



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA (^{60}Co) SOBRE
A PROTEÍNA ARCELINA E SUA INFLUÊNCIA NA
RESISTÊNCIA A *Zabrotes subfasciatus* (BOH., 1833)
(COLEPTERA : BRUCHIDAE)**

VALÉRIA WANDERLEY TEIXEIRA

**Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do Grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear - Aplicações.**

**Orientador:
Dr. Valter Arthur**

**São Paulo
1998**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA (^{60}Co) SOBRE A
PROTEÍNA ARCELINA E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA A
Zabrotes subfasciatus (BOH., 1833) (COLEOPTERA : BRUCHIDAE)**

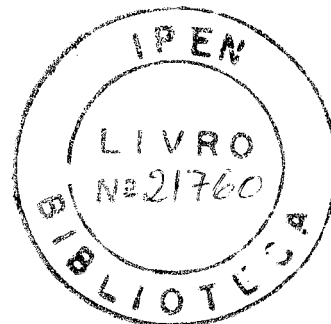
VALÉRIA WANDERLEY TEIXEIRA

Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear.

Orientador:
Dr. Valter Arthur

SÃO PAULO

1998



INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA (^{60}Co) SOBRE A
PROTEÍNA ARCELINA E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA A
Zabrotes subfasciatus (BOH., 1833) (COLEOPTERA : BRUCHIDAE)**

VALÉRIA WANDERLEY TEIXEIRA

Tese apresentada como parte dos
requisitos para obtenção do grau de
Doutor em Ciências na Área de
Tecnologia Nuclear.

Orientador:
Dr. Valter Arthur

SÃO PAULO

1998

Dedico este trabalho

Aos meus pais, **José Rodrigues** (in memoriun) e **Ivanda** que, pela honestidade, perseverança, exemplo e trabalho, permitiram minha formação moral e intelectual.

A meu esposo, **Álvaro**, e filhos **Rafael** e **Gabriela** pelo carinho, dedicação e companheirismo em todos os passos deste trabalho.

Aos meus sogros, **Etienne** e **Gladys** pelo apoio e incentivo demonstrados.

Aos meus irmãos e cunhados pela amizade e ajuda que sempre me deram.

Ao Orientador, **Prof. Dr. Valter Arthur**, do Centro de Energia Nuclear na
Agricultura - Universidade de São Paulo.

Pela sua dedicação e pelo apoio científico,
humano e profissional que sempre recebi e pela
oportunidade de realizar este trabalho.

COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR/SP - IPEN

Ao **Dr. Sérgio Augusto M. Carbonell**, Pesquisador Científico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo - Núcleo Experimental de Campinas (IAC).

Pelo estímulo e co-orientação na realização deste trabalho.

À **Dra. Eliana Cherubini Bergmann**, do Laboratório de Entomologia do Instituto Biológico de São Paulo.

Pela ajuda, apoio constante e, principalmente,
pela certeza de uma amizade consolidada.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo amparo, pela presença constante e por ter me guiado em mais uma etapa da vida.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares da Universidade de São Paulo - IPEN/CNEN/SP pela oportunidade de realização do Curso de Doutorado.

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo - FAPESP pelo apoio financeiro.

Ao Instituto Biológico por tornar possível a realização prática dessa pesquisa.

À Dra. Erna Elizabthe Bach do Instituto Biológico pela orientação e sugestões na execução da análise eletroforética bem como pela amizade.

À Dra. Nélida L. Del Mastro pelas sugestões e amizade.

Ao Prof. Dr. José Vargas de Oliveira da Universidade Federal Rural de Pernambuco pelo apoio constante e amizade.

À Dra. Ana Eugênia Campos-Farinha do Instituto Biológico pela amizade.

A todos os funcionários e estagiários da Seção de Entomologia Geral do Instituto Biológico e, em especial, aos pesquisadores científicos João Justi Junior, Tércio Barbosa de Campos e Marcos Potenza, pela ajuda e amizade.

À Márcia Cristina Martins dos Santos pelo exemplo de amizade e de solidariedade, que sempre pude contar.

Às pesquisadoras do IPEN Anna Lúcia Villavicencio e Olívia Kimiko Kikuchi pela consideração, ajuda e amizade.

Aos Engenheiros do IPEN Bete e Carlos pela irradiação das sementes de feijão e pela amizade.

À Eng^a Agrônoma Vivian Loges e Marlis Sperber Loges pelo apoio, estímulo e amizade durante todo tempo de convivência.

Enfim, a todos aqueles que de alguma maneira colaboraram direta ou indiretamente na execução deste trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
4.1.	Porcentagem média do número de ovos viáveis de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	29
4.2.	Porcentagem média de insetos emergidos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	33
4.3.	Média do período de ovo a adulto de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	39
4.4.	Esquema geral das bandas protéicas reveladas no gel de poliacrilamida dos extratos de sementes da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa) e das linhagens Arcelina-1 (Arc-1), Arcelina-2 (Arc-2), Arcelina-3 (Arc-3) e Arcelina-4 (Arc-4) de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}CO)	42
4.5.	Gel de poliacrilamida corado com azul de coomassie revelando número de bandas da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa), e das linhagens Arcelina-1 (Arc1), Arcelina-2 (Arc2), Arcelina-3 (Arc3) e Arcelina-4 (Arc4) de <i>Phaseolus vulgaris</i> , quando submetidas a dose 0 kGy . As setas indicam as bandas apresentadas pela cultivar e linhagens	43

4.6.	Gel de poliacrilamida corado com azul de coomassie revelando número de bandas da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa), e das linhagens Arcelina-1 (Arc1), Arcelina-2 (Arc2), Arcelina-3 (Arc3) e Arcelina-4 (Arc4) de <i>Phaseolus vulgaris</i> , quando submetidas as dose 0,25 e 0,5 kGy. As setas indicam as bandas apresentadas pela cultivar e linhagens	44
4.7.	Gel de poliacrilamida corado com azul de coomassie revelando número de bandas da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa), e das linhagens Arcelina-1 (Arc1), Arcelina-2 (Arc2), Arcelina-3 (Arc3) e Arcelina-4 (Arc4) de <i>Phaseolus vulgaris</i> , quando submetidas as doses 1,0 e 2,0 kGy. As setas indicam as bandas apresentadas pela cultivar e linhagens	45
4.8.	Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a dose 0 kGy	51
4.9.	Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da cultivar IAC-Carioca Akytã, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	52
4.10.	Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-1, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	53
4.11.	Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-2, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	54
4.12.	Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-3, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	55
4.13.	Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-4, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	56

LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
4.1. Médias do número total de ovos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	26
4.2. Médias do número de ovos viáveis de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	27
4.3. Média de <i>Zabrotes subfasciatus</i> emergidos em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	31
4.4. Peso (mg) de machos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> emergidos em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	36
4.5. Peso (mg) de fêmeas de <i>Zabrotes subfasciatus</i> emergidas em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	37
4.6. Médias do período de ovo a adulto (dias) de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	38
4.7. Médias da razão sexual de <i>Zabrotes subfasciatus</i> em sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	40
4.8. Mobilidade relativa (Rm), em centímetros, das bandas protéicas reveladas dos extratos de sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	47

4.9.	Absorbância das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da cultivar e linhagens de <i>Phaseolus vulgaris</i> , submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co)	48
------	---	----

**AVALIAÇÃO DO EFEITO DA RADIAÇÃO GAMA (^{60}Co) SOBRE A
PROTEÍNA ARCELINA E SUA INFLUÊNCIA NA RESISTÊNCIA A
Zabrotes subfasciatus (BOH., 1833) (COLEOPTERA : BRUCHIDAE)**

Valéria Wanderley Teixeira

RESUMO

A pesquisa teve como objetivos avaliar o efeito de diferentes doses da radiação gama (^{60}Co) sobre a proteína arcelina na manifestação da resistência a *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833), utilizando o teste de confinamento e identificar possíveis alterações nesta proteína, por meio da análise eletroforética. Sementes de quatro linhagens de *Phaseolus vulgaris* L. portadores de arcelina (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) e de uma cultivar sem essa proteína usada como controle (IAC-Carioca Akytã), provenientes do Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo - Núcleo Experimental de Campinas (IAC), foram irradiadas em uma fonte de cobalto-60, tipo panorâmico, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, com uma atividade de aproximadamente 2218,798 Ci e uma taxa de dose de 0,678 kGy/h. As doses utilizadas foram de 0; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy. Os resultados mostraram que as doses de radiação não influenciaram nos parâmetros avaliados na resistência pois o alto grau de antibiose apresentado pelas linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2 foi mantido. As linhagens Arcelina-3 e Arcelina-4, também mantiveram seu comportamento menos expressivo de resistência por antibiose pois apenas prolongaram o período de ovo a adulto. A análise dos perfis eletroforéticos das linhagens e da cultivar revelaram que o número de bandas e suas mobilidades não foram alteradas em função das doses de radiação. No entanto, houve uma diminuição com relação a intensidade de coloração das bandas (absorbância) à medida que as doses aumentaram.

**EVALUATING THE EFFECT OF GAMMA RADIATION (^{60}Co) ON
PROTEIN ARCELIN AND ITS INFLUENCE IN THE RESISTANCE OF
Zabrotes subfasciatus (BOH., 1833) (COLEOPTERA : BRUCHIDAE)**

Valéria Wanderley Teixeira

ABSTRACT

The objective of this research was to evaluate the effects of different gamma doses of Cobalt-60 on arcelin protein in the manifestation of resistance to *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833). Seeds of four lines of *Phaseolus vulgaris* carriers of arcelin protein (Arcelin-1, Arcelin-2, Arcelin-3 and Arcelin-4) and a cultivar without this protein were used as control (IAC-Carioca Akytã) obtained from the Instituto Agronomico do Estado de São Paulo - Núcleo Experimental de Campinas (IAC), were irradiated in a source of Cobalt-60, of the panoramic type, from the Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares/CNEN/SP. The activity was approximately 2218.79 Ci, and the dose rate 0.678 kGy/h. The doses used were 0; 0.25; 0.5; 1.0 and 2.0 kGy. The results showed that the radiation doses did not influence the parameters evaluated in the resistance because a high degree of antibiose in the Arcelin-1 and Arcelin-2 lines was maintained. The Arcelin-3 and Arcelin-4 lines also maintained their behavior less expressive of resistance by antibiose only prolonging the period from egg to adult. The eletrophoretic analysis of the lines and cultivar were not changed in relation to the radiation doses. But there was a decrease in relation to the intensity of color of the bands (absorbance) with the increase of the doses.

SUMÁRIO

Página

DEDICATÓRIA

AGRADECIMENTOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	4
2.1. Posição taxonômica de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	4
2.2. Distribuição e origem de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	4
2.3. Aspectos morfológicos de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	5
2.4. Aspectos biológicos de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	6
2.5. Importância econômica de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	8
2.6. Importância da proteína arcelina na resistência a <i>Zabrotes subfasciatus</i>	9
2.7. Controle de <i>Zabrotes subfasciatus</i> com radiação.....	11
2.8. Efeito da radiação sobre proteínas de leguminosas.....	13
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	17
3.1. Criação de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	17
3.2. Obtenção e multiplicação das sementes	18
3.3. Irradiação das sementes.....	19
3.4. Avaliação da resistência das linhagens e da cultivar de feijão à <i>Zabrotes subfasciatus</i>	19

3.5. Análise eletroforética.....	21
3.5.1. Obtenção dos extratos para análise de proteínas totais.....	22
3.5.2. Preparação do gel e aplicação dos extratos das sementes para análise de proteínas totais.....	22
3.5.3. Revelação das bandas protéicas.....	23
3.5.4. Secagem dos géis e interpretação dos perfis eletroforéticos...	23
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	25
4.1. Teste de confinamento.....	25
4.1.1. Total de ovos e número de ovos viáveis de <i>Zabrotes</i> <i>subfasciatus</i>	25
4.1.2. Número de adultos de <i>Zabrotes subfasciatus</i> emergidos.....	30
4.1.3. Pesos de machos e fêmeas de <i>Zabrotes subfasciatus</i>	34
4.1.4. Período de ovo a adulto e razão sexual de <i>Zabrotes</i> <i>subfasciatus</i>	34
4.2. Análise eletroforética.....	41
4.2.1. Interpretação dos perfis eletroforéticos em função do número de bandas reveladas.....	41
4.2.2. Interpretação dos perfis eletroforéticos em função da mobilidade eletroforética (Rm) e intensidade de coloração das bandas.....	46
5. CONCLUSÕES.....	57
6. APÊNDICE.....	59
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	74

1. INTRODUÇÃO

O feijão é um dos produtos agrícolas de mais alta expressão econômica e social constituindo, com outras leguminosas, as principais fontes de proteína vegetais utilizadas na alimentação humana, nas regiões tropicais e subtropicais. No Brasil, a espécie *Phaseolus vulgaris* L. é a leguminosa mais consumida e segundo VIEIRA (1992), a maioria das cultivares plantadas tem de 20 a 25% de proteína e quando misturadas a cereais na proporção adequada fornecem um produto com maior valor biológico.

Dentre os principais entraves no armazenamento de *P. vulgaris* no Brasil destaca-se o caruncho *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833), provocando perda de peso, desvalorização comercial, redução no valor nutritivo, diminuição do poder germinativo das sementes e do grau de higiene, pela presença de insetos, excrementos, ovos, etc. (FERREIRA, 1960; GALLO et al., 1988).

Como alternativa ao uso de inseticidas químicos, o controle de *Z. subfasciatus* pode ser realizado por meio da radiação (WIENDL, 1969; 1975) em face das inúmeras vantagens apresentadas como eficiência, não produz e nem induz elementos ou substâncias tóxicas no alimento, deixando-o isento de resíduo ou poluentes deletérios ao consumidor. No entanto, vários experimentos têm sido conduzidos para investigar a qualidade nutricional dos alimentos irradiados, pois cada constituinte do alimento responde de forma

específica às radiações ionizantes (WIERBICK, 1986; DIEHL, 1990). No Brasil, o limite para irradiação do feijão segundo a portaria nº 9 de 08/03/85, baseado no Decreto nº 72.718 de 29/08/73, estabelecido pela Divisão Nacional de Vigilância Sanitária de Alimentos (DINAL), em conjunto com a Comissão Nacional de Energia Nuclear (CNEN) e o Instituto Nacional de Controle de Qualidade de Saúde (INCQS), é de até 1,0 kGy. Porém, um alimento irradiado deve receber uma dose tal que seja suficiente para alcançar os efeitos desejáveis, desde que não exceda aos limites legais estabelecidos.

Atualmente trabalhos relacionados ao melhoramento genético visando resistência a *Z. subfasciatus* vêm sendo bastante pesquisados, não só no Brasil (OLIVEIRA et al., 1979; RÊGO et al., 1986), como em outros países (MINNEY et al., 1990; CARDONA et al., 1992), em virtude da descoberta dos mecanismos de defesa de *P. vulgaris* a *Z. subfasciatus* como a presença da proteína arcelina que confere resistência a praga nos feijões da Colômbia (OSBORN et al., 1986).

No Brasil, recentemente, iniciaram-se trabalhos visando transferir essa proteína para os nossos feijões (PEREIRA et al., 1995). Para reduzir ao máximo as perdas causadas por *Z. subfasciatus* a introdução dessa fonte de resistência aliado a técnica de desinfestação de grãos de feijão pelo uso da radiação gama (^{60}Co) deve ser pesquisada para obter melhores resultados. Portanto, tendo em vista a necessidade de se obter informações sobre o efeito da radiação gama em sementes portadoras da proteína arcelina e sua influência na resistência a *Z. subfasciatus*, o presente trabalho teve os seguintes objetivos:

- Avaliar o efeito de diferentes doses da radiação gama do (^{60}Co) sobre a proteína arcélina na manifestação da resistência a *Z. subfasciatus*, por meio do teste de confinamento.

- Identificar possíveis alterações na proteína arcélina utilizando a técnica da análise eletroforética.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Posição Taxonômica de *Zabrotes subfasciatus*

A espécie *Z. subfasciatus* ocupa a seguinte posição taxonômica (DALY et al., 1978):

* Classe	Insecta
* Subclasse	Pterigota
* Infraclasse	Neoptera
* Divisão	Endopterigota
* Superordem	Neuropteroidea
* Ordem	Coleoptera
* Subordem	Polyphaga
* Superfamília	Chrysomeloidea
* Família	Bruchidae
* Gênero	<i>Zabrotes</i>
* Espécie	<i>Z. subfasciatus</i>

2.2. Distribuição e Origem de *Zabrotes subfasciatus*

Segundo FERREIRA (1960), *Z. subfasciatus* ocorre em regiões de clima tropical e subtropical sendo também encontrada em climas temperados e frios, em feijão armazenado. A espécie teve como centro de origem as Américas Central e do Sul onde se expandiu para o restante do mundo. Para

SOUTHGATE (1964), é também largamente distribuída na África, Sudeste da Ásia, Índia e na Europa sendo de ocorrência comum em *P. vulgaris*. No Brasil a presença desta espécie tem sido registrada em vários Estados: Amazonas, Bahia, Espírito Santo, Pará, Rio de Janeiro, Rio Grande do Sul e São Paulo (SILVA et al., 1968).

