

**DETERMINAÇÃO DA DOSE LETAL IMEDIATA DE
RADIÇÃO GAMA PARA *Zabrotes subfasciatus* (BOHEMAN,
1833) (COLEOPTERA, BRUCHIDAE) EM DIFERENTES
IRRADIADORES.**

**Lilian Karla Figueira da Silva⁽¹⁾,
Valter Arthur⁽²⁾.**

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo a determinação da dose letal imediata para *Zabrotes subfasciatus* em dois irradiadores diferentes. Utilizaram-se dois modelos de irradiadores: Gammabeam-650 e Gammacell 220. Os insetos foram criados em feijão (*Phaseolus vulgaris*), à temperatura ambiente, em potes de vidro cobertos com filme plástico perfurado. Foram separados em tubos de vidro, 20 adultos de *Z. subfasciatus* por repetição, totalizando 6 repetições por dose. A dose inicial de radiação gama utilizada foi de 3000Gy, aumentando-se em doses acumulativas de 500 em 500Gy, até a mortalidade total dos insetos. A cada dose aplicada, os insetos eram retirados do irradiador para a contagem dos mortos, permanecendo apenas os vivos para nova irradiação. Os resultados obtidos demonstraram que a dose letal foi de 6500Gy para o irradiador tipo Gammabeam 650 e 7000Gy para o irradiador tipo Gammacell 220.

Palavras-chave: Cobalto 60, insetos, mortalidade.

(1) Doutoranda, Universidade de São Paulo, CENA, Lab. Irradiação de Alimentos e Radioentomologia, C.P. 96, 13400-970, Piracicaba, lkfsilva@cena.usp.br.

(2) Prof. Dr. Universidade de São Paulo, CENA, Lab. Irradiação de Alimentos e Radioentomologia, C.P. 96, 13400-970, Piracicaba, arthur@cena.usp.br, Tel. (19)3429-4600 (4665).

ABSTRACT

DETERMINATION OF THE LETHAL DOSE FOR *Zabrotes subfasciatus* IN TWO DIFFERENT IRRADIATORS

This work aimed the determination of the lethal dose for *Zabrotes subfasciatus* in two different irradiators. Two irradiator models were utilized: Gammabeam-650 and Gammacell 220. The insects were raised in beans (*Phaseolus vulgaris*), at environment temperature, in glass jars, covered with perforated plastic film. Twenty adults of *Z. subfasciatus* were separated in glass tubes per replication, amounting to 6 replications per dose. The initial dose of gamma radiation utilized was 3000Gy, increasing in accumulative doses from 500 to 500 Gy, until total mortality of the insects. After each dose applied, the insects were withdrawn from irradiator for counting the dead, remaining only the live ones for the new irradiation. The results obtained showed that the lethal dose was 6500Gy for the irradiator type Gammabeam 650 and, 7000Gy for the irradiator type Gammacell 220.

Key words: Cobalt 60, insect, mortality.

INTRODUÇÃO

O Brasil possui um grande potencial para produção de grãos. É o maior país em área cultivável, com 54 milhões de hectares. Produziu cerca de 98 milhões de toneladas de grãos na safra de 2001/2002 e para o ano de 2003 a previsão é de 116 milhões de toneladas (IBGE, 2001).

A característica positiva na produção de grãos é a possibilidade de armazenamento prolongado sem a perda da qualidade e as estimativas de perdas em relação à produção de feijão no Brasil por vários fatores, inclusive ação das pragas, giram em torno de 20 a 30%. Uma das pragas que ataca o feijão durante seu armazenamento em regiões tropicais é *Zabrotes subfasciatus* (caruncho-do-feijão). Este inseto é capaz de reduzir o peso dos grãos, provocar a queda do poder germinativo das sementes e depreciar comercialmente o produto (presença de adultos, ovos, larvas, pupas, fragmentos e excrementos) (Santos *et al.*, 2002).

Os métodos de controle de pragas visam manter a população de insetos, abaixo do nível de dano econômico. E para isto, são utilizados inseticidas fumigantes (Brometo de metila e Dibrometo de etileno) que estão sendo proibidos devido aos efeitos indesejáveis causados ao ambiente e ao homem (Walder, 2001).

