as doses de 62,5, 125, 250 e 400 Gy e verificaram que

para a dose de 64,5 Gy, 85% dos adultos emergidos de *C. illepipida*, apresentaram alterações nas asas e apenas uma fêmea sobreviveu e colocou três ovos, inférteis. Já para *C. ombrodelta* não houve emergência de adultos. Para as outras doses estudadas, a emergência de adultos foi expressivamente reduzida para as duas espécies. Os autores estimaram, que 197 Gy levou a 100% de mortalidade para lagartas de *C. illepipida* de 1º instar; este mesmo percentual foi obtido com 116 Gy para lagartas de 2º e 3º instares, e com 307 Gy para o 4º e 5º instares.

Adultos emergidos da dose de 100 Gy colocaram um menor número de ovos ( $F = 4,26$ ) e com baixa viabilidade ( $F = 4,26$ ), se comparados com os adultos emergidos no tratamento testemunha (sem irradiação) (Figura 2).

Estes resultados concordam com MANSOUR (2003), que irradiou lagartas de quinto instar de *C. pomonella* (L.) com 50 a 250 Gy e demonstrou que o decréscimo na

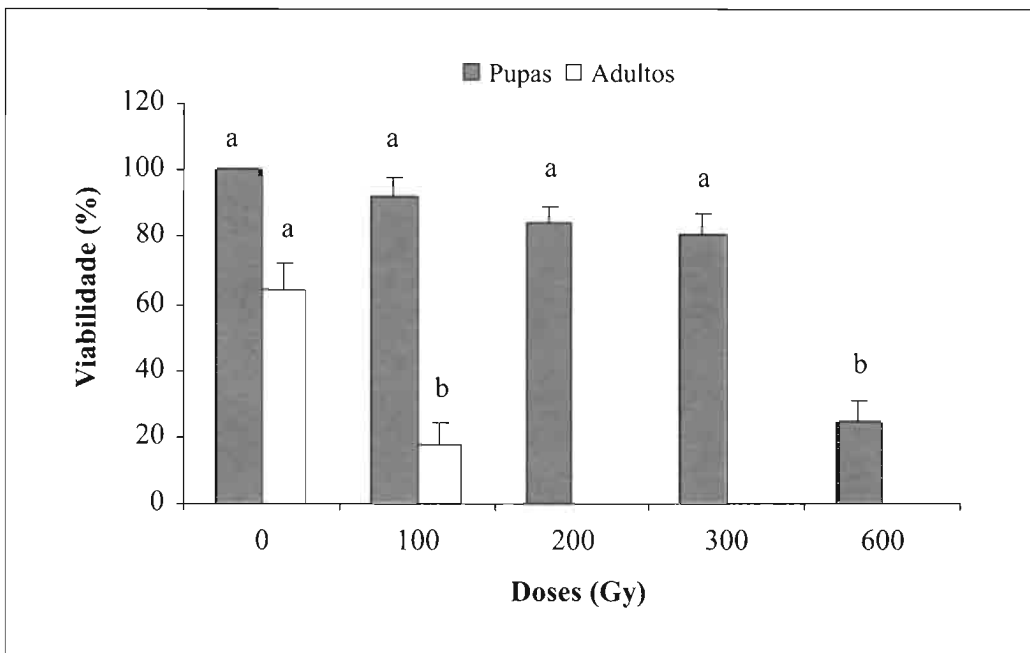


Figura 1. Viabilidade das fases de lagarta e pupa de *S. catenifer* provenientes de lagartas irradiadas com doses crescentes de radiação gama do Cobalto-60. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Dados transformados para  $\sqrt{x+1,0}$ .