2.3. Aspectos Morfológicos de *Zabrotes subfasciatus*

Os ovos de *Z. subfasciatus* são esbranquiçados, curtos, ovóides, quase arredondados, com o comprimento variando de 0,46 a 0,60 mm e largura de 0,44 a 0,50 mm. As larvas são brancas, curvas, de cabeça marrom, com o comprimento inicial de 0,9 mm, passando por quatro instares. As pupas apresentam uma coloração leitosa, sem pêlos, medindo 2,5 a 3,5 mm de comprimento e 1,5 a 2,0 mm de largura portanto maiores que os adultos. As pupas que originarão machos apresentam o último esternito abdominal arqueado e as que darão origem às fêmeas, retilíneo. Os adultos medem de 1,8 a 2,5 mm de comprimento e têm coloração escura, apresentando dimorfismo sexual. As fêmeas apresentam no pronoto uma mancha clara triangular pôr trás da cabeça, outra da mesma forma em frente ao escutelo e duas nos ângulos do pronoto; no macho só é distinta a mancha pré-escutelar (FERREIRA, 1960).

2.4. Aspectos Biológicos de *Zabrotes subfasciatus*

FERREIRA (1960), estudando a biologia de *Z. subfasciatus* a uma temperatura de 27°C e 75% de umidade relativa, obteve uma duração de quatro dias da postura à eclosão, 23 dias da eclosão à emergência, uma longevidade do adulto de nove dias e duração do ciclo biológico de 36 dias. O autor ressaltou que esses valores foram fortemente influenciados pelas condições ambientais, substrato alimentar e fatores individuais.

HOWE e CURRIE (1964) observaram que a temperatura ideal para o desenvolvimento de *Z. subfasciatus* em sementes de *P. vulgaris* foi de 32,5°C a 70% de umidade relativa. Nessas condições o período médio de ovo a adulto foi de 24,5 dias e os limites térmicos máximo e mínimo foram de 38 e 17°C para ovos e larvas nos primeiros ínstaes, respectivamente. A temperatura de 20°C e 70% de umidade relativa constituem condições ideais para a postura máxima da praga onde as fêmeas depositaram, em média, 40 ovos com uma amplitude de 27 a 50 e uma viabilidade de 90%.

CARVALHO e ROSSETTO (1968), trabalhando a uma temperatura de 30 - 32°C e 70 - 75% de umidade relativa, obtiveram os seguintes resultados: oviposição média de 22,2 ovos variando individualmente de 4 - 46; a maior oviposição ocorreu no 5º dia de postura porém manteve-se relativamente alta do 2º ao 7º dia; a porcentagem de ovos que originou adultos foi de 17,4% com uma proporção sexual de um macho para 1,23 fêmeas; o período de tempo decorrido entre a postura e a emergência do adulto foi influenciado pela idade

da fêmea sendo que, de um modo geral, os ovos postos do 2º ao 3º dia demoraram 26 dias para iniciarem a emergência, no 12º dia, 24 dias e aqueles com mais de 12 dias de idade, 27 a 28 dias; a longevidade média foi de 11 dias para as fêmeas e de 13,8 dias para os machos observando-se uma longevidade menor para as fêmeas que depositaram um maior número de ovos.

WANDERLEY e OLIVEIRA (1991), estudando alguns aspectos da biologia de *Z. subfasciatus* em *P. vulgaris*, cultivar IPA-6 e *Vigna unguiculata* (L.) Walp, cultivar Pitiúba, a uma temperatura de $25,2 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$, umidade relativa de $71,0 \pm 1,66\%$ e fotoperíodo de 12 horas e, sem controle desses fatores, obtiveram para as duas condições estudadas, maior postura de ovos férteis e inférteis nas sementes de *P. vulgaris*. Em condições não controladas, a máxima oviposição ocorreu no 1º dia da postura em *P. vulgaris* e no 3º dia, em *V. unguiculata* enquanto que em condições controladas ocorreu no 1º dia da postura nas duas espécies estudadas. O número de insetos emergidos foi maior em *P. vulgaris* para as condições não controladas, porém em condições controladas houve uma equivalência para as duas espécies. As fêmeas apresentaram maior longevidade em comparação aos machos, exceto em *V. unguiculata* em condições controladas. As durações dos ciclos biológicos em *P. vulgaris* e *V. unguiculata* foram de 30,94 e 29,96 dias e de 31,6 e 30,02 dias, respectivamente, em condições não controladas e com controle. A razão sexual foi equivalente a 0,5 nas duas espécies de feijão e condições estudadas. De um modo geral observou-se uma relação direta entre o número de ovos férteis e insetos emergidos para as duas espécies de feijão.

WANDERLEY e OLIVEIRA (1992) realizaram pesquisa, em condições ambientais de laboratório, sobre a biologia de *Z. subfasciatus* utilizando grupos de três, seis, nove e doze sementes de *P. vulgaris* e *V. unguiculata*. De acordo com os resultados obtidos não houve diferenças estatísticas significativas entre os grupos de sementes porém do ponto de vista numérico, ocorreu maior postura no grupo de nove sementes para as duas espécies de feijão, no entanto a capacidade de oviposição de *Z. subfasciatus* foi maior em sementes de *P. vulgaris*.

2.5. Importância Econômica de *Zabrotes subfasciatus*

Os danos causados por *Z. subfasciatus* em *P. vulgaris* são decorrentes da deposição e aderência dos ovos aos grãos e, após a eclosão, as larvas penetram nos mesmos e constroem galerias durante todo o seu desenvolvimento. Antes de atingirem a fase de pupa demarcam um orifício de saída do adulto denominado de "janela de emergência". Os grãos danificados apresentam furos externos, que estão diretamente relacionados com o grau de infestação (FERREIRA, 1960; GALLO et al., 1988).

WALDER (1976) e PACHECO e WIENDL (1989) determinaram uma correlação positiva entre as perdas de peso e o número de furos em 100 sementes decorrentes dos danos causados por diferentes níveis de infestação de *Z. subfasciatus* em *P. vulgaris*.

As perdas no feijão colhido nos Estados de São Paulo, Rio de Janeiro, Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul atingiram 20% (WIENDL, 1975). OLIVEIRA et al., (1977) determinaram perdas de 38,9 a 43,8% e de 33,0 a 40% em sementes de *Vigna sinensis* (L.) Savi e *P. vulgaris*, respectivamente, em decorrência do ataque de *Z. subfasciatus* durante três meses de armazenamento. No entanto, as estimativas indicam que até 35% da produção de feijão no México, América Central, Panamá e de 7 a 15% no Brasil, é perdida em decorrência dos danos causados por esse caruncho (SCHOONHOVEN e CARDONA, 1980).

2.6. Importância da Proteína Arcelina na Resistência a *Zabrotes subfasciatus*

Identificada por F. Bliss, da Universidade de Wisconsin - E.U.A., a proteína arcelina que possui peso molecular entre 35.000 a 42.000 daltons foi identificada em sementes silvestres de *P. vulgaris* exercendo efeito adverso sobre a biologia de *Z. subfasciatus* (CIAT, 1985).

As variantes de arcelina presentes em materiais resistentes foram designadas como arcelina-1, arcelina-2, arcelina-3 e arcelina-4 (OSBORN et al., 1986) as quais podem ser caracterizadas pelas técnicas de eletroforese, testes sorológicos (Ouchterlany) e teste ELISA (CARDONA et al., 1989). Os materiais portadores de arcelina causam mortalidade das larvas de *Z. subfasciatus* nos primeiro e segundo ínstar, redução na porcentagem de emergência, redução no peso e alongamento do ciclo biológico dos insetos

caracterizando o mecanismo de resistência por antibiose (CIAT, 1986, 1987, 1988). Os quatro tipos diferentes de arcelina atuam de forma diferenciada em relação ao efeito antibiótico onde os genótipos que apresentaram níveis mais altos de resistência a *Z. subfasciatus* foram os que continham arcelina 1 e 2 (CIAT, 1988).

No Brasil, pesquisas com as variantes de arcelina na resistência a *Z. subfasciatus* foram realizadas por WANDERLEY (1995), PEREIRA et al. (1995), e BARBOSA e YOKOYAMA (1997a), obtendo resultados satisfatórios com os genótipos Arcelina-1 e Arcelina-2, os quais apresentaram mecanismo de resistência do tipo antibiose, uma vez que prolongaram o período de ovo a adulto e reduziram significativamente a emergência de *Z. subfasciatus* em testes de confinamento e livre chance de escolha, em comparação com os genótipos contendo Arcelina-3 e Arcelina-4.

LARA e YOKOYAMA (1997), avaliando genótipos selvagens de *P. vulgaris* possuidores da proteína arcelina (Arcelina-1 selvagem, Arcelina-3 selvagem e Arcelina-5 selvagem) e linhagens melhoradas quase isogênicas (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) em relação às cultivares sem arcelina (Porrillo-70 e IAPAR MD 808), verificaram que o genótipo Arcelina-5 selvagem apresentou alta resistência (AR) devido aos tipos não preferência para oviposição (NPO) e, principalmente, antibiose (ANT.); Arcelina-1 selvagem - AR (ANT.); Arcelina-1 e Arcelina-2 - AR (ANT.); Arcelina-3 selvagem - moderada resistência (MR) por NPO e provavelmente não preferência para alimentação (NPA); Arcelina-4 e Arcelina-3 - MR (provavelmente por NPA).

Com o objetivo de verificar a estabilidade da resistência em duas variantes da proteína arcelina (Arcelina-1 e Arcelina-4) por quatro gerações sucessivas, BARBOSA e YOKOYAMA (1997b) mostraram que em Arcelina-4 não houve diferença entre as gerações quanto ao número de ovos, sendo observada em Arcelina-1 entre a primeira e terceira geração. Com relação ao número de insetos emergidos verificou-se uma tendência para o aumento da emergência com o avanço das gerações para as duas variantes. Em Arcelina-4 houve redução do período de ovo a adulto a partir da terceira geração. Não foram detectadas alterações para os parâmetros razão sexual e o índice de resistência em ambas variantes.

2.7. Controle de *Zabrotes subfasciatus* com Radiação

A radiação gama tem sido usada em quase todo o mundo na desinfestação e esterilização parcial de produtos de origem animal, frutas, hortaliças e grãos, em substituição aos inseticidas e ao calor (CARVALHO citado por NASCIMENTO, 1992). A maior vantagem da radiação, comparada com os agrotóxicos, é que ela não deixa resíduo nos alimentos, e quando aplicada em doses baixas e controladas não produz efeito tóxico no organismo que recebe o alimento irradiado. Na conservação de grãos e produtos armazenados a irradiação consiste na utilização de uma determinada dose de radiação inibindo a reprodução dos insetos e causando a morte das populações infestantes. Segundo SINGH e LILIS (1972) é um método efetivo facilmente incorporado na prática moderna de manuseio de grãos.

A utilização das radiações ionizantes para o controle de insetos foi realizada pela primeira vez em fumo tratado com raios-X, obtendo-se adultos estéreis de *Lasioderma serricorne* L. (RUNNER, 1916).

Com referência à espécie *Z. subfasciatus*, WIENDL (1968) estudou os efeitos de baixas doses de radiação gama nas diferentes fases de desenvolvimento desta praga, no intuito de um possível controle. Estudando os efeitos esterilizantes e letais da radiação WIENDL e ROSSETTO (1969) observaram que ovos de *Z. subfasciatus* quando irradiados com 2 krad não deram eclosão às larvas. As larvas não originaram pupas quando irradiadas com 5 krad e pupas irradiadas com 10 krad não resultaram emergência de adultos. Em adultos a esterilização total ocorreu com 10 krad. A dose letal conseguida dentro de 24 horas, para adultos, foi de 350 krad sob uma taxa de 105 krad/hora. WIENDL e LINK (1974) estudaram a influência da umidade relativa, temperatura e radiação gama sobre a biologia de *Z. subfasciatus* em *P. vulgaris*. Os resultados mostraram que os insetos mantidos a uma temperatura constante de 30°C e umidade relativa de 80% se reproduziram muito mais rapidamente em relação aos submetidos à variação de temperatura e umidade relativa correspondente a 8 a 36°C e 40 a 95%, respectivamente. O aumento da dose de radiação gama mantida na faixa de substerilização influenciou negativamente a reprodução; por conseguinte as doses maiores diminuíram mais a fertilidade que as menores. BARBOSA (1976) observou que a dose de radiação gama para a esterilização de *Z. subfasciatus* foi de 7 krad pelo método de perda de peso, com pesagens semanais dos frascos (17 semanas) colocados em diferentes temperaturas após a infestação do

substrato (feijão) com insetos irradiados. ARTHUR (1981), estudando a influência da temperatura antes e após a radiação gama em *Z. subfasciatus*, observou que o tratamento com o frio antes da irradiação exercia um efeito protetor e que o calor antes e após a irradiação gama assim como o frio após, quase não influenciaram na longevidade dos adultos.

A esterilização e letalidade das radiações gama do ^{60}Co , em atmosferas de ar, oxigênio e dióxido de carbono para as larvas de *Z. subfasciatus* foram investigadas por MARTINS (1982). As doses esterilizantes foram de: 4 krad para as larvas irradiadas em fluxo de oxigênio; 5 krad em sistema parado contendo CO_2 ; 6 krad quando em ambiente com ar (parado e em fluxo) e em sistema fechado contendo O_2 ; e 10 krad em fluxo de CO_2 . A esperança de vida (e_0^x) dos insetos foi reduzida em 50% quando irradiados com 200-250 krad em fluxo de CO_2 e com 100-150 krad quando irradiados nos demais gases e sistemas empregados. A dose letal imediata não foi afetada pelos gases e foi ligeiramente superior a 500 krad.

2.8. Efeito da Radiação sobre Proteínas de Leguminosas

A radiação gama, os raios-X e os elétrons de alta energia são formas de energia que podem ser empregadas no processamento de alimentos por serem capazes de penetrá-los promovendo a formação de íons. Estas formas de energia são conhecidas, por esta razão, como radiação ionizante ou energia ionizante. Os íons formados são muito reativos e reagem prontamente com elementos da própria molécula levando à sua decomposição ou reagem

com outras moléculas para formarem estruturas mais estáveis as quais são designadas como produtos radiolíticos (BRYNJOLFSSON, 1981; WIERBICK, 1986).

Experimentos foram conduzidos por LOTTI et al. (1974), em sementes de feijão, ervilha e "lupins" irradiados com 1-50 Mrad para determinar o efeito na sua composição de aminoácidos. Os autores observaram perdas de aminoácidos de 5,9; 9,5 e de 5,1% após 1 Mrad pela formação de NH_3 em cadeia, em feijão, ervilha e "lupins", respectivamente. Após 5 Mrad as perdas foram de 7,0; 11,8 e 12,3% e de 9,3; 26,1 e 30,6% após 50 Mrad. Os mais sensíveis foram arginina, histidina, alanina, cistina e metionina e os mais resistentes foram ácidos glutâmico, prolina e lisina. Ervilha e feijão irradiados com dose de 10 Mrad apresentaram reduções de 40% de histidina, 35 e 15% de arginina e aproximadamente 50% de metionina. O conteúdo de lisina foi reduzido em 6-8% com dose de 50 Mrad e de 1-2% com 1 Mrad. Perdas de aproximadamente 10% dos aminoácidos foram observadas quando a dose de irradiação foi 1 Mrad. Doses baixas de aproximadamente 100 krad são recomendadas para a desinfestação.

NENE et al. (1975), investigando a qualidade nutricional de feijões irradiados com dose de 1.000 krad, constataram aumento da quantidade de aminoácidos livres possivelmente como resultado da fragmentação de proteínas de baixo peso molecular. Já com doses mais elevadas (20-21 Mrad), REDDY et al. (1979) observaram retenção de nitrogênio, diminuição da solubilidade protéica e aumento da digestibilidade protéica "in vitro".

Efeito de três doses de radiação gama (0.5, 1.0 e 3.0 kGy) sobre a composição química de lentilha (*Lens culinaris* Medikus), feijão mungo (*Phaseolus aureus* Zuccagni) e duas variedades de trigo (*Triticum aestivum* L. var. Asakaze e var. Norin-61) foram investigadas por HOSSAIN et al. (1988). Nenhuma diferença importante na composição foram verificadas na proteína, total de aminoácidos, aminoácidos livres, gordura ou ácidos gordurosos. Pouquíssimo aumento de glicose livre e diminuição no amido foram observadas com aumento da dose em lentilha e feijão mungo.

Alterações perceptíveis no perfil eletroforético de proteínas de feijão *P. vulgaris*, das variedades Catu e Rajado irradiadas com doses de até 1 Mrad não foram observadas (MANCINI-FILHO, 1990). No entanto, com feijões da variedade Carioca, pode-se observar alguma alteração na dose de 5 Mrad.

DELINCEE e BOGNAR (1993) investigaram o efeito da radiação ionizante sobre o valor biológico de proteínas e vitaminas B em leguminosas (feijão branco, ervilha e lentilha). As leguminosas foram irradiadas com doses de 0, 1, 10 e 50 kGy. O conteúdo de vitaminas B1, B2 e B6 foram determinados fluorimetricamente. A utilização de proteína líquida, digestibilidade e valor biológico de leguminosas irradiadas com 0, 10 e 50 kGy foram determinadas usando ratos alimentados com essas leguminosas. Dose de 1 kGy apresentou efeitos similares ao controle em relação a qualidade sensorial. O conteúdo de tiamina e vitamina B6 diminuíram com o aumento da dose de irradiação. Dose de 1 kGy resultou em perdas de tiamina e vitamina B6 de 65 e 0-12%, respectivamente. A riboflavina foi mais resistente para a irradiação. Uma diminuição significativa na proteína líquida e valor biológico de

ervilha e lentilha irradiadas com doses de 10 e 50 kGy foram observados, porém esses índices foram inalterados em feijão branco.