O uso da radiação ionizante é outro eficiente tratamento na desinfestação de grãos e no controle de pragas, pois não deixa resíduos e permite o tratamento do produto já embalado (Arthur, 1981, Arthur, 2002).

Este trabalho teve como objetivo, determinar a dose letal imediata de radiação gama para *Zabrotes subfasciatus*, comparando a eficiência de duas fontes de radiação gama (Gammabeam 650 e Gammacell 220).

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Irradiação de Alimentos e Radioentomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), Universidade de São Paulo, em Piracicaba – SP.

Os insetos foram criados em feijão (*Phaseolus vulgaris*), em potes de vidro, cobertos com filme plástico perfurado, à temperatura ambiente. Separou-se com o auxílio de um pincel, 20 adultos de *Z. subfasciatus* (dois dias de vida), em tubos de vidro com 8,5 cm de altura e 2,0 cm de diâmetro, com seis repetições, havendo o total de 120 insetos para cada tratamento. Foram utilizados dois irradiadores Gammabeam 650 e Gammacell 220.

A dose inicial de radiação gama utilizada foi de 3000Gy, aumentando-se em doses acumulativas de 500 em 500Gy, até a mortalidade total dos insetos. Na Tabela 1 encontra-se a atividade da fonte, taxa de dose, data de irradiação e o tempo de irradiação (para uma dose de 500Gy) utilizada para cada tipo de irradiador.

Tabela 1. Características dos irradiadores utilizados.

Modelo	Atividade	Data	Taxa de dose	Dose (500 Gy)
Gammabeam 650	2605×10^{10} Bq	03/07/2002	1258 Gy/h	23,9 minutos
Gammacell 220	6856×10^{10} Bq	03/07/2002	1264 Gy/h	24,0 minutos

A cada dose aplicada, os insetos eram retirados do irradiador para fazer a contagem dos mortos (pausa de 10 a 15 minutos), permanecendo apenas os vivos para nova irradiação.

Para a análise dos dados, utilizou-se o Teste do Qui-quadrado (ao nível de significância de 5%) entre as doses e fez-se a Regressão Linear para cada irradiador, a fim de observar se a mortalidade aumenta em função da dose aplicada.

O irradiador Gammabeam 650, contém 36 cápsulas de Cobalto 60 de igual atividade, que são distribuídas em 12 tubos metálicos estendidos até o centro de uma blindagem cilíndrica de chumbo. Os conjuntos de três cápsulas de ^{60}Co , são movidos internamente nos tubos através de ar comprimido e separados por molas (Escobedo, 1978) (Escobedo et al, 1980), enquanto que o modelo Gammacell 220 utiliza o ^{60}Co como fonte de irradiação que fica incluso dentro de uma blindagem de chumbo. Uma gaiola cilíndrica possui um mecanismo móvel para cima e para baixo ao longo da linha central da fonte, capaz de conduzir o material a ser irradiado até a fonte. A gaiola interna (circular) é de aço inoxidável, contendo, preso ao seu redor e abaixo, 48 lápis de ^{60}Co (MDS Nordion, 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constam nas Tabelas 2 e 3 o número total, média e porcentagem

Tabela 2. Contagem dos insetos vivos após a aplicação das doses de radiação gama, no irradiador Gammabeam 650.

Repetições	Test.	(Gy)							
		3000	D 3500	O 4000	S 4500	E 5000	S 5500	6000	6500
1	20	20	20	18	18	13	9	4	0
2	20	20	20	20	14	5	4	1	0
3	20	18	18	18	14	4	1	0	0
4	20	20	20	19	15	11	5	0	0
5	20	20	20	20	16	4	0	0	0
6	20	20	20	19	17	10	1	0	0
Total	120	118	118	114	94	47	20	5	0
Média	20,00	19,67	19,67	19,00	15,67	7,83	3,33	0,89	0
%	100,00	98,33	98,33	95,00	78,33	39,17	16,67	4,16	0

Tabela 3. Contagem dos insetos vivos após a aplicação das doses de radiação gama, no irradiador Gammacell 220.