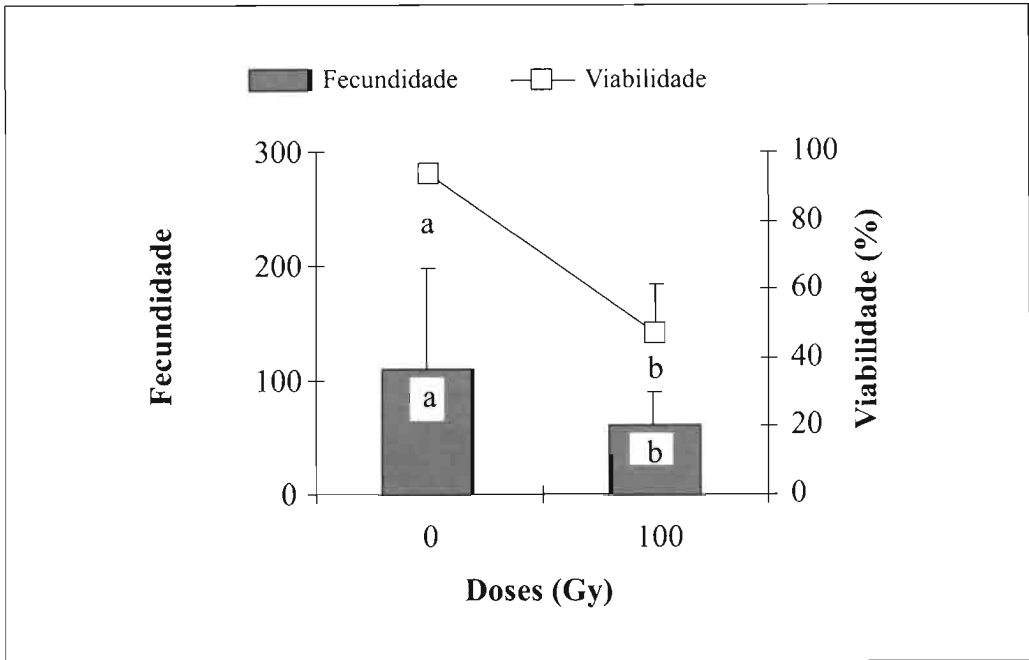


Figura 2. Fecundidade e viabilidade de ovos de *S. catenifer*, obtidos de casais provenientes de lagartas irradiadas com radiação gama do Cobalto 60.

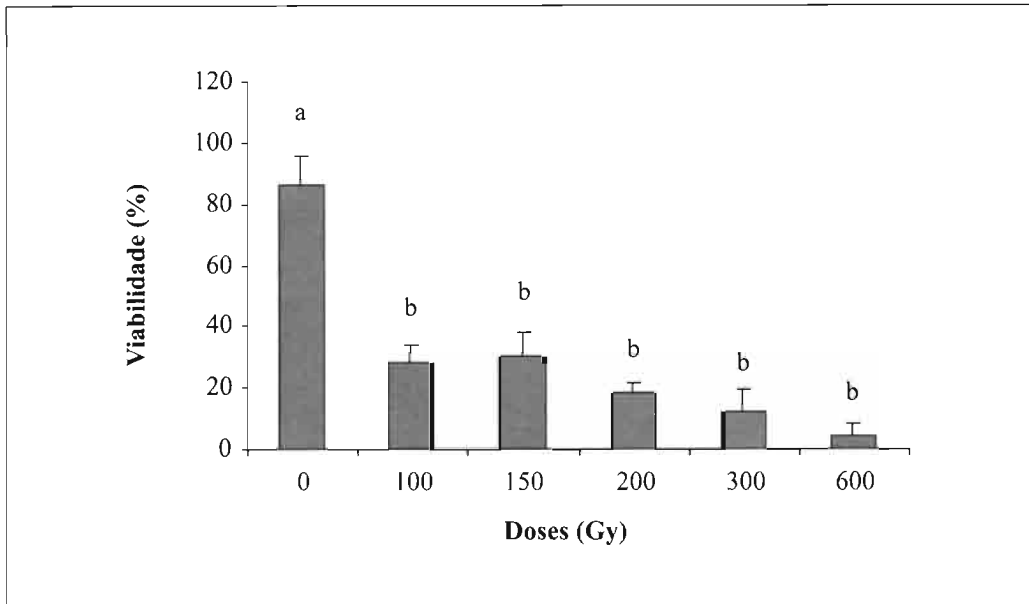


Figura 3. Viabilidade da fase de pupa de *S. catenifer* após serem tratadas com radiação gama do Cobalto-60. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si teste de Tukey ( $P \leq 0.05$ ). Dados transformados para  $\sqrt{x+1.0}$ .

Tabela 1. Fecundidade e viabilidade de ovos de *Stenoma. catenifer*, provenientes de pupas irradiadas com radiação gama do Cobalto-60.

Casal	Doses (Gy)					
	0		100		150	
	Fecundidade	Viabilidade	Fecundidade	Viabilidade	Fecundidade	Viabilidade
Mi x Fn	109,40	82,60±33,02a	35,80	35,80±19,15ab	29,60	0,20±0,20b
Fi x Mn	81,20	71,60±40,28a	30,80	22,80±14,23ab	22,40	0,60±0,60b

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Dados transformados para  $\sqrt{x+1,0}$ . Fn = Fêmea normal; Mn = Macho normal; Fi = Fêmea irradiada; Mi = Macho irradiado.