VILLAVICENCIO (1998) irradiou feijões *P. vulgaris* e *V. unguiculata* com doses de 0,5; 1,0; 2,5; 5,0 e 10 kGy. Os resultados mostraram que não houve alteração na concentração de vitaminas do complexo B e na qualidade biológica de proteína nas duas espécies estudadas.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Criação de *Zabrotes subfasciatus*

A criação foi iniciada a partir de culturas de manutenção fornecidas pelo Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo - Núcleo Experimental de Campinas (IAC). Os insetos foram criados em estufa incubadora BOD à temperatura de 25°C e umidade relativa de 70%, no laboratório da Seção de Entomologia do Instituto Biológico/SP. Como substrato alimentar utilizou-se sementes de *P. vulgaris* cv. IAC-Carioca acondicionadas em recipientes de vidro com capacidade para 300 g de sementes, tampados com tecido de algodão para permitir as trocas gasosas e impedir a fuga dos insetos. Os insetos permaneceram confinados nestes recipientes para oviposição durante um período de quatro dias, tendo por base os resultados obtidos por WANDERLEY e OLIVEIRA (1991). Ao final desse período, os insetos foram retirados e as sementes estocadas nas mesmas condições descritas anteriormente até a emergência da primeira geração. Este procedimento foi adotado por sucessivas gerações, de modo a assegurar a quantidade de insetos necessária para a execução do teste de confinamento. Esse teste consiste em colocar cada substrato alimentar a ser pesquisado em recipientes

de vidro fechado e infestado com insetos para análise dos parâmetros biológicos.

3.2. Obtenção e Multiplicação das Sementes

Utilizou-se sementes de quatro linhagens de *P. vulgaris* (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) e uma cultivar sem essa proteína como controle (IAC-Carioca Akytã) provenientes do IAC. As sementes foram multiplicadas a campo na Faculdade de Agronomia 'Manoel Carlos Gonçalves' em Espírito Santo do Pinhal-SP. Para cada linhagem e cultivar utilizou-se cinco linhas de 5 m, sem repetição, espaçadas de 0,5 m. Em cada parcela foram semeadas 15 sementes por metro, num total de 75 sementes/5 metros. Não houve necessidade de desbaste pois a densidade de plantas estabelecida na linha ficou próximo de 12 plantas/metro. A adubação constituiu-se de 430 kg/ha da fórmula 4:14:8 no plantio, correspondendo a 21,5 g por metro linear e 13 kg/ha de N (65 kg/ha de sulfato de amônia), em cobertura, 15 a 20 dias após a emergência das plântulas, na base de 3,5 g/m. Portanto, a adubação total foi de 30:60:34 de N, P₂O₅ e K₂O por ha, respectivamente. Após a colheita e beneficiamento as sementes foram acondicionadas em "freezer" para eliminação de possíveis infestações de campo e uma semana antes da irradiação foram colocadas no ambiente do laboratório para entrarem em equilíbrio higroscópico.

3.3. Irradiação das Sementes

Utilizou-se uma fonte de radiação gama de Cobalto-60, tipo panorâmico, do Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN/CNEN/SP), com uma atividade de aproximadamente 2218,798 Ci e uma taxa de dose de 0,678 kGy/h. As doses utilizadas foram de: 0; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy, em 300 g de sementes de cada linhagem e da cultivar, por dose de radiação. As doses foram determinadas pela dosimetria de Fricke.

As sementes foram fixadas individualmente em pedaços de cartolina medindo 18 cm de altura por 12 cm de largura, com o auxílio de uma fita adesiva, evitando danificar o seu tegumento. Esse procedimento foi adotado para cada dose e material testado proporcionando uniformidade da radiação nas sementes.

Após a irradiação as sementes foram submetidas ao teste de confinamento.

3.4. Avaliação da Resistência das Linhagens e da Cultivar de Feijão à

Zabrotes subfasciatus

O experimento foi conduzido em uma estufa incubadora BOD, no mesmo laboratório e nas mesmas condições de temperatura e umidade relativa da criação de *Z. subfasciatus*.

Cinco repetições de 50 g de sementes de cada linhagem (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) e da cultivar (IAC-Carioca Akytã), por dose de radiação, foram acondicionadas em recipientes de vidro com capacidade para 150 g de sementes e infestadas com sete casais de *Z. subfasciatus* na faixa etária de 0-24 horas, tendo por base os resultados obtidos por SCHOONHOVEN et al., (1981). Posteriormente esses recipientes foram devidamente tampados com tecido de algodão para permitir as trocas gasosas e impedir a fuga dos insetos. Decorridos quatro dias os insetos foram descartados e as parcelas mantidas em incubadora para avaliação dos seguintes parâmetros:

- a) Total de Ovos
- b) Número de Ovos Viáveis: avaliados após oito dias da infestação. Os ovos viáveis são opacos, devido a presença de partículas consumidas pelas larvas ao penetrarem nas sementes. Os ovos inviáveis são translúcidos.
- c) Número de Insetos Emergidos: o início da emergência foi observado no 28º dia após a infestação efetuando-se daí por diante o peneiramento diário das sementes até não se observar qualquer emergência. Os insetos emergidos em cada dia foram coletados, sexados e colocados em tubos de vidro contendo álcool 70%, devidamente etiquetados e fechados para pesagem.
- d) Peso dos Insetos Emergidos: os insetos foram colocados em papel de filtro para completa secagem e em seguida pesados em balança de precisão ajustada para mg.

- e) Período de Ovo a Adulto: obtido por meio da média ponderada, tendo como peso o número de insetos emergidos para cada dia da postura.
- f) Razão Sexual (RS): calculada a partir da fórmula citada por GALLO et al., (1988):

$$RS = \frac{\text{N}^{\circ} \text{ de Fêmeas}}{\text{N}^{\circ} \text{ de Fêmeas} + \text{N}^{\circ} \text{ de Machos}}$$

Os parâmetros biológicos: insetos emergidos, peso de macho e fêmea, período de ovo a adulto e razão sexual foram avaliados, utilizando-se a análise estatística em arranjo fatorial (5 x 5 x 5), constando de quatro linhagens (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) e uma cultivar (IAC-Carioca Akytã), cinco doses de radiação - 0; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy, e cinco repetições. Para os parâmetros: total de ovos e ovos viáveis utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado devido a postura de *Z. subfasciatus* ser efetuada no tegumento e não no cotilédone. Neste caso a interação dose e arcelina não pode ser verificada para tais parâmetros. As médias de todos os parâmetros foram comparadas pelo teste de Tukey (P = 0,05).

3.5. Análise Eletroforética

As análises eletroforéticas foram realizadas no Laboratório da Seção de Bioquímica Fitopatológica do Instituto Biológico/ SP, utilizando-se o método para proteínas totais.

3.5.1. Obtenção dos Extratos para Análise de Proteínas Totais

Após as irradiações, utilizou-se dez sementes de cada linhagem e da cultivar por dose de radiação. Essas sementes foram trituradas em moinho marca IKA e em seguida adicionou-se 5 ml de acetona gelada, sendo posteriormente filtrado, obtendo-se o pó-cetônico. Para retirada total da acetona, o pó-cetônico foi colocado em placa de Petri dentro de um dissecador e mantido em geladeira por 24 horas. Após esses procedimentos retirou-se, de cada amostra 300 mg de pó-cetônico que foram colocadas individualmente em “ependorffs”, homogeneizado com 1 ml de tampão Tris-glicina (pH 8,2; 0,125 M) e mantidos em geladeira durante quatro horas, sendo depois centrifugado a temperatura de 10 °C, por 10 minutos a 10.000 rpm. Após centrifugação retirou-se o sobrenadante obtendo-se assim o extrato protéico de cada material. A concentração de proteína total existente em cada extrato foi quantificada por meio do teste de Lowry (LOWRY et al., 1951).

3.5.2. Preparação do Gel e Aplicação dos Extratos das Sementes para Análise de Proteínas Totais

Para análise eletroforética de proteínas totais das sementes, foram preparados géis de poli-acrilamida a 5% AA (Acrilamida) e Bis (Bis-Acrilamida), em tampão Tris-glicina (pH 8,2; 0,125 M). Em seguida, com auxílio de uma seringa, a mistura foi introduzida lentamente entre as placas separadas por

meio de um espaçador de aproximadamente 2 mm de espessura. Após a polimerização completa do gel, a placa superior e o espaçador foram removidos, ficando o gel na placa inferior; procedimento este para eletroforese horizontal. Utilizando-se uma pipeta regulada a 30 μL , os extratos correspondendo entre 200-250 μg de SAB (Soro Albumina Bovino) foram introduzidos em cada poço. A placa contendo o gel e extratos foi submetida à corrida eletroforética a 4 °C (sistema horizontal) até que o corante marcador (azul de bromofenol) chegasse aos 10 cm da origem (BACH et al., 1992).

3.5.3. Revelação das Bandas Protéicas

Após a corrida eletroforética o gel foi mergulhado em solução corante de azul de coomassie (0,25 g de coomassie R-250, 140 ml de ácido acético, 400 ml de metanol, completando para 1 litro com H_2O) por 24 horas a temperatura ambiente. Posteriormente o gel foi colocado em solução descorante (120 ml de metanol, 20 ml de ácido acético glacial e 280 ml de água destilada) também por 24 horas a temperatura ambiente, para retirada do excesso de corante e visualização das bandas protéicas (BACH et al., 1992).

3.5.4. Secagem dos Géis e Interpretação dos Perfis Eletroforéticos

Para a secagem completa dos géis utilizou-se um secador de gel 583 BIO-RAD por duas horas em temperaturas de 70 e 80 °C. A análise foi

efetuada por dois procedimentos: a olho nu pela observação direta dos géis e por densitômetro (modelo GS-70 - BIO-RAD) acoplado a um microcomputador e analisados pelo programa Analista Molecular da BIO-RAD. A interpretação dos perfis eletroforéticos foi feita comparativamente em função do número de bandas, visualização de suas respectivas mobilidades eletroforéticas (R_m) e intensidade de coloração (absorbância).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Teste de Confinamento

4.1.1. Total de Ovos e Número de Ovos Viáveis de *Zabrotes subfasciatus*

Não houve diferenças estatísticas significativas no teste de confinamento para as médias do total de ovos e número de ovos viáveis de *Z. subfasciatus* depositados na cultivar IAC-Carioca Akytã e nas linhagens com arcelina (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) submetidas às doses 0; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy (Tabelas 4.1 e 4.2). Os dados originais e as respectivas análises estatísticas constam nas Tabelas 6.1 a 6.20 do Apêndice. O grande número de ovos depositados por *Z. subfasciatus* nas linhagens está de acordo com o trabalho de WANDERLEY et al. (1997b), os quais obtiveram resultados semelhantes ao investigar fontes de resistência a *Z. subfasciatus*, nestas linhagens, em comparação às cultivares suscetíveis. No entanto, WANDERLEY et al. (1997a) detectaram menor número de ovos na linhagem Arcelina-3 em comparação a Arcelina-4, porém, não foram notadas diferenças entre as Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-4 e a cultivar IAC-Carioca Akytã.

Tabela 4.1. Médias do número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar e	Médias do Total de Ovos ¹				
	Doses (kGy)				
Linhagens	0	0,25	0,5	1,0	2,0
IAC-Carioca Akytã	169,00a	193,20a	152,20a	140,40a	176,40a
Arcelina-1	195,80a	184,40a	187,00a	160,60a	207,00a
Arcelina-2	218,00a	197,60a	146,80a	157,00a	177,00a
Arcelina-3	214,00a	157,80a	141,60a	152,40a	195,00a
Arcelina-4	198,20a	175,40a	172,40a	183,60a	178,40a
C. V. (%)	13,85	14,86	18,06	22,88	12,24

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

C.V.: Coeficiente de Variação.

Tabela 4.2. Médias do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar e Linhagens	Médias de Ovos Viáveis ¹				
	Doses (kGy)				
	0	0,25	0,5	1,0	2,0
IAC-Carioca Akytã	141,40a	155,80a	132,80a	119,20a	145,20a
Arcelina-1	150,60a	152,00a	170,00a	128,40a	159,60a
Arcelina-2	161,40a	165,60a	122,60a	129,00a	140,60a
Arcelina-3	149,40a	139,00a	128,40a	122,40a	154,80a
Arcelina-4	149,60a	141,80a	136,20a	147,80a	130,00a
C. V. (%)	14,29	15,80	18,95	21,84	11,82

¹Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

C.V.: Coeficiente de Variação

A semelhança no número total de ovos de *Z. subfasciatus* em cultivares suscetíveis e linhagens com arcelina está de acordo com o CIAT (1983), o qual relatou que os genótipos portadores de arcelina não apresentaram resistência do tipo não preferência para a oviposição, visto que a resistência está localizada nos cotilédones, caracterizando um mecanismo de resistência do tipo antibiose por exercer um efeito adverso na biologia do inseto.

Com relação às doses de radiação, RÊGO et al. (1987) demonstraram que sementes de *P. vulgaris* irradiadas com 50 Gy não interferiu na preferência para oviposição de *Z. subfasciatus*, estando de acordo com os resultados deste trabalho.

Ao analisar a porcentagem do número de ovos viáveis verificou-se que tanto na cultivar IAC-Carioca Akytã como nas linhagens Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4, foi superior a 60%, independente das doses de radiação utilizadas (Figura 4.1).

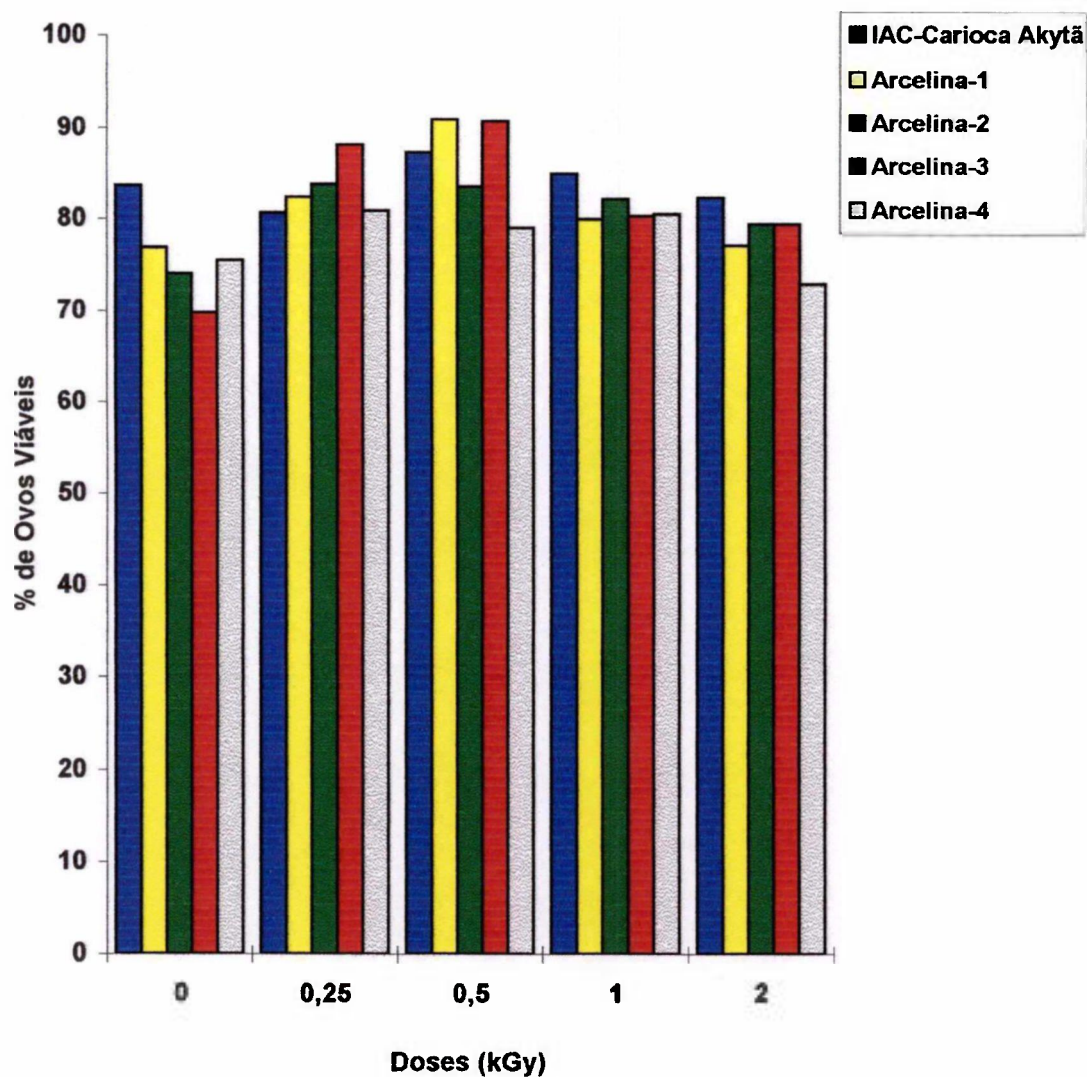


Figura 4.1. Porcentagem média do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

4.1.2. Número de Adultos de *Zabrotes subfasciatus* Emergidos

As médias do número de insetos emergidos são apresentados na Tabela 4.3, e os dados originais e sua análise de variância constam nas Tabelas 6.21 e 6.22 do Apêndice. De acordo com o resultado não houve influência das doses de radiação no número de insetos emergidos, no entanto, ocorreram diferenças estatísticas entre a cultivar IAC-Carioca Akytã e as linhagens possuidoras de arcelina. As menores médias de emergência foram obtidas para as linhagens Arcelina-1 (29,88) e Arcelina-2 (37,36) correspondendo a um percentual de emergência de 19,64 e 25,97%, respectivamente. A cultivar IAC-Carioca Akytã apresentou uma porcentagem de emergência de 93,00%, enquanto na Arcelina-3 foi de 82,30% e na Arcelina-4 de 88,03%.