Repetições	Test.	Dose (Gy)								
		3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000	6500	70000
1	20	19	19	19	19	17	13	4	2	0
2	20	20	18	18	18	14	9	2	0	0
3	20	20	20	20	19	15	11	2	1	0
4	20	20	20	20	19	16	9	1	1	0
5	20	18	18	17	17	12	8	2	2	0
6	20	20	18	18	17	13	8	0	0	0
Total	120	117	113	112	109	87	58	11	6	0
Média	20,00	19,50	18,83	18,67	18,17	14,50	9,67	1,83	1,00	0
%	100,00	97,50	94,16	93,33	90,83	72,50	48,33	9,16	5,00	0

de insetos sobreviventes após cada dose de radiação gama do Cobalto-60 para cada tipo de irradiador.

Pelos resultados apresentados nas Tabelas 2 e 3, pode-se observar que *Z. subfasciatus* possui grande resistência quanto às doses letais de radiação gama, o que está de acordo com os resultados de Wiendl (1969), quando utilizou dose aguda máxima de 3500Gy, obtendo uma mortalidade imediata de apenas 7,5% dos insetos, sendo que a mortalidade total (100%) ocorreu após 24 horas.

Neste trabalho, com a dose de radiação gama de 3500Gy fracionada, obteve-se a mortalidade imediata de 1,67% e 5,84%, respectivamente para os modelos Gammabeam 650 e Gammacell 220.

As doses aplicadas de radiação gama que induziram as maiores médias de mortalidade foram a partir de 5000Gy para o modelo Gammabeam 650, enquanto que no irradiador Gammacell 220 notou-se que o aumento da mortalidade deu-se à partir de 5000Gy (Tabela 4).

No irradiador Gammabeam 650, nas doses de 4500 a 5500Gy (doses já consideradas elevadas), verificou-se um aumento considerável da mortalidade, havendo diferença significativa ao nível de significância a 5% para as médias (pelo teste Qui-quadrado), se for comparado com o irradiador Gammacell 220, igualando-se na dose de 6000Gy (Tabela 5).

Observou-se que a dose letal imediata (DL_{100}) dos insetos para os diferentes irradiadores ocorreram nas doses de 6500Gy e 7000Gy respectivamente para o Gammabeam 650 a Gammacell 220. Para elucidar melhor esses resultados desenhou-se a Figura 3.

Tabela 4. Médias de mortalidade acumulada de *Z. subfasciatus* de acordo com os irradiadores e com as doses de radiação gama.

Doses Gy	Mortalidade Média	
	Gammabeam 650	Gammacell 220
Testemunha	0,00	0,00
3000	0,33	0,50
3500	0,33	1,17
4000	1,00	1,33
4500	4,33	1,83
5000	12,17	5,50
5500	16,67	10,33
6000	19,17	18,17
6500	20,00	19,17
7000		20,00

Esta diferença nas doses letais provavelmente está relacionada com dois fatores: diferenças de geometria que ocorrem na câmara de irradiação e fracionamento de doses. Concordando com os resultados

Tabela 5. Médias de mortalidade acumulada de *Z. subfasciatus* de acordo com os irradiadores e com as doses de radiação gama.

Tipos de Irradiadores	Dosagens		P = 5%
Gammabeam 650	4500	4,33	a
Gammacell 220	4500	1,83	b
Gammabeam 650	5000	12,17	a
Gammacell 220	5000	5,50	b
Gammabeam 650	5500	16,67	a
Gammacell 220	5500	10,33	b
Gammabeam 650	6000	19,17	a
Gammacell 220	6000	18,17	a

Médias seguidas por letras distintas diferem entre si ai nível de significância indicado. Qui-quadrado 5%.

de Walder (1996), quando estudou a radioesterilização em moscas-das-frutas utilizando três irradiadores diferentes e com os resultados encontrados por Arthur *et al.*, (1987), quando observaram os efeitos do fracionamento de doses de radiação gama em *Sitophilus granarius*,

concluíram que doses esterilizantes para adultos irradiados com doses agudas eram de 60Gy e para doses fracionadas eram de 90Gy.