Tabela 1 (Cont.). Fecundidade e viabilidade de ovos de *Stenoma. catenifer*, provenientes de pupas irradiadas com radiação gama do Cobalto-60.

Casal	Doses (Gy)					
	200		300		600	
	Fecundidade	Viabilidade	Fecundidade	Viabilidade	Fecundidade	Viabilidade
Mi x Fn	6,80	6,80±6,55b	0,00	0,00	0,00	0,00
Fi x Mn	46,00	4,40±4,40b	0,00	0,00	0,00	0,00

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Dados transformados para  $\sqrt{x+1,0}$ . Fn = Fêmea normal; Mn = Macho normal; Fi = Fêmea irradiada; Mi = Macho irradiado.

pupação e do número de adultos emergidos, foram diretamente proporcionais ao aumento da dose. Para a dose de 250 Gy o decréscimo foi em torno de 90%. As doses de 50 e 200 Gy reduziram a emergência de adultos em 50 e 100%, respectivamente.

No controle quarentenário de pragas, devem-se usar doses que não causem danos aos frutos e ao mesmo tempo assegurem a desinfestação da praga. Doses baixas de radiação, não causará mudanças significativas nas características físico-químicas e organolépticas dos frutos irradiados (SILVA *et al.*, 2006). O tratamento com doses acima de 100 Gy, garantiu a mortalidade de lagartas de quinto instar.

#### Determinação da dose esterilizante e letal para pupas de *S. catenifer*

A emergência de adultos provenientes de pupas irradiadas, ocorreu com três dias para todos os tratamentos, enquanto na testemunha, os adultos emergiram com sete dias, em média. Houve, portanto, uma indução pela radiação, reduzindo o período pupal de *S. catenifer*, sendo que, o efeito da radiação gama foi proporcional ao aumento da dose.

Pupas irradiadas deram origem a um menor número de adultos se comparado com as não irradiadas ( $F = 14,40$ ) (Figura 3).

Os adultos emergidos e sobreviventes de pupas irradiadas foram acasalados com o sexo oposto normal. Verificou-se que houve efeito significativo da radiação, observado através das porcentagens de ovos viáveis, sendo nas doses de 300 e 600 Gy tal viabilidade nula (Mi x Fn:  $F = 6,95$  e Fi x Mn:  $F = 4,25$ ) (Tabela 1). Estes resultados concordam com Aguilar & Arthur (1998), quando estudaram o efeito de doses sub-esterilizantes de radiação gama do Cobalto-60 em pupas de *Spodoptera frugiperda* (Smith) em suas gerações F1 e F2. Os autores observaram que a capacidade reprodutiva de fêmeas irradiadas e acasaladas com machos normais, com doses de 100 a 150 Gy, foi reduzida, pela baixa viabilidade dos ovos.

FOLLET & LOWER (2000) irradiaram pupas de diferentes idades de *C. illepidia* e de *C. ombrodelta* com as doses de 62,5, 125, 250 e 400 Gy de radiação gama e observaram que quanto mais adiantado este estágio, menor a radiosensibilidade. Os adultos oriundos das pupas de 1 a 5 dias de idade tratadas com as

Tabela 2. Fecundidade, viabilidade de ovos e longevidade de machos e de fêmeas de *Stenoma catenifer* provenientes de adultos irradiados com radiação gama do Cobalto-60.

Dose (Gy)	Casais	Fecundidade Média	Viabilidade (%)	Longevidade (dias)	
				Fêmeas	Machos
0	Fn x Mn	292,40 a	97,95 ± 13,78 a	12,80a	7,40a
	Fi x Mi	109,80 abc	10,02 ± 50,45 c	11,20a	5,40a
100	Fi x Mn	354,20 a	6,44 ± 2,74 c	11,40a	12,80a
	Fn x Mi	144,00 abc	46,67 ± 25,48bc	17,20a	13,40a
150	Fi x Mn	127,60 abc	15,20 ± 5,97 c	15,80a	13,60a
	Fn x Mi	331,40 a	44,96 ± 15,25b	12,20a	12,00a
200	Fi x Mi	15,80 bc	0,00 ± 0,00 c	7,00a	7,80a
	Fi x Mn	190,00 ab	3,29 ± 1,85 c	15,40a	15,00a
300	Fn x Mi	43,00 bc	1,40 ± 1,39 c	14,00a	12,40a
	Fi x Mi	4,40 c	0,00 ± 0,00 c	9,00a	7,80a
400	Fi x Mn	118,20 abc	0,00 ± 0,00 c	15,00a	16,60a
	Fn x Mi	187,80 ab	3,30 ± 2,91 c	16,20a	10,00a
400	Fi x Mi	8,20 bc	0,00 ± 0,00 c	11,00a	12,20a
	Fi x Mn	8,20 bc	0,00 ± 0,00 c	10,40a	6,60a
	Fn x Mi	11,60 bc	0,00 ± 0,00 c	10,20a	10,20a

Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si na coluna teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Dados transformados para  $\sqrt{x+1,0}$ . Fn = Fêmea normal; Mn = Macho normal; Fi = Fêmea irradiada; Mi = Macho irradiado.

doses de 125 e 250 Gy não deixaram descendentes. Por outro lado, os adultos de *C. illepida*, provenientes de pupas com 7 a 8 dias de idade, tratadas com as mesmas doses, tiveram uma sobrevivência de 67,7 e 52,4%, respectivamente e as fêmeas colocaram ovos férteis com a dose de 125 Gy; para a dose de 250 Gy, somente uma fêmea colocou seis ovos, todos inviáveis.

Para a espécie *S. catenifer*, apenas 2 adultos (um macho e uma fêmea) emergiram de pupas tratadas com a dose de 300 Gy de radiação gama, e não fizeram postura. Estes dados são concordantes também, com ARTHUR *et al.* (2002) que verificaram que pupas *S. frugiperda* de 5 dias de idade, tratadas com doses até 200 Gy, não apresentaram diferença significativa em termos de longevidade, comparados com a testemunha, e as fêmeas irradiadas não fizeram postura.

#### Determinação da dose esterilizante e longevidade para adultos de *S. catenifer*

Adultos normais de *S. catenifer* (testemunha) acasalados entre si (Fn x Mn), apresenta-

ram maior quantidade de ovos viáveis, quando comparados com os casais irradiados. A partir de 200 Gy observou-se redução na capacidade reprodutiva dos adultos irradiados de *S. catenifer*, a ponto de não diferirem significativamente da dose de 400 Gy, que inibiu totalmente a capacidade reprodutiva de fêmeas e machos ( $F = 1,86$ ) (Tabela 2).

Para casais irradiados com a dose de 150 Gy, não foi possível realizar o cruzamento entre Mi x Fi, pela falta de adultos emergidos de pupas tratadas com esta dose.

Os resultados encontrados estão de acordo com FOLLET & LOWER (2000), quando irradiaram adultos de *C. illepida* com as doses de 125, 250 e 400 Gy e verificaram que a radiação ionizante afetou sua reprodução. Constataram que para o tratamento com a dose de 125 Gy, quando apenas um dos pares foi irradiado (Fi x Mn ou Fn x Mi), a postura e a viabilidade foram maiores do que quando o casal era irradiado (Fi x Mi). Quando os machos foram comparados com as fêmeas, verificaram que casais onde apenas o macho foi irradiado, 1,5% dos ovos