As menores médias de emergência das linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2 também foram evidentes quando se analisou o comportamento das linhagens em cada dose de radiação. Nas doses 0; 0,5; 1,0 e 2,0 kGy as linhagens Arcelina-3, Arcelina-4 e a cultivar IAC-Carioca Akytã não diferiram estatisticamente entre si. No entanto, na dose de 0,25 kGy, Arcelina-3 diferiu da IAC-Carioca Akytã.

Tabela 4.3. Médias de *Zabrotes subfasciatus* emergidos em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar	Doses (kGy)					Médias	%
	e	0	0,25	0,5	1,0		
Linhagens							
IAC-Carioca							
Akytã	131,20aA	144,80aA	125,00aA	113,40aA	131,40aA	129,16a	93
Arcelina-1	12,40bA	23,60cA	33,00bA	34,00bA	46,40bA	29,88b	19,64
Arcelina-2	22,60bA	39,00cA	35,80bA	42,00bA	47,40bA	37,36b	25,97
Arcelina-3	120,80aA	100,60bA	100,00aA	115,20aA	134,60aA	114,24a	82,30
Arcelina-4	126,20aA	123,40abA	122,40aA	133,60aA	115,40aA	124,20a	88,03
C. V. (%)	23,30						

Médias nas colunas (cultivar e linhagens) seguidas da mesma letra minúscula e nas linhas (doses kGy) seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

C. V.: Coeficiente de Variação.

Ao apresentarem as menores médias de emergência de *Z. subfasciatus*, as linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2 mantiveram seu efeito adverso sobre a biologia da praga, portanto apresentaram resistência do tipo antibiose. Estes resultados estão de acordo com os obtidos por PEREIRA et al. (1995), e BARBOSA e YOKOYAMA (1997a). As linhagens Arcelina-3 e Arcelina-4 também mantiveram seu comportamento ao expressarem seu menor efeito sobre a emergência, confirmando dados do CIAT (1986, 1987, 1988), os quais relataram que as variantes da arcelina atuaram de forma diferenciada em relação à antibiose, onde os genótipos que apresentaram níveis mais altos de resistência a *Z. subfasciatus* foram os que continham Arcelina-1 e Arcelina-2. Os resultados obtidos também estão de acordo com WANDERLEY et al. (1997a, 1997b) em relação a Arcelina-3 e Arcelina-4, que não foram eficientes na redução da emergência desta praga.

Com relação a influência das doses de radiação na emergência de *Z. subfasciatus*, verificou-se um aumento gradativo na porcentagem de emergência para as linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2 a medida que as doses de radiação aumentavam (Figura 4.2). Os percentuais de emergência variaram de 8,23% (0 kGy) a 29,07% (2,0 kGy) para Arcelina-1 representando um aumento de mais de três vezes na emergência. Já na Arcelina-2 os percentuais foram de 14% (0 kGy) e 33,71% (2,0 kGy) duplicando assim a emergência da praga. Isto indica uma possível interferência da dose de radiação na arcelina. Desta forma, a resistência dessas linhagens poderá ser quebrada com doses acima de 2,0 kGy.

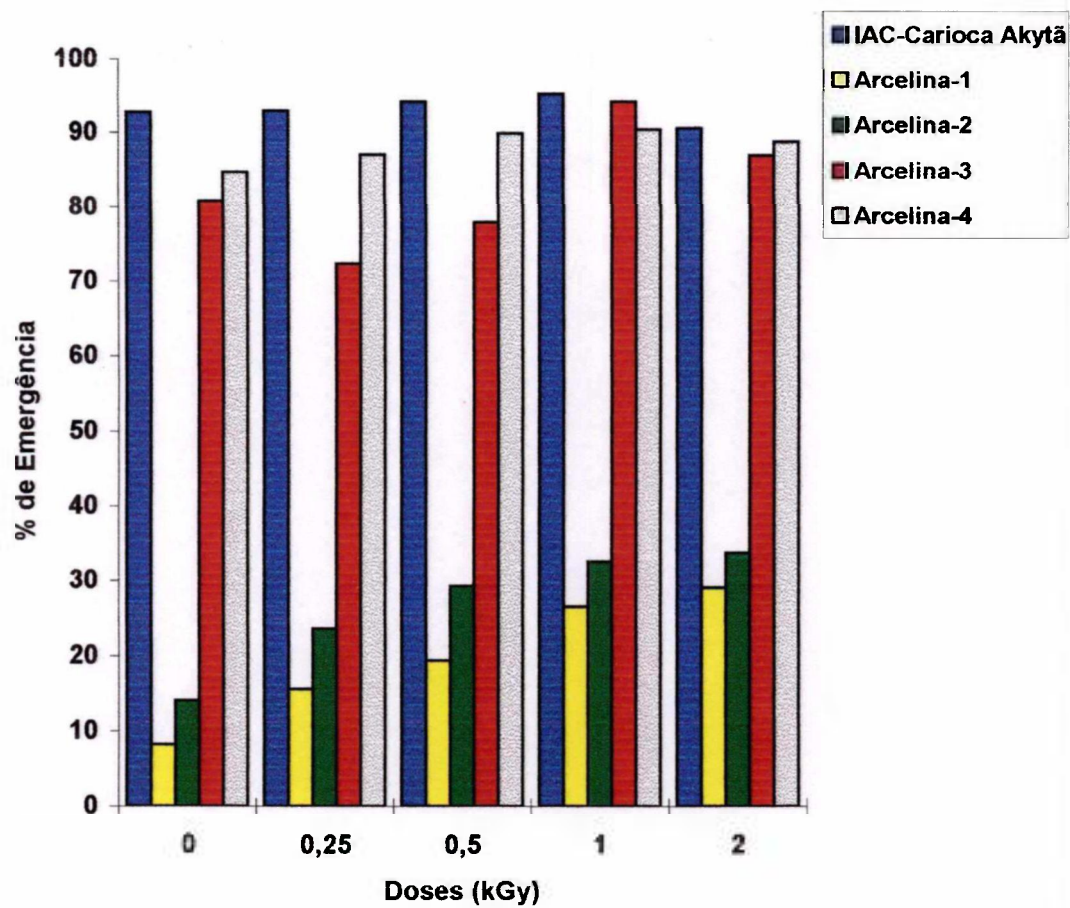


Figura 4.2. Porcentagem média de insetos emergidos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

4.1.3. Pesos de Machos e Fêmeas de *Zabrotes subfasciatus*

Os dados referentes aos pesos de machos e fêmeas de *Z. subfasciatus* constam nas Tabelas 4.4 e 4.5, enquanto os dados originais e suas respectivas análises de variância são apresentados nas tabelas 6.23 a 6.26 do Apêndice. Observa-se que a cultivar IAC-Carioca Akytã diferiu das linhagens por apresentar o maior peso tanto para machos como para fêmeas, independente da dose de radiação. Não houve diferença no peso dos insetos desenvolvidos em materiais portadores de arcelina. Os resultados também demonstram a não interferência das doses de radiação no peso dos insetos.

Segundo o CIAT (1986, 1987, 1988) diferenças no peso de *Z. subfasciatus* só foram verificadas em genótipos silvestres de *P. vulgaris*, cujos valores foram inferiores a 1,0 mg.

4.1.4. Período de Ovo a Adulto e Razão Sexual de *Zabrotes subfasciatus*

Na Tabela 4.6 estão apresentados os resultados referentes ao período de ovo a adulto, e nas Tabelas 6.27 e 6.28 do Apêndice constam os dados originais e as análises de variância. Esses resultados confirmaram a resistência do tipo antibiose para as linhagens. A análise estatística revelou que não houve interação entre a cultivar IAC-Carioca Akytã e linhagens com as doses de radiação. As diferenças estatísticas ocorreram sempre em relação

a cultivar e as linhagens. O menor período de ovo a adulto foi observado para a cultivar IAC-Carioca Akytã, tanto na média geral como para cada dose de radiação analisada isoladamente. Este resultado foi semelhante aos obtidos por SCHOONHOVEN e CARDONA (1982), e CARDONA e POSSO (1987) os quais encontraram baixos níveis de resistência a *Z. subfasciatus* em cultivares de *P. vulgaris* com ausência da arcelina. Com relação as linhagens possuidoras de arcelina, não diferiram estatisticamente entre si quando analisados para cada dose. No entanto, na média geral, a Arcelina-2 diferiu das demais linhagens por apresentar o menor período de ovo a adulto. O comportamento dessas linhagens estão de acordo com os obtidos por WANDERLEY et al. (1997a, 1997b) os quais constataram maior duração do período de ovo a adulto para as linhagens Arcelina-1, Arcelina-3 e Arcelina-4.

O aumento no período de ovo a adulto nas linhagens pode ser melhor visualizado na Figura 4.3.

A razão sexual de *Z. subfasciatus* não foi influenciada pela presença ou ausência da arcelina, bem como pelas doses de radiação. Verificou-se a razão sexual de um macho para uma fêmea nos feijões testados (Tabela 4.7 e nas Tabelas 6.29 e 6.30 do Apêndice constam os dados originais e a análise de variância), estando esses resultados de acordo com os de CARVALHO e ROSSETTO (1968), que estudando a biologia de *Z. subfasciatus*, a uma temperatura de 30-32° C e 70-75% de umidade relativa, obtiveram uma razão sexual de um macho para uma fêmea. Isto demonstra que tanto a arcelina como as doses de radiação não tiveram efeito sobre esse parâmetro.

Tabela 4.4. Peso (mg) de machos de *Zabrotes subfasciatus* emergidos em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar e	Doses (kGy)					Médias
	0	0,25	0,5	1,0	2,0	
Linhagens						
IAC-Carioca Akytã	1,72aA	1,74aA	1,73aA	1,71aA	1,75aA	1,73a
Arcelina-1	1,39bA	1,33bA	1,28bA	1,36bA	1,38bA	1,35b
Arcelina-2	1,30bA	1,39bA	1,28bA	1,28bA	1,32bA	1,31b
Arcelina-3	1,35bA	1,37bA	1,30bA	1,32bA	1,36bA	1,34b
Arcelina-4	1,30bA	1,35bA	1,32bA	1,35bA	1,35bA	1,34b
C. V. (%)	8,99					

Médias nas colunas (cultivar e linhagens) seguidas da mesma letra minúscula e nas linhas (doses kGy) seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

C. V.: Coeficiente de Variação.

Tabela 4.5. Peso (mg) de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* emergidas em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar	Doses (kGy)					Médias
	0	0,25	0,5	1,0	2,0	
e						
Linhagens						
IAC-Carioca Akytã	3,26aA	3,17aA	3,17aA	3,10aA	3,05aA	3,15a
Arcelina-1	2,37bA	2,26bA	2,13bA	2,46bA	2,37bA	2,32b
Arcelina-2	2,32bA	2,36bA	2,32bA	2,39bA	2,42bA	2,36b
Arcelina-3	2,38bA	2,24bA	2,13bA	2,42bA	2,33bA	2,30b
Arcelina-4	2,27bA	2,30bA	2,34bA	2,31bA	2,24bA	2,29b
C. V. (%)	9,64					

Médias nas colunas (cultivar e linhagens) seguidas da mesma letra minúscula e nas linhas (doses kGy) seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey (P = 0,05).

C.V.: Coeficiente de Variação.

Tabela 4.6. Médias do período de ovo a adulto (dias) de *Zabrotes subfasciatus* em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar e	Doses (kGy)					Médias
	0	0,25	0,5	1,0	2,0	
Linhagens						
IAC-Carioca Akytã	34,46bA	34,41bA	34,99bA	35,38bA	35,36bA	34,92c
Arcelina-1	41,53aA	41,93aA	40,57aA	42,24aA	41,92aA	41,64a
Arcelina-2	38,80aA	39,16aA	39,10aA	39,12aA	39,28aA	39,09b
Arcelina-3	41,92aA	41,23aA	41,92aA	40,81aA	42,30aA	41,63a
Arcelina-4	41,99aA	41,99aA	41,15aA	42,00aA	41,52aA	41,73a
C. V. (%)			4,69			

Médias nas colunas (cultivar e linhagens) seguidas da mesma letra minúscula e nas linhas (doses kGy) seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P = 0,05$).

C. V.: Coeficiente de Variação.

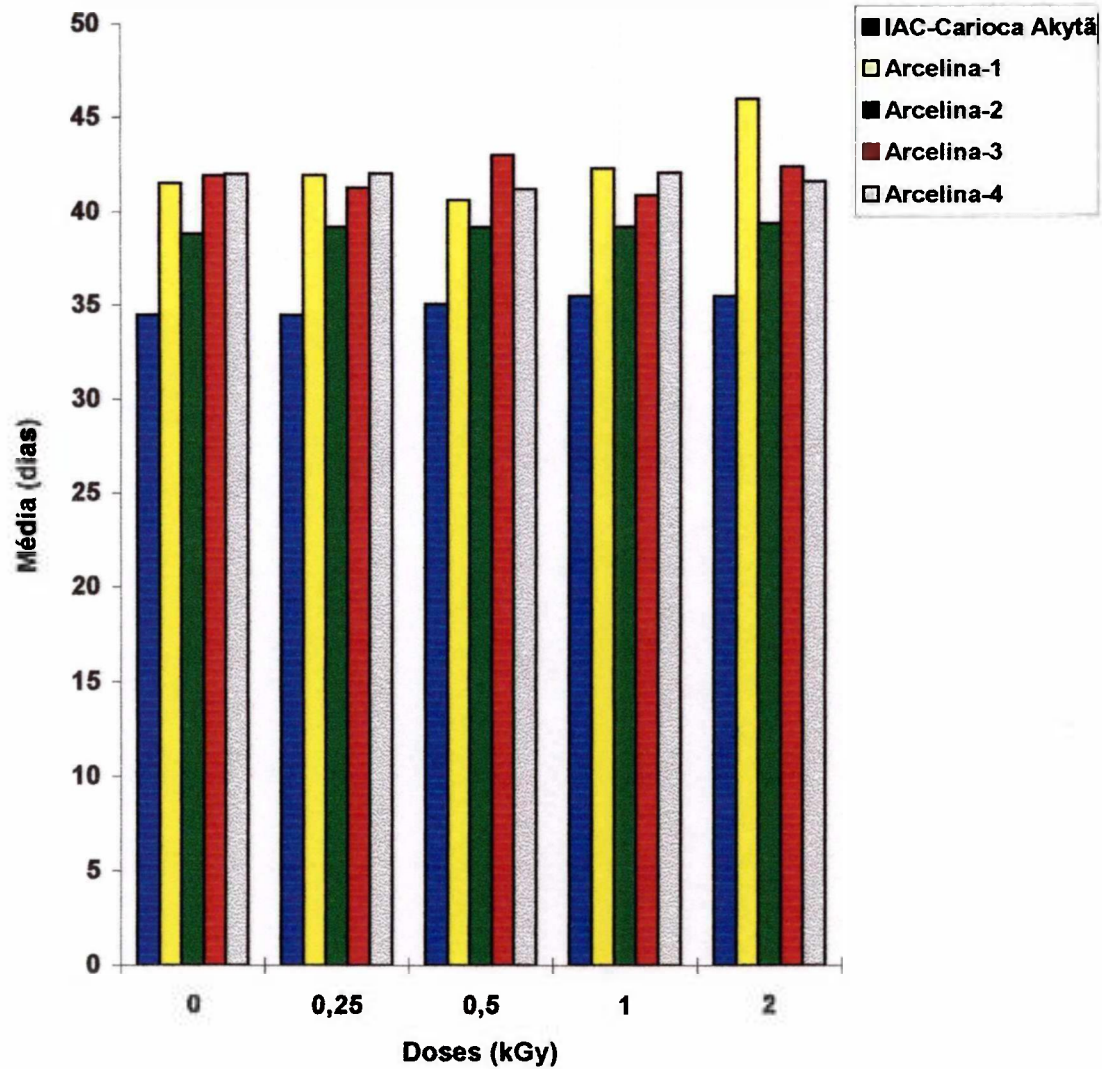


Figura 4.3. Média do período de ovo a adulto de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Tabela 4.7. Médias da razão sexual de *Zabrotes subfasciatus* em sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar	Doses (kGy)					Médias
	e	0	0,25	0,5	1,0	
Linhagens						
IAC-Carioca Akytã	0,49aA	0,50aA	0,47aA	0,52aA	0,49aA	0,49a
Arcelina-1	0,48aA	0,49aA	0,48aA	0,51aA	0,49aA	0,49a
Arcelina-2	0,45aA	0,54aA	0,46aA	0,49aA	0,55aA	0,50a
Arcelina-3	0,49aA	0,51aA	0,49aA	0,48aA	0,50aA	0,49a
Arcelina-4	0,48aA	0,46aA	0,48aA	0,46aA	0,53aA	0,48a
C. V. (%)			13,77			

Médias nas colunas (cultivar e linhagens) seguidas da mesma letra minúscula e nas linhas (doses kGy) seguidas da mesma letra maiúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P = 0,05$).