Neste trabalho a recuperação celular nos insetos, foi possível pois a cada dose aplicada, fazia-se uma pausa para a contagem e retirada dos insetos mortos, que era de aproximadamente 15 minutos. Enquanto que, se houvesse a aplicação de uma dose contínua e única (aguda), provavelmente a dose letal, seria menor e os efeitos deletéricos nas células seriam maiores. Wiendl (1969), afirmou que doses agudas de radiação gama causam maiores danos às células somáticas e reprodutivas, o que resulta em menor longevidade e natalidade, enquanto que ao se irradiar com doses de radiação gama fracionadas, a longevidade e natalidade aumentam em relação às doses agudas.

Domarco (1977), observou que a dose de 100Gy foi suficiente para esterilizar adultos de *Z. subfasciatus* e Martins (1982), observou

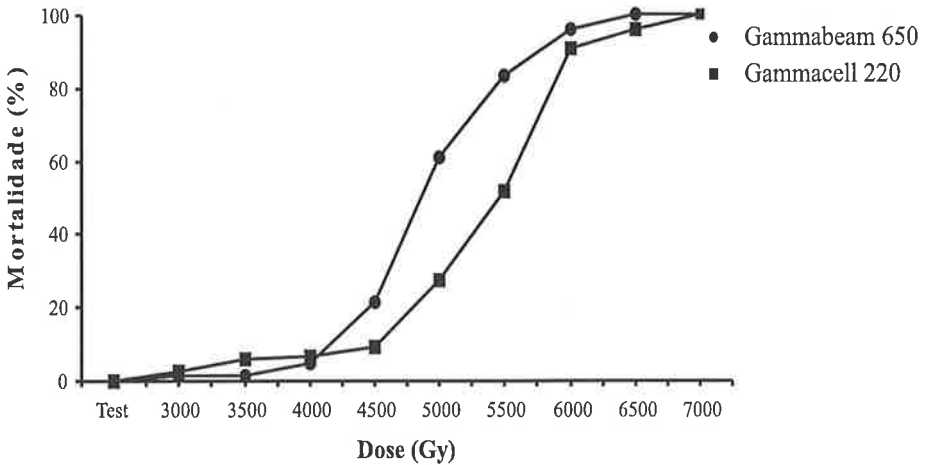


Figura 3. Mortalidade de *Z. subfasciatus*, após a irradiação em duas fontes diferentes de radiação ionizante.

que a dose letal imediata para o mesmo inseto foi ligeiramente superior a 5000Gy.

Fez-se uma Regressão Quadrática para elucidar melhor os dados para cada modelo de irradiador. Admite-se que a relação dose de radiação gama e mortalidade não é expressa por uma reta e sim por uma curva polinomial, cujas equações são: $Y = - 0,2128 - 3,3181X + 1,0576X^2$ e

Tabela 6. Análise de variância da regressão, para o irradiador modelo Gammabeam 650.

<i>Causa de variação</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F_{calc.}</i>
Regressão	2	3403,45	1701,72	218,12***
Resíduo	51	397,88	7,80	
Total	53	3801,33		

**significativo ao nível de significância de 0,1%.

Tabela 7. Análise de variância da regressão, para o irradiador modelo Gammacell 220.

<i>Causa de variação</i>	<i>GL</i>	<i>SQ</i>	<i>MQ</i>	<i>F_{calc.}</i>
Regressão	2	3543,61	1771,81	336,00***
Resíduo	57	300,57	5,27	
Total	59	3844,18		

**significativo ao nível de significância de 0,1%.

$Y = 0,1346 - 3,0249X + 0,8859X^2$ para Gammabeam 650 e Gammacell 220, respectivamente.

O valor de F calculado para a regressão, para os dois irradiadores, é significativo ao nível de 0,1%. Conclui-se que a dose de radiação gama afeta a mortalidade de *Z. subfasciatus* (Tabelas 6 e 7).