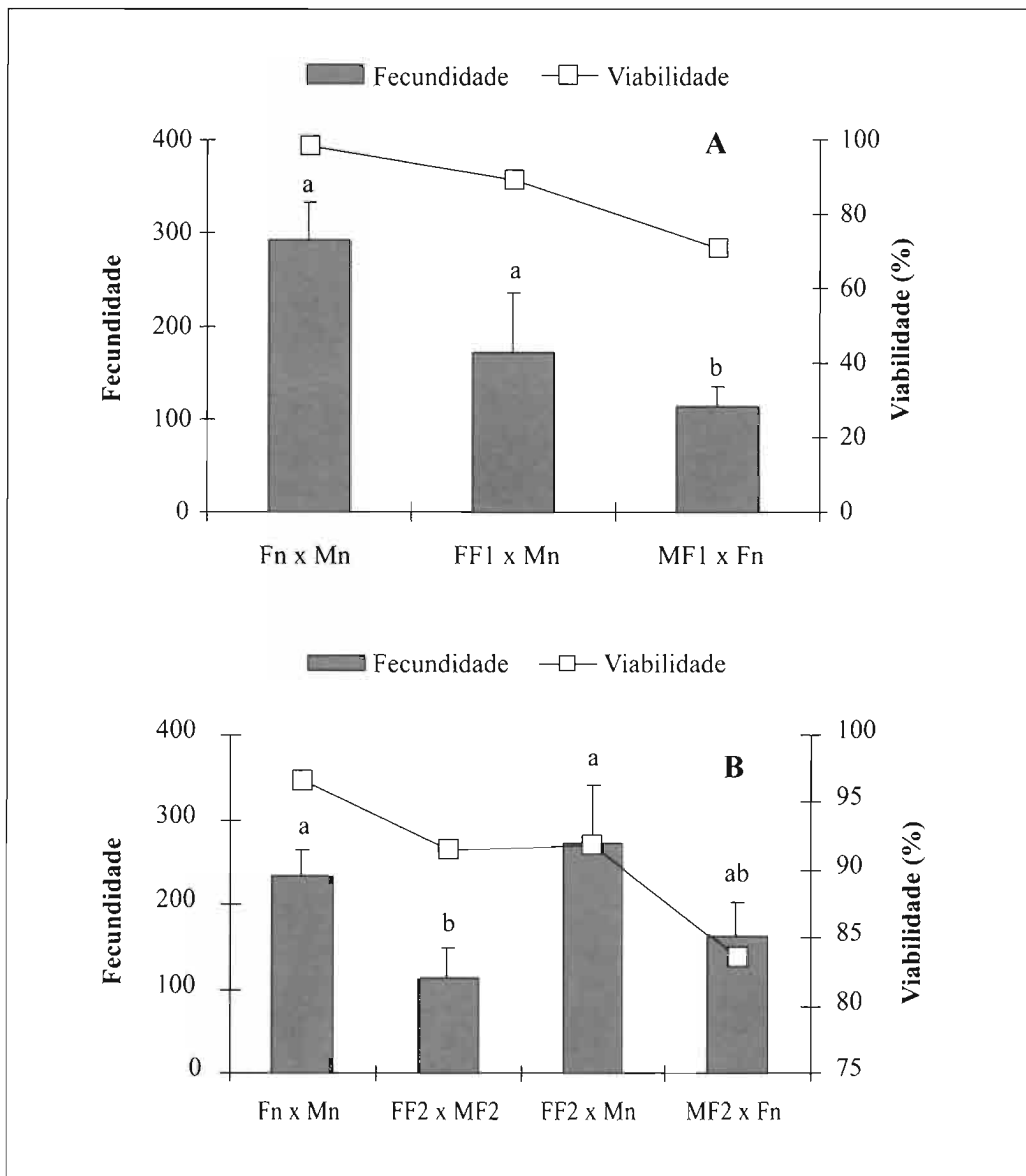


Figura 4. Fecundidade e viabilidade de ovos de *S. catenifer* das gerações F1 (A) e F2 (B) proveniente do cruzamento de machos e fêmeas tratados com 100 Gy com radiação gama do Cobalto-60. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ).  $\neq$ Dados transformados para  $\sqrt{x+1,0}$ . Fn = Fêmea normal; Mn = Macho normal; FF1 = Fêmea irradiada da geração F1; MF1 = Macho irradiado da geração F1; FF2 = Fêmea irradiada da geração F2; MF2 = Macho irradiado da geração F2; Mi = Macho irradiado.

eram viáveis. E, quando apenas a fêmea foi irradiada, somente 0,3% dos ovos eram viáveis, sendo que as lagartas recém eclodidas

morriam, ou seja, as fêmeas demonstraram maior sensibilidade à radiação de que os machos.



Os dados obtidos para *S. catenifer* demonstraram a mesma tendência, pois os casais irradiados (Fi x Mi) colocaram ovos com baixa viabilidade, em média, 11 ovos por casal no tratamento com 100 Gy e nenhum ovo viável para os outros tratamentos. Já para os casais onde apenas um dos pares foi irradiado, verificou-se que a viabilidade foi maior quando os machos eram irradiados, com exceção para o tratamento com a dose de 200 Gy de radiação gama, demonstrando que as fêmeas de *S. catenifer* foram mais radiosensíveis.

A capacidade de postura de *S. catenifer* pode variar de acordo com a temperatura (NAVA *et al.*, 2005). Alguns autores citam diferentes fecundidades nas temperaturas médias próximas de 25° C. JARAMILLO *et al.* (1972), citaram variações entre 180 a 240 ovos, HOHMANN & MENEGUIM (1993), relataram posturas de 164 ovos, CERVANTES *et al.* (1999), observaram a postura média de 206,3 ovos, enquanto que NAVA & PARRA (2005), encontraram em média 318,3 ovos, com viabilidade média de 92%.