C. V.: Coeficiente de Variação.

4.2. Análise Eletroforética

4.2.1. Interpretação dos Perfis Eletroforéticos em Função do Número de Bandas Reveladas

O esquema geral do número de bandas no gel apresentado pela cultivar e linhagens pode ser visualizado na Figura 4.4. De acordo com o esquema, verifica-se que a cultivar IAC Carioca Akytã apresentou uma única banda, diferindo das linhagens. As linhagens Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4 apresentaram duas bandas, enquanto que Arcelina-1 apresentou três bandas. Deve-se mencionar, ainda, que as bandas das linhagens Arcelina-3 e Arcelina-4 estão na mesma posição no gel, sugerindo pouca diferença entre elas. O perfil mostrado por estas duas linhagens pode explicar o seu comportamento semelhante, em relação ao menor efeito de antibiose sobre *Z. subfasciatus* obtido no teste de confinamento. Esse mesmo comportamento foi observado por PEREIRA et al. (1995) e WANDERLEY et al. (1997a, 1997b).

Quando a cultivar e linhagens foram analisados individualmente por dose de radiação (Figuras 4.5, 4.6 e 4.7), verificou-se que doses de até 2,0 kGy não interferiram no número de bandas protéicas reveladas.

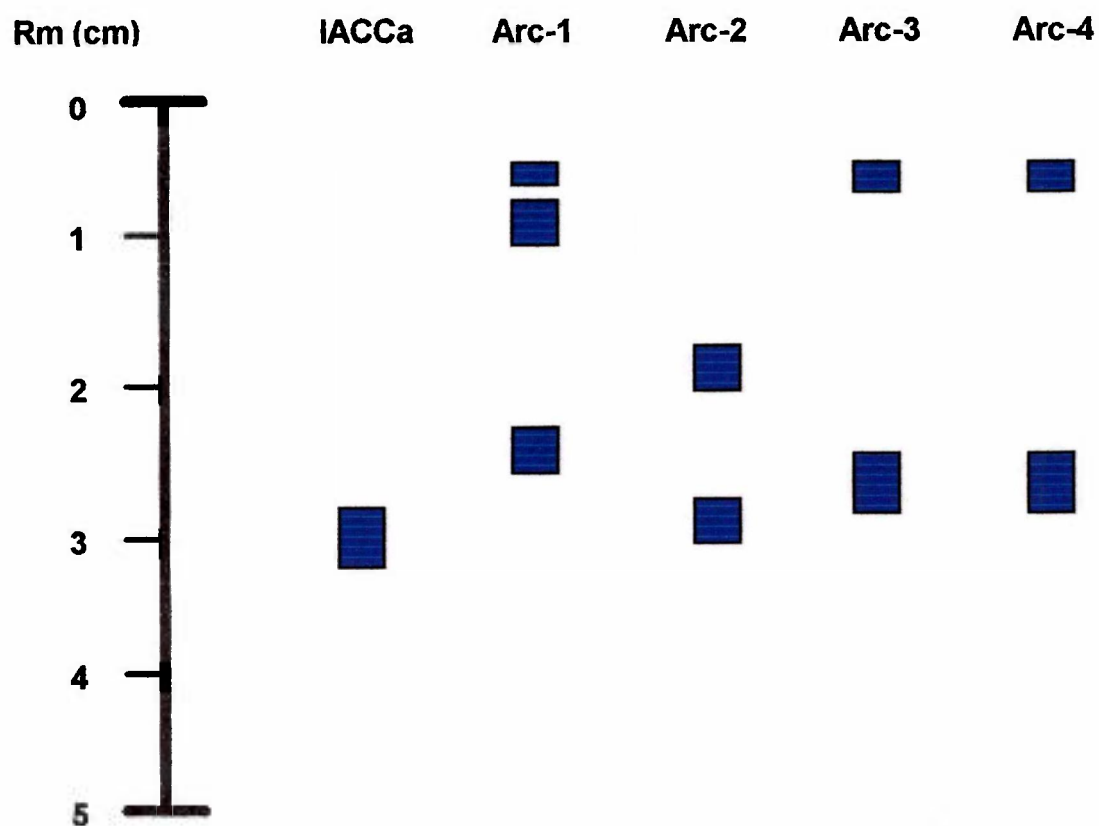


Figura 4.4. Esquema geral das bandas proteicas reveladas no gel de poliacrilamida dos extratos de sementes da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa) e das linhagens Arcelina-1 (Arc-1), Arcelina-2 (Arc-2), Arcelina-3 (Arc-3) e Arcelina-4 (Arc-4) de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}CO).

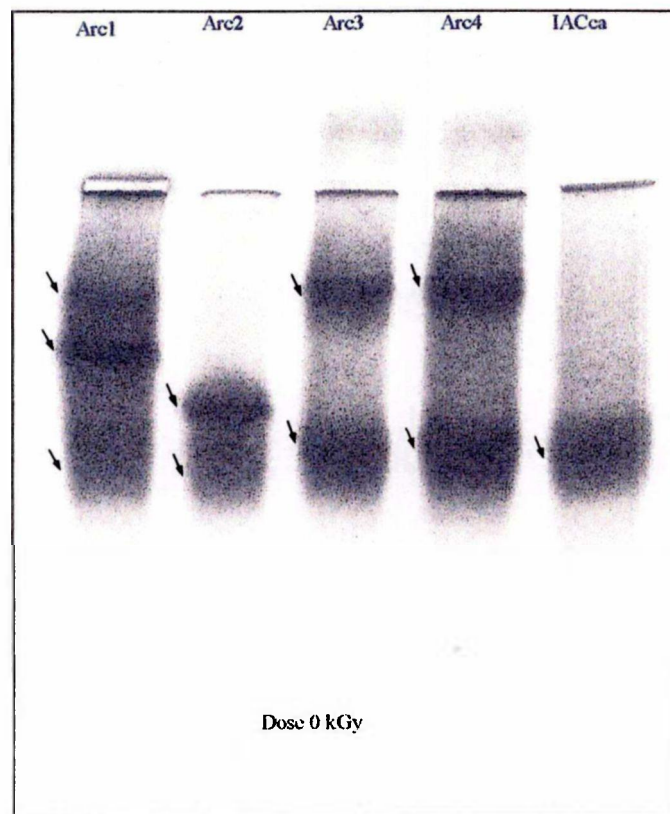


Figura 4.5. Gel de poliacrilamida corado com azul de coomassie revelando número de bandas da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa) e das linhagens Arcelina-1 (Arc1), Arcelina-2 (Arc2), Arcelina-3 (Arc3) e Arcelina-4 (Arc4) de *Phaseolus vulgaris*, quando submetidas a dose 0 kGy. As setas indicam as bandas apresentadas pela cultivar e linhagens.

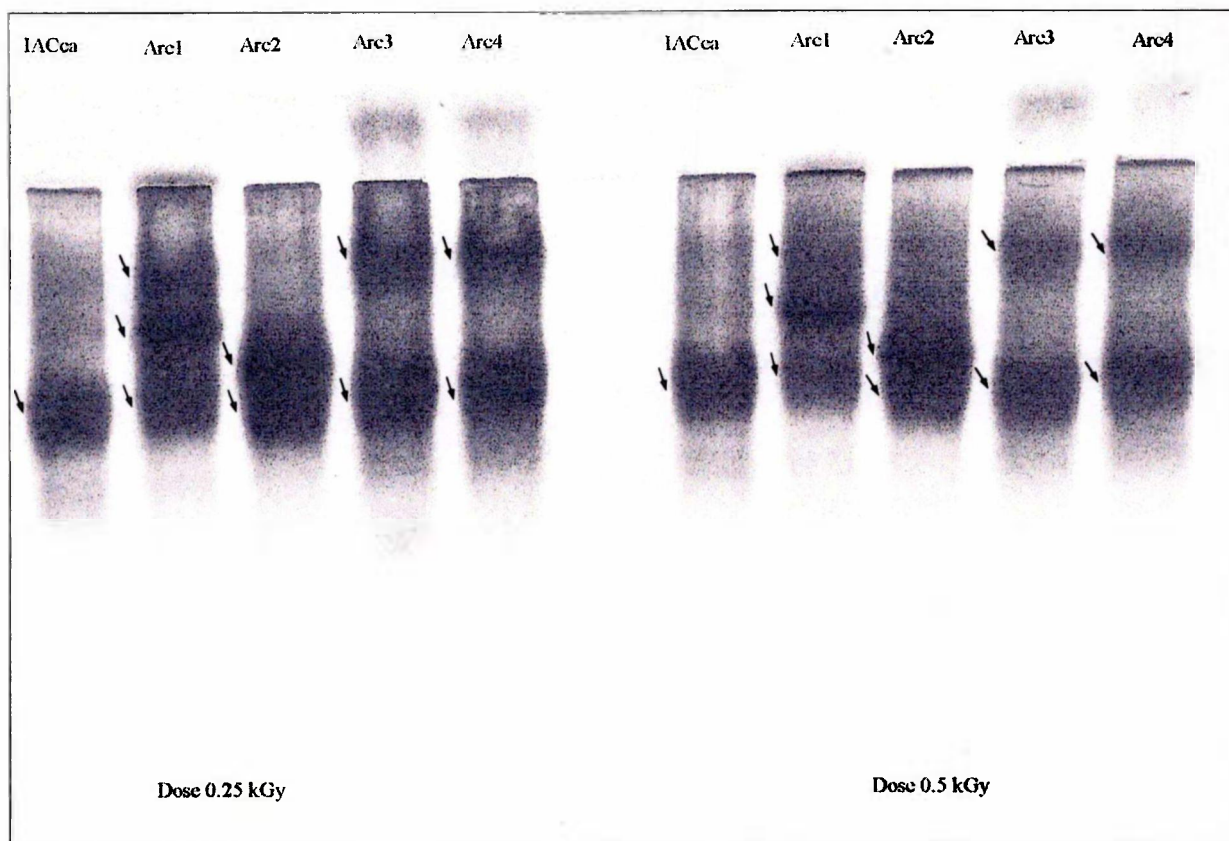


Figura 4.6. Gel de poliacrilamida corado com azul de coomassie revelando número de bandas da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa) e das linhagens Arcelina-1 (Arc1), Arcelina-2 (Arc2), Arcelina-3 (Arc3) e Arcelina-4 (Arc4) de *Phaseolus vulgaris*, quando submetidas as doses 0,25 e 0,5 kGy. As setas indicam as bandas apresentadas pela cultivar e linhagens.

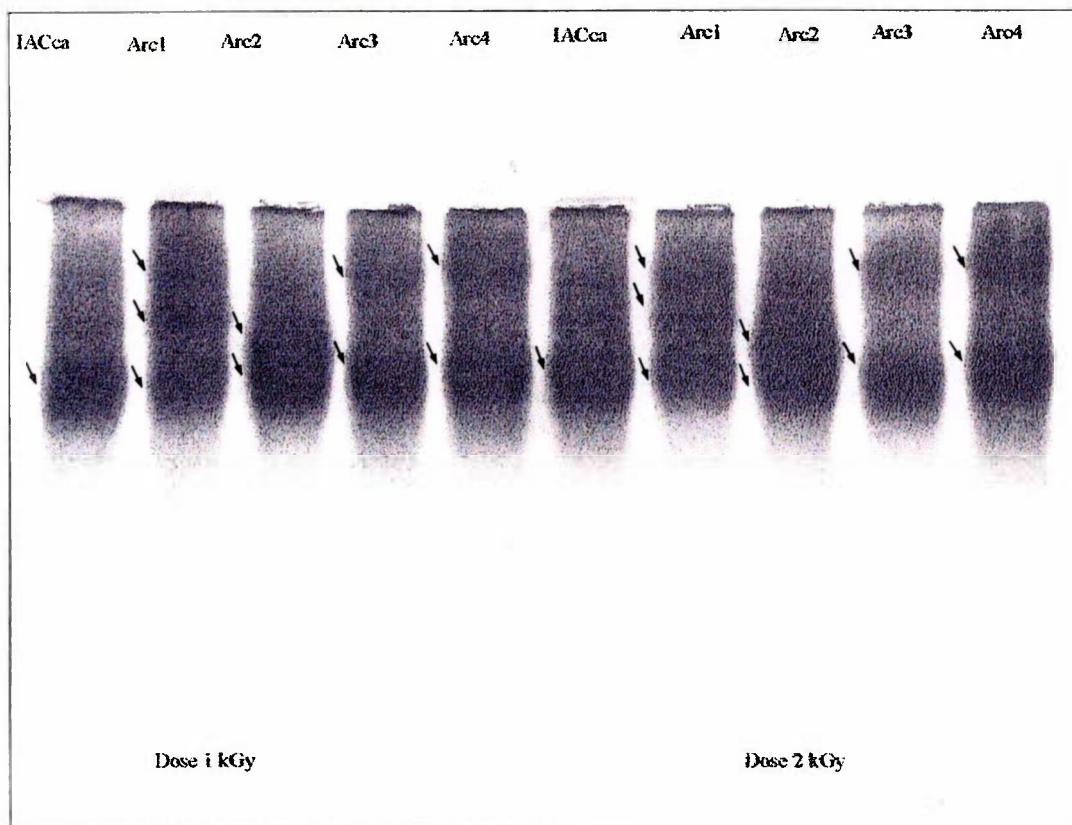


Figura 4.7. Gel de poliacrilamida corado com azul de coomassie revelando número de bandas da cultivar IAC-Carioca Akytã (IACCa) e das linhagens Arcelina-1 (Arc1), Arcelina-2 (Arc2), Arcelina-3 (Arc3) e Arcelina-4 (Arc4) de *Phaseolus vulgaris*, quando submetidas as doses 1,0 e 2,0 kGy. As setas indicam as bandas apresentadas pela cultivar e linhagens.

4.2.2. Interpretação dos Perfis Eletroforéticos em Função da Mobilidade Eletroforética (R_m) e Intensidade de Coloração das Bandas

Os dados da mobilidade eletroforética (R_m) da cultivar e linhagens de *P. vulgaris* submetidos a diferentes doses de radiação constam na Tabela 4.8. Observa-se que não houve alteração na mobilidade das bandas, comprovando assim, nenhuma influência da radiação.

A banda da cultivar IAC-Carioca Akytã com R_m de 2,8-3,2 cm corresponde a proteína faseolina encontrada em todas as amostras de feijão do gênero *Phaseolus*, sendo considerada marcadora genética da espécie (CIAT, 1990). Segundo McLEESTER et al. (1973), a faseolina é uma proteína da família das globulinas, com massas moleculares variando de 43 a 54 kDa e pontos isoelétricos entre 5,6 a 5,8, dependendo da variante para a faseolina. A banda 2 das linhagens Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4 e a banda 3 da linhagem Arcelina-1, as quais apresentaram valores de R_m próximos aos da banda 1 da cultivar, correspondem portanto a faseolina. As demais bandas reveladas nas linhagens tratam-se, provavelmente, das variantes da proteína arcelina, as quais estão presentes apenas nessas linhagens e em espécies silvestres de *P. vulgaris*. Estes resultados estão de acordo com a pesquisa desenvolvida por WANDERLEY (1995).

No entanto, alterações visíveis foram detectadas com relação a intensidade de coloração das bandas. A Tabela 4.9 contém os valores da absorbância para cada banda (faseolina e arcelina) da cultivar e linhagens por dose de radiação.

Tabela 4.8. Mobilidade relativa (R_m), em centímetros, das bandas protéicas reveladas dos extratos de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar e Linhagens		Doses (kGy)				
		0	0,25	0,5	1,0	2,0
IAC-Carioca Akytã	Banda 1	2,8-3,2	2,8-3,2	2,8-3,2	2,8-3,2	2,8-3,2
	Banda 1	0,7-0,8	0,7-0,8	0,7-0,8	0,7-0,8	0,7-0,8
Arcelina-1	Banda 2	0,9-1,1	0,9-1,1	0,9-1,1	0,9-1,1	0,9-1,1
	Banda 3	2,4-2,6	2,4-2,6	2,4-2,6	2,4-2,6	2,4-2,6
Arcelina-2	Banda 1	1,9-2,1	1,9-2,1	1,9-2,1	1,9-2,1	1,9-2,1
	Banda 2	2,8-3,1	2,8-3,1	2,8-3,1	2,8-3,1	2,8-3,1
Arcelina-3	Banda 1	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9
	Banda 2	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9
Arcelina-4	Banda 1	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9	0,7-0,9
	Banda 2	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9	2,5-2,9

Tabela 4.9. Absorbância das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da cultivar e das linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

Cultivar e Linhagens	Doses (kGy)	Banda 1	Banda 2	Banda 3
IAC-Carioca Akytã	0	52,61	-	-
	0,25	50,48	-	-
	0,5	42,00	-	-
	1,0	37,50	-	-
	2,0	32,67	-	-
Arcelina-1	0	56,06	52,25	65,43
	0,25	41,57	45,17	85,92
	0,5	34,94	41,37	48,78
	1,0	34,77	50,29	75,75
	2,0	32,23	42,43	48,41
Arcelina-2	0	66,50	60,83	-
	0,25	52,26	48,67	-
	0,5	49,92	45,15	-
	1,0	43,64	56,95	-
	2,0	34,36	43,97	-
Arcelina-3	0	60,83	67,85	-
	0,25	58,72	61,64	-
	0,5	45,33	58,05	-
	1,0	42,72	63,39	-
	2,0	41,50	63,06	-
Arcelina-4	0	68,38	61,23	-
	0,25	54,51	53,31	-
	0,5	48,90	46,65	-
	1,0	46,01	77,52	-
	2,0	37,19	58,56	-

Os resultados mostram que houve um decréscimo na concentração da proteína faseolina na cultivar IAC-Carioca Akytã (banda 1) e da proteína arcelina nas linhagens Arcelina-1 (banda 1 e banda 2), Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4 (banda 1). As menores concentrações foram obtidas com a dose de 2,0 kGy, exceto na banda 2 da Arcelina-1, onde a menor concentração foi obtida para a dose 0,5 kGy.