Pode-se concluir que a mortalidade aumenta, quando a dose de radiação gama aumenta, portanto a correlação é positiva.

CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- *Z. subfasciatus* demonstrou ser bastante resistente às doses de radiação.

- A dose acumulativa necessária para causar a mortalidade total dos insetos foi de 6500 Gy para irradiador modelo Gammabeam 650 e 7000 Gy para Gammacell 220.
- Apesar de as doses serem elevadas, os dois irradiadores foram eficientes no controle de *Z. subfasciatus*.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHUR, V., 1981. Influência da Temperatura Antes e Após a Radiação Gama em *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). Piracicaba, 69p. Dissertação (Mestrado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- ARTHUR, V., 2002. Desinfestação de Grãos e Produtos Armazenados por Meio de Radiação. (Resumo da Aula – Disciplina de Radioentomologia). Piracicaba, CENA/ESALQ/USP.
- ARTHUR, V.; WALDER, J.M.M.; WIENDL, F.M. DOMARCO, R.E.; HADDAD, S.S., 1987. Efeito do Fracionamento da Dose de Radiação Gama do Cobalto Sobre a Longevidade e Reprodução do *Sitophilus granarius* (L. 1785)(Col., Curculionidae) em Trigo. **Energia Nuclear e Agricultura**, 8(1/2):67-68.
- DOMARCO, R.E., 1977. Influência da Taxa de Radiação Gama Sobre a Radiosensibilidade de Cinco Espécies de Insetos. Piracicaba, 68p. Dissertação (Mestrado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- ESCOBEDO, J.F., 1978. Dosimetria do Irradiador de ⁶⁰Co – Gammabeam 650. Piracicaba. Dissertação (Mestrado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- ESCOBEDO, J.F.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; FERRAZ, E.S.B., 1980. Dosimetria de um Irradiador de ⁶⁰Co Gammabeam-650. Mapeamento das Isodoses na Câmara de Irradiação. **Energia Nuclear e Agricultura**, 2(2):83-100.
- ESCOBEDO, J.F.; NASCIMENTO FILHO, V.F.; FERRAZ, E.S.B., 1980. Dosimetria de um Irradiador Gammabeam-650. Características Básicas do Irradiador e Calibração do Ponto Central da Cavidade Interna. **Energia Nuclear e Agricultura**, 2(1):24-37.

- GAMMACELL 220EXCEL. Multi-Purpose Research Irradiator – MDS Nordion – Science Advancing Health. Training Manual. High Dose Rate Research Irradiator. Ontario, Canada. March, 1989. <http://www.mds.nordion.com> (20 abril 2003).
- MANUAL DE OPERAÇÃO DO GAMMACELL 220. MARTINS, A.P., 1982. Esterilização e Letalidade Induzida por Radiações Gama do ^{60}Co em Imagos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae), sob Atmosferas de Ar, Oxigênio e Dióxido de Carbono. Piracicaba, 67p. Piracicaba, 69p. Dissertação (Mestrado). Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- SANTOS, J.P. SANTOS, D.S., GONÇALVES, R.A.; TOMÉ, PHF., 2002. Atmosfera Controlada por CO_2 no Combate à Pragas de Grãos Armazenados – Pragas do Feijoeiro. EMBRAPA MILHO E SORGO. <http://www.cnpms.embrapa.br/pes1989.html> (17 julho 2002).
- WALDER, J.M.M., 2001. Controle de Pragas na Pós-Colheita. (Resumo da Aula – Disciplina de Irradiação de Alimentos). Piracicaba, CENA/ESALQ/USP.
- WALDER, J.M.M., 1996. Processo de Radioesterilização de Moscas-das-Frutas para Programas de Supressão ou Erradicação Empregando Insetos Estéreis: uma Visão Crítica. Piracicaba. Tese (Livre-Docência) disciplina de Radioentomologia. Centro de Energia Nuclear na Agricultura, Universidade de São Paulo.
- WIENDL, F.M., 1969. Efeitos da Radiação Gama sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). Piracicaba, 205p. Piracicaba, 69p. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.