Quanto à longevidade média de *S. catenifer*, NAVA & PARRA (2005), citaram valores, para machos e fêmeas, de 13,4 e 12,1 dias, respectivamente, para os insetos mantidos

em temperatura de 25° C. Para as fêmeas e machos irradiados de *S. catenifer* a maior longevidade média ocorreu no tratamento com a dose de radiação gama do Cobalto-60 de 150 Gy, ou seja, de 15,8 e 13,6 dias, respectivamente. Não houve diferença significativa na longevidade dos adultos e na interação dos tratamentos com a longevidade. Fica evidenciado que as doses de radiação gama não influenciaram na longevidade dos insetos (Figura 4). Mas, a longevidade média entre machos e fêmeas nos tratamentos com doses de radiação gama diferiram entre si, pois a longevidade dos machos foi menor de que as fêmeas, enquanto que entre doses, a diferença não foi significativa (Longevidade de fêmeas: F = 1,86 e Longevidade de machos: F = 1,86) (Tabela 2). Estes resultados concordam com FOLLET & LOWER (2000) quando trataram *C. illepidata*, com as doses de 125 e 250 Gy, e apresentaram médias de longevidade de 7,7, 8,2, 8,1 e 7,5 dias para o tratamento com 125 Gy e longevidade de 7,7, 8,0, 7,9 e 7,6 dias para 250 Gy nos testes de Fi x Mi; Fn x Mi, Fi x Mn e Fn x Mn, respectivamente, sem diferença significativa entre tratamentos.

Na geração F1 (Figura 4A), verificou-se que a quantidade média de ovos viáveis de *S.*

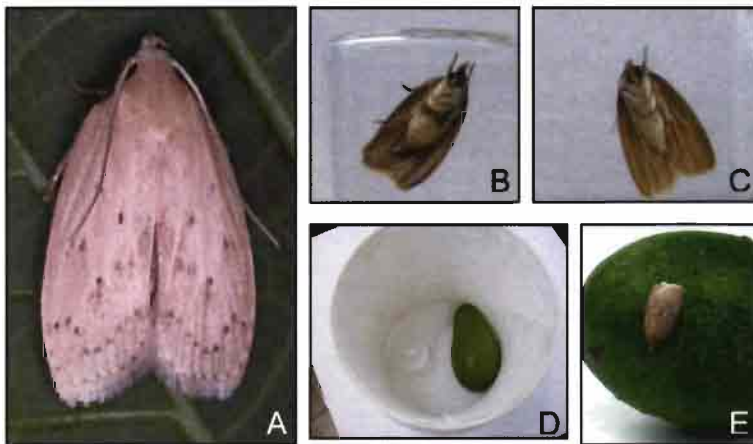


Figura 5 . Adultos de *Stenoma catenifer*. (A) Vista dorsal (Foto de Antônio Negri – ESALQ/USP); (B) fêmea; (C) macho; (D) interior da gaiola de criação contendo uma fêmea e (E) fêmea sobre o fruto (Foto de Paulo Soares - ESALQ/USP).

*catenifer* não diferiu entre os casais tratados com radiação gama, mas, foi diferente da testemunha, que apresentou um grande número de ovos viáveis; portanto, a radiação gama teve o mesmo efeito nas gerações filiais para ambos os sexos tratados com radiação gama ( $F = 6,39$ ).

Para a geração F2 proveniente de adultos tratados com a dose de 100 Gy (Figura 4B), obtiveram-se apenas dois casais para análise de FF2 x MF2, e seis para Fn x MF2 e FF2 x Mn, cujos ovos foram viáveis.

De acordo com os dados obtidos, verificou-se que as médias de viabilidade dos ovos de adultos da geração F2 provenientes de adultos irradiados com 100 Gy, apresentaram diferenças significativas. Notou-se que os dados da testemunha se igualaram aos casais FF2 x MF2, apresentando as maiores médias, enquanto que casais onde os pares são descendentes de irradiados, apresenta-

ram as menores médias. Todos os casais colocaram ovos viáveis, indicando que o tratamento com a dose de 100 Gy, não foi eficiente para causar a esterilização da geração F2 ( $F = 7,94$ ).

## CONCLUSÃO

O uso da irradiação gama do Cobalto-60 como tratamento quarentenário para o controle de *Stenoma catenifer*, foi eficiente. Sugere-se o tratamento com a dose de 150 Gy para frutos infestados com lagartas e pupas de *S. catenifer*. Para uma possível utilização da técnica do inseto estéril, visando ao controle desta praga em campo a fim de diminuir a infestação nos frutos, recomenda-se a irradiação de pupas e adultos com doses de 150 Gy e 200 Gy de radiação gama, respectivamente e posterior liberação em campo.