A Figura 4.8 mostra os picos da absorvância das bandas reveladas pela cultivar e linhagens, submetidos a dose 0 kGy. A confirmação da redução na concentração protéica, para a cultivar e linhagens submetidas a doses crescentes de radiação gama é demonstrado pela redução do número e tamanho dos picos apresentados para cada banda (Figuras 4.9, 4.10, 4.11, 4.12, 4.13).

A redução na concentração da faseolina na cultivar não alterou o seu comportamento susceptível em relação a resistência a *Z. subfasciatus*. No entanto, o decréscimo verificado na proteína arcelina nas linhagens Arcelina-1 (bandas 1 e 2) e Arcelina-2 (banda 1) pode ter contribuído para o aumento da porcentagem de emergência de *Z. subfasciatus* observado no teste de confinamento (Figura 4.2). MINNEY et al. (1990) relataram que as bases e mecanismos de resistência do feijão a *Z. subfasciatus* estão associados com a presença da proteína arcelina e ausência da faseolina, e que a suplementação do alimento com a presença da faseolina supera alguns dos efeitos antimetabólicos. Portanto, a diminuição da arcelina pode ter resultado em uma maior disponibilidade da faseolina, o que pode ter sido um fator preponderante nessas linhagens para o aumento da emergência do inseto. O aumento da

proteína arcelina na banda 2, da linhagem Arcelina-1 nas doses 0,25, 1,0 e 2,0 kGy, em comparação à dose 0,5 kGy, pode ser devido ao acúmulo de frações da proteína arcelina quebrada da banda 1.

O decréscimo da concentração da proteína arcelina (banda1) nas linhagens Arcelina-3 e Arcelina-4 não alterou o seu mecanismo de resistência a *Z. subfasciatus* no teste de confinamento, podendo ser explicado pelo fato dessas linhagens apresentarem resistência do tipo antibiose, por apenas prolongarem o período de ovo a adulto da praga.

Ao manter o efeito de antibiose sobre *Z. subfasciatus*, independente das doses de radiação utilizadas, as linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2 devem ser utilizados no melhoramento genético de *P. vulgaris* para introduzir essa fonte de resistência nos genótipos de alta produtividade, aliado a técnica de desinfestação de grãos de feijões pelo uso da radiação radiação gama (^{60}Co), visando reduzir ao máximo as perdas causadas por *Z. subfasciatus*, tendo em vista a importância econômica desta praga para feijões armazenados.

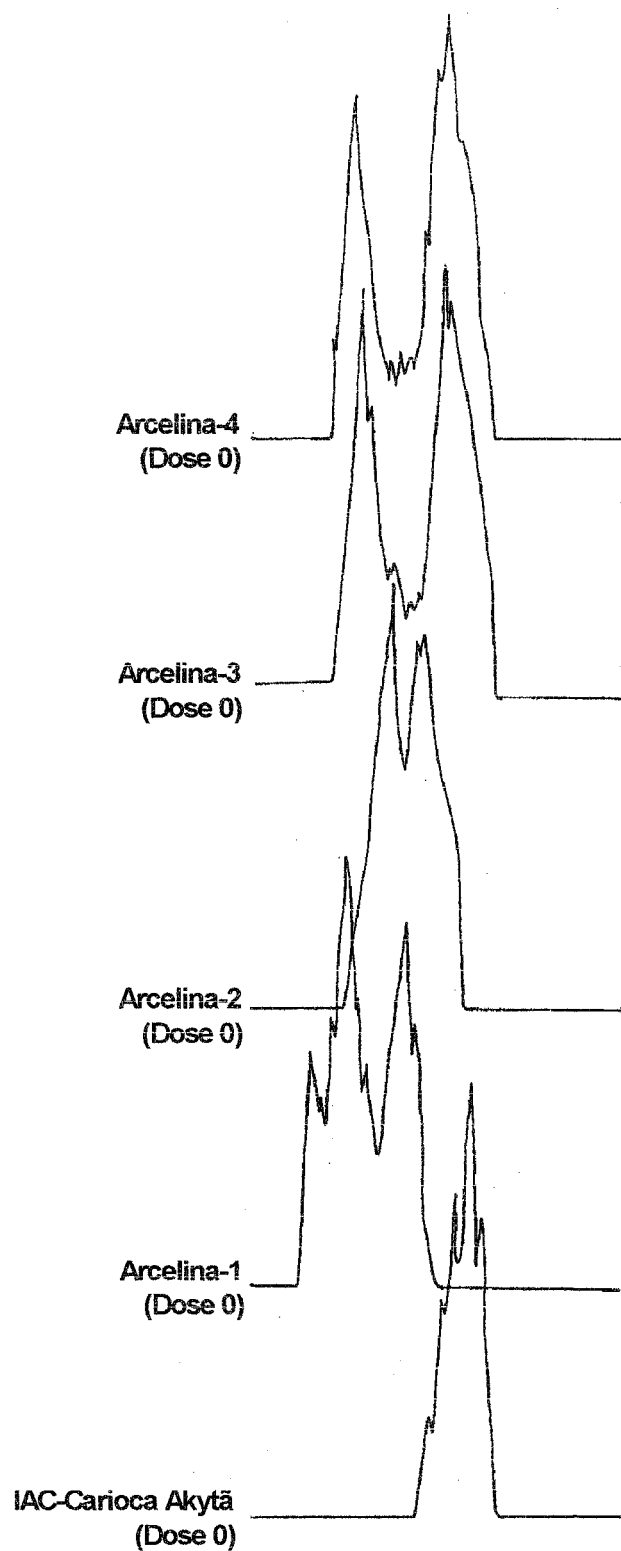


Figura 4.8. Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a dose 0 kGy.

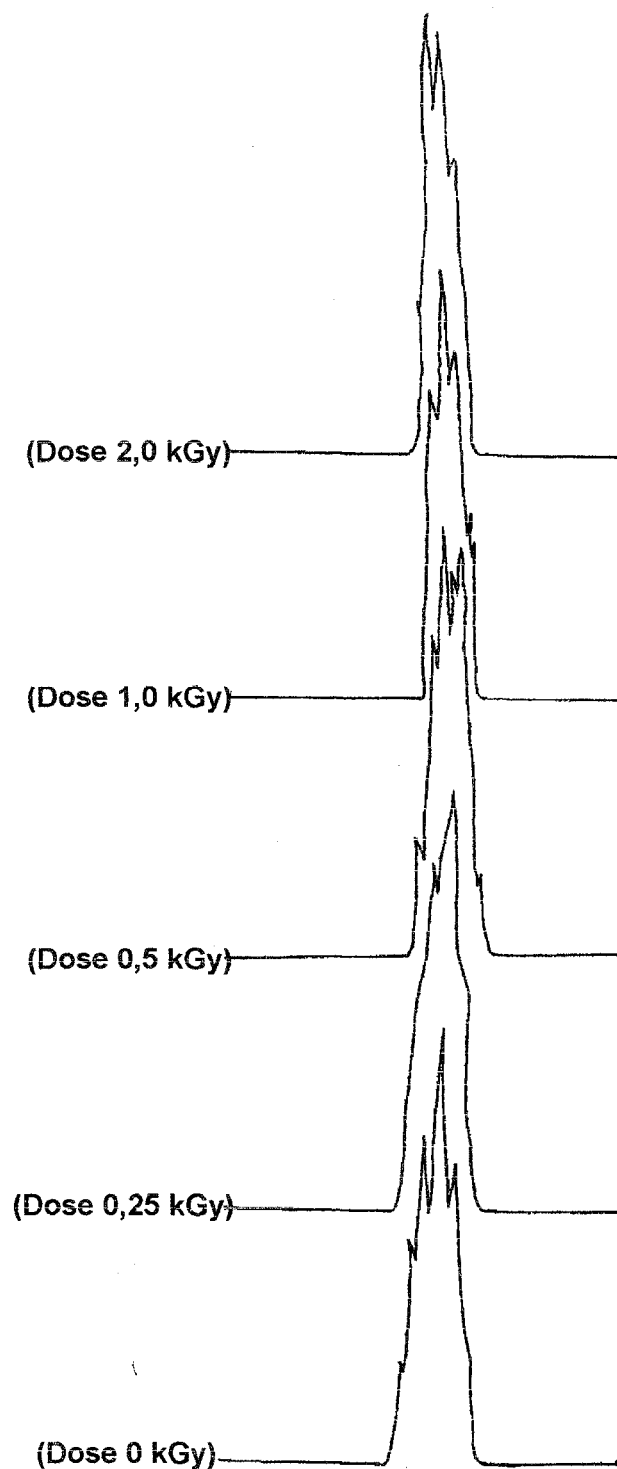


Figura 4.9. Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da cultivar IAC-Carioca Akytã, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

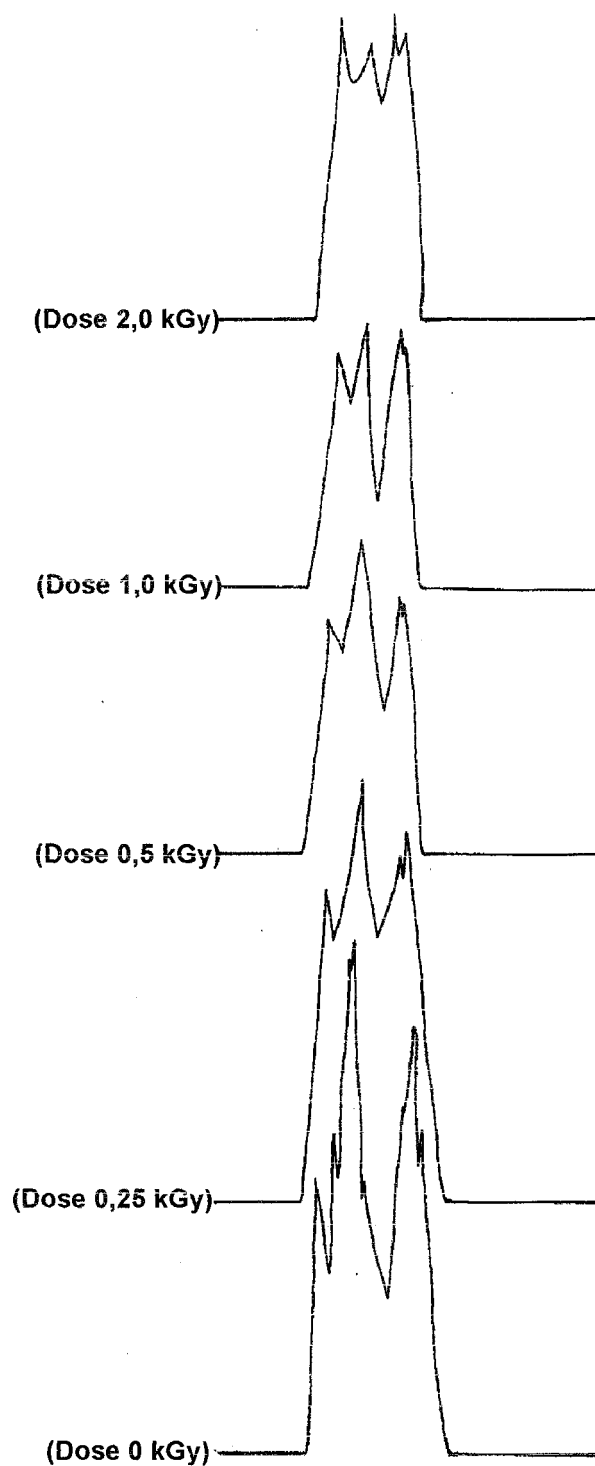


Figura 4.10. Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-1, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

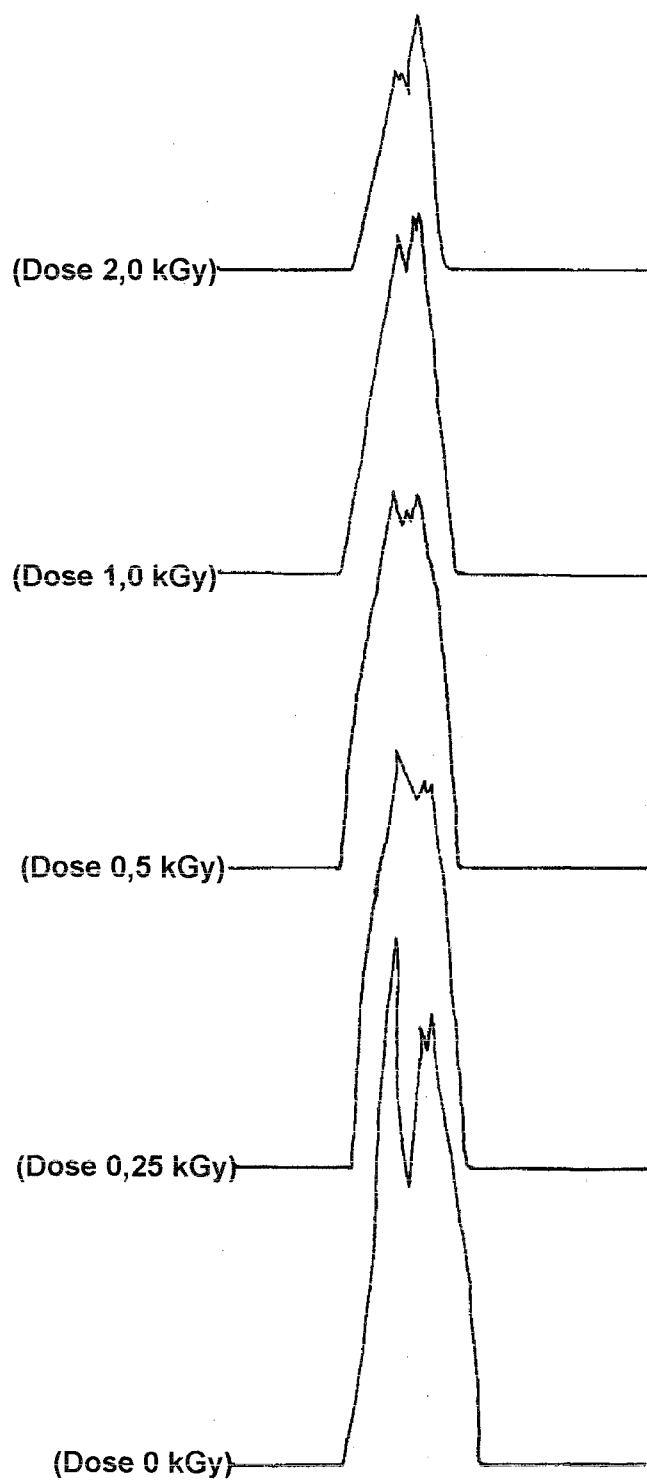


Figura 4.11. Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-2, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

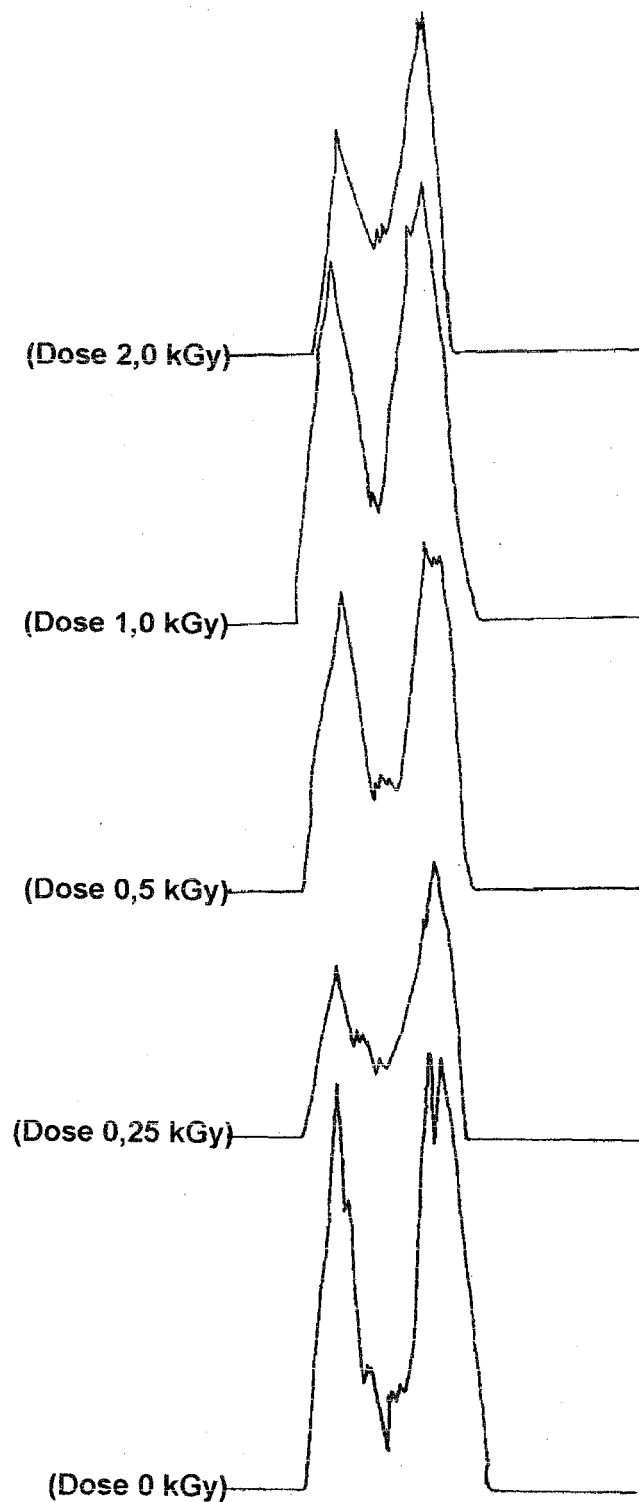


Figura 4.12. Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-3, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

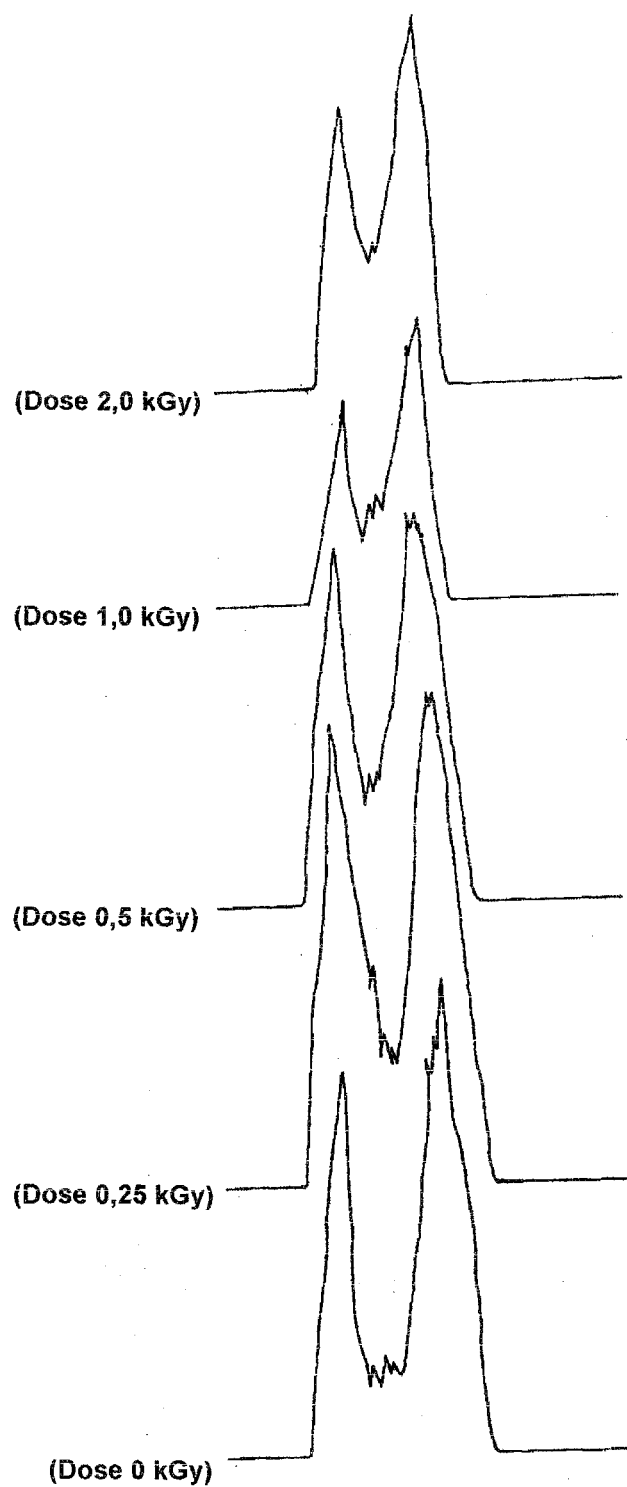


Figura 4.13. Densitometria das bandas eletroforéticas de proteínas totais extraídas de sementes da linhagem Arcelina-4, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co).

5. CONCLUSÕES

- 5.1. Doses crescentes de radiação gama (^{60}Co) não afetam o número total de ovos e número de ovos viáveis de *Z. subfasciatus* depositados na cultivar de feijão (IAC-Carioca Akytã) e nas linhagens portadoras da proteína arcelina (Arcelina-1, Arcelina-2, Arcelina-3 e Arcelina-4) de *P. vulgaris*;
- 5.2. A viabilidade dos ovos de *Z. subfasciatus* na cultivar e linhagens irradiadas com doses crescentes de radiação gama (^{60}Co) foi acima de 60%;
- 5.3. As linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2 prolongam o período de ovo a adulto e reduzem a emergência de *Z. subfasciatus*, independente das doses de radiação utilizadas, mantendo assim, a resistência do tipo antibiose;
- 5.4. As doses crescentes de radiação proporcionam um aumento gradativo na porcentagem de emergência de *Z. subfasciatus*, nas linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2. Desta forma, a resistência dessas linhagens poderá ser quebrada com doses acima de 2,0 kGy;
- 5.5. As linhagens Arcelina-3 e Arcelina-4 apenas prolongaram o período de ovo a adulto, mantendo assim, seu efeito menos expressivo de antibiose em todas as doses de radiação;

- 5.6. As doses de radiação não afetam o peso de machos e fêmeas de *Z. subfasciatus*, desenvolvidos em linhagens portadoras de arcelina, quando submetidos às diferentes doses de radiação;
- 5.7. A razão sexual de *Z. subfasciatus* foi equivalente a um macho para uma fêmea, independente da presença ou não da proteína arcelina, bem como das doses de radiação;
- 5.8. Não há influência da radiação no número e mobilidades eletroforéticas das bandas protéicas reveladas pela cultivar e linhagens de feijão, porém há um decréscimo da intensidade de coloração (absorbância) das proteínas faseolina e arcelina, a medida que as doses de radiação aumentavam;
- 5.9. A diminuição na concentração de arcelina não alterou o seu comportamento de resistência a *Z. subfasciatus*, porém pode ter contribuído para o aumento da porcentagem de emergência ocorrida nas linhagens Arcelina-1 e Arcelina-2;
- 5.10. A dose de 1,0 kGy pode ser utilizada para a desinfestação de grãos de feijão infestados com *Z. subfasciatus* sem alterar a resistência das linhagens portadoras de Arcelina-1 e Arcelina-2.

6. APÊNDICE

Tabela 6.1. Número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	199	159	191	147	149	845	169,00
Arcelina - 1	240	203	170	187	179	979	195,80
Arcelina - 2	234	226	210	228	192	1.090	218,00
Arcelina - 3	194	181	280	218	197	1.070	214,00
Arcelina - 4	233	175	189	215	179	991	198,20

Tabela 6.2. Análise de variância do número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g da sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	7484,4000000	1871,1000000	2,46 ns
RESÍDUO	20	15193,6000000	759,6800000	
TOTAL	24	22678,0000000		

C. V. = 13,85%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.3. Número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0,25 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	238	206	174	173	175	966	193,20
Arcelina - 1	158	193	197	189	185	922	184,40
Arcelina - 2	184	205	215	195	189	988	197,60
Arcelina - 3	145	164	184	206	90	789	157,80
Arcelina - 4	176	206	181	145	169	877	175,40

Tabela 6.4. Análise de variância do número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0,25 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	5016,2400000	1254,0600000	1,71 ns
RESÍDUO	20	14595,2000000	729,7600000	
TOTAL	24	19611,4400000		

C. V. = 14,86%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.5. Número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0,5 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	175	186	122	122	156	761	152,20
Arcelina - 1	185	175	205	190	180	935	187,00
Arcelina - 2	168	193	98	141	134	734	146,80
Arcelina - 3	137	151	179	130	111	708	141,60
Arcelina - 4	200	191	112	186	173	862	172,40

Tabela 6.6. Análise de variância do número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0,5 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	7282,0000000	1820,5000000	2,17 ns
RESÍDUO	20	16714,0000000	835,7000000	
TOTAL	24	23996,0000000		

C. V. = 18,06%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.7. Número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 1,0 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	162	187	107	135	111	702	140,40
Arcelina - 1	237	180	189	72	125	803	160,60
Arcelina - 2	149	181	153	134	168	785	157,00
Arcelina - 3	160	135	173	155	139	762	152,40
Arcelina - 4	205	191	199	190	133	918	183,60

Tabela 6.8. Análise de variância do número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 1,0 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	5005,2000000	1251,3000000	0,94 ns
RESÍDUO	20	26412,8000000	1320,6400000	
TOTAL	24	31418,0000000		

C. V. = 22,88%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.9. Número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 2,0 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	203	192	173	155	159	882	176,40
Arcelina - 1	180	225	218	191	221	1.035	207,00
Arcelina - 2	184	187	181	180	153	885	177,00
Arcelina - 3	204	195	187	186	203	975	195,00
Arcelina - 4	215	189	112	192	184	892	178,40

Tabela 6.10. Análise de variância do número total de ovos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 2,0 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	3750,1600000	937,5400000	1,79 ns
RESÍDUO	20	10466,4000000	523,3200000	
TOTAL	24	14216,5600000		

C. V. = 12,24%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.11. Número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a dose 0 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	144	153	167	129	114	707	141,40
Arcelina - 1	186	151	136	137	143	753	150,60
Arcelina - 2	165	178	132	170	162	807	161,40
Arcelina - 3	124	115	190	168	150	747	149,40
Arcelina - 4	155	133	149	170	141	748	149,60

Tabela 6.12. Análise de variância do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	1018,2400000	254,5600000	0,55 ns
RESÍDUO	20	9256,0000000	462,8000000	
TOTAL	24	10274,2400000		

C. V. = 14,29%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.13. Número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a dose 0,25 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	171	161	156	142	149	779	155,80
Arcelina - 1	141	155	166	155	143	760	152,00
Arcelina - 2	154	165	181	170	158	828	165,60
Arcelina - 3	123	126	174	195	77	695	139,00
Arcelina - 4	127	168	153	124	137	709	141,80

Tabela 6.14. Análise de variância do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0,25 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	2328,5600000	582,1400000	1,02 ns
RESÍDUO	20	11360,8000000	568,0400000	
TOTAL	24	13689,3600000		

C. V. = 15,80%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.15. Número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a dose 0,5 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	151	162	118	105	128	664	132,80
Arcelina - 1	162	159	193	173	163	850	170,00
Arcelina - 2	131	149	72	127	134	613	122,60
Arcelina - 3	109	146	175	108	104	642	128,40
Arcelina - 4	157	148	85	145	146	681	136,20

Tabela 6.16. Análise de variância do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 0,5 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	6918,0000000	1729,5000000	2,52 ns
RESÍDUO	20	13684,0000000	684,2000000	
TOTAL	24	20602,0000000		

C. V. = 18,95%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.17. Número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a dose 1,0 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	132	157	95	116	96	596	119,20
Arcelina - 1	165	153	151	68	105	642	128,40
Arcelina - 2	111	152	127	114	141	645	129,00
Arcelina - 3	127	110	143	107	125	612	122,40
Arcelina - 4	171	176	164	132	96	739	147,80

Tabela 6.18. Análise de variância do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 1,0 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	2463,7600000	615,9400000	0,77 ns
RESÍDUO	20	15976,0000000	798,8000000	
TOTAL	24	18439,7600000		

C. V. = 21,84%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.19. Número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a dose 2,0 kGy, no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Repetições					Total	Média
	I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	144	151	149	138	144	726	145,20
Arcelina - 1	122	188	182	140	166	798	159,60
Arcelina - 2	139	146	148	139	131	703	140,60
Arcelina - 3	151	150	152	151	170	774	154,80
Arcelina - 4	139	121	93	152	145	650	130,00

Tabela 6.20. Análise de variância do número de ovos viáveis de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a dose 2,0 kGy, no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
TRATAMENTO	4	2740,9600000	685,2400000	2,29 ns
RESÍDUO	20	5962,0000000	298,1000000	
TOTAL	24	8702,9600000		

C. V. = 11,82%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.21. Número de insetos emergidos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Dose (kGy)	Repetições					Total	Média	%
		I	II	III	IV	V			
IAC-Carioca Akytã	0	125	153	167	114	97	656	131,20	92,78
Arcelina - 1		14	17	11	10	10	62	12,40	8,23
Arcelina - 2		21	23	9	25	35	113	22,60	14,00
Arcelina - 3		111	95	153	144	101	604	120,80	80,85
Arcelina - 4		122	111	139	142	117	631	126,20	84,35
IAC-Carioca Akytã	0,25	171	153	141	130	129	724	144,80	92,93
Arcelina - 1		25	32	31	18	12	118	23,60	15,52
Arcelina - 2		37	29	45	41	43	195	39,00	23,55
Arcelina - 3		81	94	130	154	44	503	100,60	72,37
Arcelina - 4		101	152	130	114	120	617	123,40	87,02
IAC-Carioca Akytã	0,5	133	152	118	104	118	625	125,00	94,12
Arcelina - 1		34	44	33	25	29	165	33,00	19,41
Arcelina - 2		28	44	22	58	27	179	35,80	29,20
Arcelina - 3		84	108	149	80	79	500	100,00	77,88
Arcelina - 4		143	131	72	130	136	612	122,40	89,86
IAC-Carioca Akytã	1,0	132	148	90	105	92	567	113,40	95,13
Arcelina - 1		64	35	37	18	16	170	34,00	26,47
Arcelina - 2		23	63	41	41	42	210	42,00	32,55
Arcelina - 3		123	105	134	98	116	576	115,20	94,11
Arcelina - 4		156	161	157	113	81	668	133,60	90,39
IAC-Carioca Akytã	2,0	129	135	138	127	128	657	131,40	90,49
Arcelina - 1		41	62	47	50	32	232	46,40	29,07
Arcelina - 2		43	61	47	42	44	237	47,40	33,71
Arcelina - 3		137	135	137	119	145	673	134,60	86,95
Arcelina - 4		119	104	81	131	142	577	115,40	88,76

Tabela 6.22. Análise de variância do número de insetos emergidos de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris* submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DOSE	4	2467,7920000	616,9480000	1,50 ns
GENÓTIPO	4	240753,5520000	60188,3880000	146,52 *
DOSE X GENÓTIPO	16	10184,1280000	636,5080000	1,54 ns
RESÍDUO	100	41078,4000000	410,7840000	
TOTAL	124	294483,8720000		

C. V. = 23,30%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.23. Peso (mg) de machos de *Zabrotes subfasciatus* emergidos de 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Dose (kGy)	Repetições					Total	Média
		I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	0	1,80	1,52	1,71	1,80	1,79	8,62	1,72
Arcelina - 1		1,28	1,47	1,40	1,48	1,33	6,96	1,39
Arcelina - 2		1,22	1,20	1,25	1,38	1,48	6,53	1,30
Arcelina - 3		1,13	1,48	1,47	1,35	1,32	6,75	1,35
Arcelina - 4		1,26	1,39	1,28	1,38	1,23	6,54	1,30
IAC-Carioca Akytã	0,25	1,77	1,57	1,95	1,72	1,71	8,72	1,74
Arcelina - 1		1,43	1,34	1,26	1,38	1,24	6,65	1,33
Arcelina - 2		1,54	1,05	1,51	1,57	1,28	6,95	1,39
Arcelina - 3		1,16	1,68	1,44	1,46	1,13	6,87	1,37
Arcelina - 4		1,38	1,24	1,44	1,34	1,39	6,79	1,35
IAC-Carioca Akytã	0,5	1,91	1,72	1,54	1,78	1,71	8,66	1,73
Arcelina - 1		1,11	1,24	1,34	1,53	1,22	6,44	1,28
Arcelina - 2		1,47	1,21	1,29	1,23	1,22	6,42	1,28
Arcelina - 3		1,42	1,40	1,16	1,30	1,24	6,52	1,30
Arcelina - 4		1,22	1,32	1,38	1,30	1,40	6,62	1,32
IAC-Carioca Akytã	1,0	1,65	1,72	1,73	1,73	1,76	8,59	1,71
Arcelina - 1		1,18	1,40	1,48	1,38	1,38	6,82	1,36
Arcelina - 2		1,47	1,21	1,29	1,23	1,22	6,42	1,28
Arcelina - 3		1,40	1,34	1,29	1,26	1,35	6,64	1,32
Arcelina - 4		1,28	1,28	1,32	1,46	1,44	6,78	1,35
IAC-Carioca Akytã	2,0	2,01	1,64	1,44	1,66	2,02	8,77	1,75
Arcelina - 1		1,32	1,48	1,31	1,43	1,38	6,92	1,38
Arcelina - 2		1,23	1,39	1,33	1,35	1,31	6,61	1,32
Arcelina - 3		1,45	1,45	1,46	1,28	1,17	6,81	1,36
Arcelina - 4		1,30	1,48	1,21	1,47	1,33	6,79	1,35

Tabela 6.24. Análise de variância do peso (mg) de machos de *Zabrotes subfasciatus* emergidos de 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DOSE	4	0,0459729	0,0114932	0,70 ns
GENÓTIPO	4	3,1543172	0,7885793	48,56 *
DOSE X GENÓTIPO	16	0,0598031	0,0037377	0,23 ns
RESÍDUO	100	1,6238380	0,0162384	
TOTAL	124	4,8839312		