## RESUMEN

SILVA L. K. F., V. ARTHUR, D.E. NAVA, J. R. P. PARRA. 2007. Uso de radiación gama de cobalto-60 en tratamiento cuarentenario y esterilización de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **33**: 427-438.

El objetivo de este trabajo fue verificar la influencia de la radiación gama Cobalto-60 sobre el barrenador del hueso, *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae), para ser usada en tratamientos cuarentenarios y para su aplicación en la técnica del insecto estéril. Para ello, fueron irradiados insectos, en todas las fases del ciclo de vida, con dosis variando de 0 a 600 Gy, mantenidos a  $25 \pm 2^\circ\text{C}$  de temperatura,  $70 \pm 10\%$  de humedad relativa y fotofase de 14h. La especie fue criada en dieta natural, o sea, carozos de aguacate, cultivar Breda. Según los resultados obtenidos, la dosis letal de radiación gama para larvas y pupas fue de 300 Gy. La dosis esterilizante para adultos provenientes de larvas irradiadas fue de 150 Gy y para adultos irradiados fue de 200 Gy. El uso de radiación gama como tratamiento cuarentenario de *S. catenifer* fue eficiente, siendo que los frutos devén ser tratados con dosis capaces de promover la esterilización del insecto, sin comprometer sus cualidades físico-químicas y sensoriales. De esta manera, se sugiere el tratamiento con la dosis de 50 Gy, para frutos con huevos y 150 Gy, para frutos con larvas y pupas. Para la utilización de la técnica del insecto estéril se recomienda la irradiación de pupas y adultos, con dosis de 150 y 200 Gy, respectivamente.

**Palabras clave:** *Persea americana*, barrenador del hueso, radioentomología, plaga de fructífera.

## ABSTRACT

SILVA L. K. F., V. ARTHUR, D.E. NAVA, J. R. P. PARRA. 2007. Use of Gamma Radiation of Cobalt-60 Aiming at the Quarentenary Treatment and the Sterilization of *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). *Bol. San. Veg. Plagas*, **33**: 427-438.

The objective of this work was verify the influence of gamma radiation of Cobalt-60, in the avocado moth *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae). For this research, insects were irradiated in all phases of their life cycle with doses varying from 0 to 600 Gy and they were maintained at the temperature of  $25 \pm 2^\circ$  C, relative humidity of  $70 \pm 10\%$  and photofase of 14 h. The species was reared on natural diet, avocado seeds, variety Breda. According to the obtained results, was verified that the lethal dose of gamma radiation to *S. catenifer* larvae and pupae was of 300 Gy. The sterile dose for upcoming adults from irradiated *S. catenifer* larvae, was of 100 Gy; for adults coming from irradiated pupas was of 150 Gy and for irradiated adults was of 200 Gy. The use the gamma radiation as treatment quarantine of *S. catenifer* was efficient, should be treated them with doses able to promote the sterilization of insect, without committing your qualities physical-chemistries and sensorial of fruits. Therefore, is suggested the treatment with the dose of 50 Gy for fruits infested with eggs and 150 Gy for fruits infested with larvae and pupas of *S. catenifer*. For use the sterile insect technique is recommended the irradiation of pupas and adults with doses of 150 Gy and 200 Gy, respectively.

**Key words:** *Persea americana*, avocado moth, radioentomology, pest of fruit.

## REFERÊNCIAS

- AGUILAR, J. A. D. & V. ARTHUR. 1998. Effects of sub-sterilizing doses of gamma radiation on *Spodoptera frugiperda* (Smith) pupa. *J. Nucl. Agric. Biol. New Delhi-India*, v. 27, n. 2, p. 132-138.
- ARTHUR, V. 1997. Controle de insetos-praga por radiações ionizantes. *O Biológico*, 59: 77-79.
- ARTHUR, V., J. A. D. AGUILAR & P. B. ARTHUR. 2002. Esterilização de adultos de *Spodoptera frugiperda* a partir de pupas irradiadas. *Arq. Inst. Biol.*, v. 69, p.75-77.
- CERVANTES, P. C., C. H. C. LYAL & V. K. BROWNS. 1999. The Stenomatidae moth *Stenoma catenifer* Walsingham: a pre dispersal seed predator of greenheart (*Chlorocardium rodiei* (Schomb.) Rohwer, Richter & Van der Werff) in Guyana. *J. Nat. Hist.*, v. 33, p. 531-542.
- DUARTE, A. L. & A. MALAVASI, A. 2000. Tratamentos quarentenários, p.187-192. In: A. Malavasi & R.A. Zucchi (eds.), Moscas-das-frutas de importância econômica no Brasil: conhecimento básico e aplicação. Ribeirão Preto, Holos Editora, 327p.
- FARIA, J. F., V. ARTHUR, F. M. WIENDL. 1998. Gamma radiation effects on immature atages fruit borer *Ecdyotlopha aurantiana* (Lima). *J. Nucl. Agric. Biol., New Delhi - India*, v. 27, n. 1, p. 52-56.
- FOLLET, P. A. E. & R. A. LOWER. 2000. Irradiation to ensure quarantine security for *Cryptophlebia* spp. (Lepidoptera: Tortricidae) in sapindaceous fruits from Hawaii. *J. Econ. Entomol.*, v. 93, p. 1848-1854.
- GROPPA, G. A. ; V. ARTHUR. Determinação da dose letal de radiação gama do Cobalto-60 para ovos de *Tuta absoluta* (Lep., Gelechiidae). *Rev. Ecosistemas, Espírito Santo do Pinhal, SP*, v. 22, p. 120-121, 1997.
- HALLMAN, G. J. 2000. Expanding radiation quarantine treatments beyond fruit flies. *Agric. For. Entomol.*, v. 2, p. 85-95.
- HOHMANN, C. L. & A. M. MENEGUIM. 1993. Observações preliminares sobre a ocorrência da broca do abacate, *Stenoma catenifer* Wals. no Estado do Paraná. *An. Soc. Entomol. Bras.*, v. 22, p. 417-419.
- JARAMILLO, E. A., J. T. G. VÁSQUES & C. S. MOSS. 1972. Estudios sobre el barrenador del hueso y pulpa del aguacate *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Stenomidae). *Agrociencia*, v. 9, p.18-24.
- KLOFT, W. J. 1984. ENTOMOLOGY. IN: M.F. L'ANNUNZIATA & J.O. LEGG (eds.), Isotopes and radiation in agricultural sciences. *New York: Acad. Press*, v. 2, p.90-98.
- MANSOUR, M. 2003. Gamma irradiation as a quarantine treatment for apples infested by codling moth (Lepidoptera, Tortricidae). *J. Appl. Entomol.*, v. 127, p. 137-141.
- NAVA, D. E., J. R. P. PARRA, G. I. DIEZ-RODRIGUEZ & J. M. S. BENTO. 2005. Oviposition behavior of *Stenoma catenifer* (Lepidoptera: Elachistidae): chemical and physical stimuli and diel pattern of egg laying. *Ann. Entomol. Soc. Am.*, v. 98, p. 409-414.
- NAVA, D. E. & J. R. P. PARRA. 2005. Biologia de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em dieta natural e artificial e estabelecimento de um sistema de criação. *Neotrop. Entomol.*, v. 34, p.751-759. 2005.
- NAVA, D. E., J. R. P. PARRA, J. M. S. BENTO, G. I. DIEZ-RODRIGUEZ & M. L. HADDAD. 2006. Distribuição vertical, danos e controle cultural de *Stenoma catenifer* Walsingham (Lepidoptera: Elachistidae) em pomar de abacate. *Neotrop. Entomol.*, v. 34, p. 516-522.
- SILVA, L. K. F. & V. ARTHUR. 2004. Efeito do fracionamento de dose de radiação gama sobre *Strophilus oryzae* (L., 1763)(Col., Curculionidae), *Rhyzopertha dominica* (F., 1792)(Col., Bostrichidae) e *Tribolium castaneum* (Herb. 1797)(Col., Tenebrionidae). *Arq. Inst. Biol.*, São Paulo, v. 71, n. 2, p. 253-256.
- SILVA, L.K.F., V. ARTHUR, D. E. NAVA, J. R. P. PARRA. 2006. Tratamento quarentenário em ovos de *Stenoma catenifer* Walsingham, (Lepidoptera: Elachistidae) com radiação gama do Cobalto-60. *Bol. San. Veg. Plagas*, 32, 507-512.
- VENTURA, M.U., D. DESTRO, E.C.A., LOPES & R. MONTALVÁN. 1999. Avocado moth (Lepidoptera: Stenomidae) damage in two avocado cultivares. *Fla. Entomol.*, 82: 625-631.

WIENDL, F.M., O.A. BOVI & V. ARTHUR. 1975. Esterilização e efeitos letais de radiação gama em adultos e ovos de *Sitotroga cerealella* (Oliv.) Piracicaba: CENA/USP, 41p. (Boletim Científico, 28).

(Recepción: 24 abril 2007)

(Aceptación: 21 septiembre 2007)