C. V. = 8,99%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.25. Peso (mg) de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* emergidas de 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Dose (kGy)	Repetições					Total	Média
		I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	0	3,17	3,16	3,45	3,38	3,15	16,31	3,26
Arcelina - 1		2,33	2,66	2,36	2,33	2,20	11,88	2,37
Arcelina - 2		2,90	2,27	2,27	2,17	2,00	11,61	2,32
Arcelina - 3		2,26	2,55	2,41	2,40	2,28	11,90	2,38
Arcelina - 4		2,03	2,46	2,21	2,24	2,45	11,39	2,27
IAC-Carioca Akytã	0,25	3,49	2,66	3,08	3,56	3,08	15,87	3,17
Arcelina - 1		2,03	2,04	2,34	2,90	2,03	11,34	2,26
Arcelina - 2		2,44	2,30	2,33	2,24	2,49	11,80	2,36
Arcelina - 3		2,06	2,22	2,17	2,35	2,44	11,24	2,24
Arcelina - 4		2,27	2,60	2,15	2,28	2,23	11,53	2,30
IAC-Carioca Akytã	0,5	2,95	3,18	3,14	3,45	3,15	15,87	3,17
Arcelina - 1		2,02	2,16	2,32	2,13	2,06	10,69	2,13
Arcelina - 2		2,36	2,16	2,41	2,32	2,35	11,60	2,32
Arcelina - 3		2,81	1,42	2,37	2,01	2,06	10,67	2,13
Arcelina - 4		2,32	2,33	2,42	2,41	2,24	11,72	2,34
IAC-Carioca Akytã	1,0	2,94	3,05	2,95	3,38	3,18	15,50	3,10
Arcelina - 1		2,32	2,63	2,35	2,24	2,77	12,31	2,46
Arcelina - 2		2,18	2,72	2,28	2,04	2,75	11,97	2,79
Arcelina - 3		2,48	2,70	2,42	2,21	2,30	12,11	2,42
Arcelina - 4		2,20	2,12	2,29	2,31	2,63	11,55	2,31
IAC-Carioca Akytã	2,0	2,81	3,30	3,27	2,89	2,98	15,25	3,05
Arcelina - 1		2,28	2,39	2,41	2,66	2,14	11,88	2,37
Arcelina - 2		2,09	2,10	2,89	2,86	2,18	12,12	2,42
Arcelina - 3		2,21	2,39	2,42	2,21	2,43	11,66	2,33
Arcelina - 4		2,07	2,06	2,46	2,20	2,44	11,23	2,24

Tabela 6.26. Análise de variância do peso (mg) de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* emergidas de 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DOSE	4	0,2092766	0,0523192	0,90 ns
GENÓTIPO	4	13,8468998	3,4617249	60,08 *
DOSE X GENÓTIPO	16	0,5632911	0,0352057	0,61 ns
RESÍDUO	100	5,7617342	0,0576173	
TOTAL	124	20,3812018		

C. V. = 9,64%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.27. Período de ovo a adulto (dias) de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Dose (kGy)	Repetições					Total	Média
		I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	0	32,45	35,54	35,10	34,93	34,28	172,30	34,46
Arcelina - 1		38,50	42,11	37,36	43,70	46,00	207,67	41,53
Arcelina - 2		35,61	37,56	38,00	40,24	42,62	194,03	38,80
Arcelina - 3		38,87	38,82	41,98	43,62	46,32	209,61	41,92
Arcelina - 4		39,11	39,90	41,76	44,50	44,70	209,97	41,99
IAC-Carioca Akytã	0,25	31,58	34,13	35,57	35,20	35,61	172,09	34,41
Arcelina - 1		39,96	41,12	43,61	41,88	43,08	209,69	41,93
Arcelina - 2		36,83	38,06	39,75	40,26	40,90	195,80	39,16
Arcelina - 3		38,76	39,13	40,90	42,58	44,81	206,18	41,23
Arcelina - 4		40,04	41,30	42,97	43,68	42,00	209,99	41,99
IAC-Carioca Akytã	0,5	33,63	33,71	35,30	35,49	36,86	174,99	34,99
Arcelina - 1		42,44	43,25	38,96	39,08	39,13	202,86	40,57
Arcelina - 2		37,82	38,68	38,13	39,62	41,25	195,50	39,10
Arcelina - 3		39,98	40,73	43,05	41,92	43,94	209,62	41,92
Arcelina - 4		41,26	40,77	40,02	41,41	42,31	205,77	41,15
IAC-Carioca Akytã	1,0	34,67	35,47	35,71	34,79	36,28	176,92	35,38
Arcelina - 1		38,39	44,20	43,91	45,11	39,62	211,23	42,24
Arcelina - 2		39,00	39,38	40,60	38,24	38,38	195,60	39,12
Arcelina - 3		40,99	38,91	41,55	42,89	39,74	204,08	40,81
Arcelina - 4		42,42	40,65	41,49	42,29	43,17	210,02	42,00
IAC-Carioca Akytã	2,0	35,80	35,74	35,35	34,91	35,03	176,83	35,36
Arcelina - 1		42,29	42,88	41,34	41,38	41,71	209,60	41,92
Arcelina - 2		39,04	39,18	40,31	39,00	38,90	196,42	39,28
Arcelina - 3		42,44	44,61	40,64	41,33	42,48	211,50	42,30
Arcelina - 4		42,53	40,93	41,45	44,03	38,69	207,63	41,52

Tabela 6.28. Análise de variância do período de ovo a adulto (dias) de *Zabrotes subfasciatus* em 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DOSE	4	3,9863006	0,9965751	0,28 ns
GENÓTIPO	4	869,4359105	217,3589776	62,37 *
DOSE X GENÓTIPO	16	19,6039463	1,2252466	0,35 ns
RESÍDUO	100	348,4972686	3,4849727	
TOTAL	124	1241,5234260		

C. V. = 4,69%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade

Tabela 6.29. Razão sexual de *Zabrotes subfasciatus* emergidos de 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

Cultivar e Linhagens	Dose (kGy)	Repetições					Total	Média
		I	II	III	IV	V		
IAC-Carioca Akytã	0	0,50	0,45	0,47	0,46	0,58	2,46	0,49
Arcelina - 1		0,64	0,52	0,27	0,30	0,70	2,43	0,48
Arcelina - 2		0,57	0,47	0,33	0,48	0,42	2,27	0,45
Arcelina - 3		0,38	0,46	0,58	0,52	0,51	2,45	0,49
Arcelina - 4		0,45	0,43	0,46	0,58	0,49	2,41	0,48
IAC-Carioca Akytã	0,25	0,51	0,52	0,49	0,50	0,50	2,52	0,50
Arcelina - 1		0,44	0,46	0,48	0,44	0,66	2,48	0,49
Arcelina - 2		0,56	0,58	0,57	0,51	0,48	2,70	0,54
Arcelina - 3		0,51	0,54	0,52	0,48	0,54	2,59	0,51
Arcelina - 4		0,46	0,46	0,52	0,44	0,46	2,34	0,46
IAC-Carioca Akytã	0,5	0,56	0,42	0,45	0,48	0,46	2,37	0,47
Arcelina - 1		0,41	0,52	0,51	0,48	0,51	2,43	0,48
Arcelina - 2		0,46	0,52	0,27	0,56	0,51	2,32	0,46
Arcelina - 3		0,50	0,50	0,48	0,48	0,51	2,47	0,49
Arcelina - 4		0,43	0,48	0,58	0,51	0,44	2,44	0,48
IAC-Carioca Akytã	1,0	0,50	0,53	0,48	0,59	0,51	2,61	0,52
Arcelina - 1		0,53	0,51	0,54	0,50	0,50	2,58	0,51
Arcelina - 2		0,56	0,52	0,41	0,46	0,50	2,45	0,49
Arcelina - 3		0,49	0,44	0,44	0,59	0,45	2,41	0,48
Arcelina - 4		0,44	0,43	0,45	0,54	0,45	2,31	0,46
IAC-Carioca Akytã	2,0	0,48	0,46	0,51	0,54	0,46	2,45	0,49
Arcelina - 1		0,51	0,45	0,59	0,52	0,40	2,47	0,49
Arcelina - 2		0,53	0,47	0,55	0,66	0,56	2,77	0,55
Arcelina - 3		0,50	0,51	0,54	0,50	0,49	2,54	0,50
Arcelina - 4		0,47	0,57	0,50	0,54	0,57	2,65	0,53

Tabela 6.30. Análise de variância da razão sexual de *Zabrotes subfasciatus* emergidos de 50 g de sementes da cultivar e linhagens de *Phaseolus vulgaris*, submetidas a diferentes doses de radiação gama (^{60}Co), no teste de confinamento.

CAUSAS DA VARIAÇÃO	G.L.	S.Q.	Q.M.	F
DOSE	4	0,0225971	0,0056493	1,21 ns
GENÓTIPO	4	0,0030851	0,0007713	0,16 ns
DOSE X GENÓTIPO	16	0,0453869	0,0028367	0,60 ns
RESÍDUO	100	0,4654397	0,0046544	
TOTAL	124	0,5365088		

C. V. = 13,77%

ns: Não significativo ao nível de 5% de probabilidade

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARTHUR, V. **Influência da temperatura antes e após a radiação gama, em *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833)(Coleoptera : Bruchidae).** Piracicaba: 1981, 69p. [Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz" - USP].
- BACH, E. E.; ANDRADE, E.F.; ROMAGOSA, E.; CASTRO, T.A.M.G.; FINARDI FILHO, F.; GUZZO, S.D.; BERIAN, L.O. **VIII Curso teórico-prático de eletroforese.** São Paulo: Instituto Biológico, 1992, 44p. Apostila.
- BARBOSA, A.P. **Interação radiação gama-temperatura na determinação da dose esterilizante para algumas pragas de produtos armazenados.** Piracicaba: 1976, 83p. [Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP].
- BARBOSA, F.R.; YOKOYAMA, M. Efeito da arcelina na biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera : Bruchidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16, 1997, Salvador. Resumos... Salvador : Sociedade Entomológica do Brasil-SEB, 1997a. p. 322.
- BARBOSA, F.R.; YOKOYAMA, M. Estudo da estabilidade da resistência a *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera : Bruchidae)

- conferida pela proteína arcelina. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16, 1997, Salvador. Resumos... Salvador : Sociedade Entomológica do Brasil-SEB, 1997b. p. 322.
- BRYNJOLFSSON, A. Chemiclearance of food irradiation: its scientific basis. In: International Symposium Combination process in food irradiation, 1981, Viena : International Atomic Energy Agency, 1981. p. 367-373. Proceeding.
- CARDONA, C.; DICK, K.; POSSO, C.E.; AMPOFO, K.; NADHY, S.M. Resistance of a common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar to the post-harvest infestation by *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera : Bruchidae). II Storage Tests. **Tropical Pest Management**, Basingstoke, Inglaterra, v. 38, n. 2, p. 173-175, 1992.
- CARDONA, C.; POSSO, C.E. Resistencia de variedades de frijol a los gorgojos del grano almacenado: Fuentes, mecanismos y factores responsables. **Hojas de Frijol**, Cali, Colômbia, v. 9, n. 2, p. 1-4, 1987.
- CARDONA, C.; POSSO, C.E.; KORNEKAY, J.; VALOR, J.; SERRANO, M. Antibiosis effects of wild dry bean accessions on the mexican bean weevil and the bean weevil (Coleoptera : Bruchidae). **Journal of Economic Entomology**, College Park, v. 82, n. 1, p. 310-315, 1989.
- CARVALHO, R.P.L.; ROSSETTO, C.J. Biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera, Bruchidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v. 13, p. 105-132, 1968.

CIAT CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Programa del frijol**. Cali, 1983 (Informe Anual, 1983). p. 54-63.

CIAT CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Programa del frijol**. Cali, 1985 (Informe Anual, 1985). p. 61-117.

CIAT CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Programa del frijol**. Cali, 1986 (Informe Anual, 1985). (Documento de Trabajo, nº 14) p. 54-68.

CIAT CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Programa del frijol**. Cali, 1987 (Informe Anual, 1986). (Documento de Trabajo, nº 37) p. 96-116.

CIAT CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Programa del frijol**. Cali, 1988 (Informe Anual, 1987). (Documento de Trabajo, nº 47) p. 143-161.

CIAT CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL. **Programa del frijol**. Cali, 1990 (Informe Anual, 1988). (Documento de Trabajo, nº 72) p. 159-171.

DALY, H.V.; DOYEN, J.T.; EHRLICH, P.R. **Introduction to insect biology and diversity**, New York: McGraw Hill, 1978, 564p.

DELINCEE, H.; BOGNAR, A. **Effect of ionizing radiation on the nutritional value of legumes. Part II, Bioavailability 93 - nutritional, chemical and**

- food processing implications of nutrient availability.** ISSN 0933-5463, p. 367-371, 1993.
- DIEHL, J.F. **Safety of irradiated foods.** New York: Marcel Dekker, 1990, 345p.
- FERREIRA, A. M. Subsídios para o estudo de uma praga de feijão (*Zabrotes subfasciatus* Boh.) (Coleoptera, Bruchidae) dos climas tropicais. **Garcia de Orta**, Lisboa, v. 8, n. 3, p. 559-581, 1960.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C. de; BERTI-FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B. Feijão. In: **Manual de Entomologia Agrícola.** 2ª ed. São Paulo: CERES, 1988, p. 599-600.
- HOSSAIN, M.M.; TAJIMA, M.; SUZUKI, T. Effects of gamma-irradiation on chemical composition of lentil, mung bean and wheats. **Food-Irradiation-[Shokuhin-Shosha]**, v. 23, n. 2, p. 66-71, 1988.
- HOWE, R.W.; CURRIE, J.E. Some laboratory observation on the rates of development, mortality and oviposition of several species of bruchidae breeding in stored pulses. **Bulletin of Entomological Research**, London, v. 55, n. 3, p. 437-477, 1964.
- LARA, F.M.; YOKOYAMA, M. Resistência a *Zabrotes subfasciatus* (Coleoptera, Bruchidae) em feijoeiros portadores de arcelina nas sementes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 16, 1997,

- Salvador. Resumos... Salvador : Sociedade Entomológica do Brasil-SEB, 1997. p. 319.
- LOTTI, G.; ANELLI, G.; LOMORO, A.; TEGLIO, A. Effect of gamma-irradiation on the proteins of leguminous seeds. **Scienza-e-Tecnologia-Degli-Alimenti**, v. 4, n. 5, p. 281-285, 1974.
- LOWRY, O.H.; ROSENBROUGHT, N. J.; FARR, A.L.; RANDALL, R.J. Protein measurement with the folin phenol reagent. **Journal of Biology Chemistry**, Baltimore, v. 193, p. 265-275, 1951.
- MANCINI-FILHO, J. **Efeitos das radiações gama sobre algumas características físico-químicas e nutricionais de feijões (*Phaseolus vulgaris* L.) armazenados**. São Paulo: 1990, 100p. [Tese (Livre-Docência) - Faculdade de Ciências Farmacéuticas-Universidade de São Paulo].
- MARTINS, A.P. **Esterilização e letalidade das radiações gama do ^{60}Co , em atmosferas de ar, oxigênio e dióxido de carbono, para imagos de *Z. subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera: Bruchidae)**. Piracicaba: 1982, 68p. [Dissertação (Mestrado) Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - USP].
- McLEESTER, R.C.; HALL, T.C.; SUN, S.M.; BLISS, F.A. Comparison of globulin proteins from *Phaseolus vulgaris* with those *Vicia fava*. **Phytochemistry**, v. 12, p. 85, 1973.
- MINNEY, B.H.P.; GATEHOUSE, A.M.R.; DOBIE, P.; DENEY, J.; CARDONA, C.; GATEHOUSE, J.A. Biochemical bases seed resistance to *Zabrotes*

subfasciatus (bean weevil) in *Phaseolus vulgaris* (common bean) a mechanism for arcelin toxicity. **Journal of Insect Physiology**, Oxford, v. 36, p. 757-767, 1990.

NASCIMENTO, L.M. **Efeito da radiação gama (Co^{60}) nas propriedades físico-químicas e sensoriais de feijões envelhecidos (*Phaseolus vulgaris*, L.).** São Paulo: 1992, 100p. [Tese (Doutorado) - Faculdade de Ciências Farmacéuticas-Universidade de São Paulo].

NENE, S.P.; VAKIL, V. K.; SREENIVASAN, S. Effects of gamma-irradiation on red gram (*Cajanus cajan*) proteins. **Journal of Food Science**, Chicago, v. 40, p. 815-819, 1975.

OLIVEIRA, A.M.; PACOVA, S.D.; ROCHA, A.C.M.; BARCELOS, D.F. Incidência de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) e *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) (Coleoptera, Bruchidae) em diversas cultivares de feijão armazenado. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v. 8, n. 1, p. 39-46, 1979.

OLIVEIRA, J. V.; RAMALHO, M.A.P.; BARBIN, D. Avaliação dos prejuízos em feijão *Vinga sinensis* (L.) Savi e *Phaseolus vulgaris* L. devido ao ataque de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). **Ecossistema**, Espírito Santo do Pinhal, SP. v. 2, p. 19-22, 1977.

OSBORN, T.C.; BLACK, F.; GEPS, P.; BLISS, F.A. Bean arcelin-2. Genetic variation inheritance and linkage relationships of a novel seed protein of

- Phaseolus vulgaris* L.. **Theoretical and Applied Genetic**, Berlim, v. 71, p. 847-855, 1986.
- PACHECO, I.A.; WIENDL, F.M. Resistência de materiais utilizados para embalagens à perfurações por *Acanthoscelides obtectus* (Say, 1831) e *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). Estimativa de perda de peso de feijão decorrente da infestação por esses carunchos. **Coletânea do ITAL**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 165-172, 1989.
- PEREIRA, P.A.A.; YOKOYAMA, M.; QUINTELA, E.D.; BLISS, F.A. Controle do caruncho *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera - Bruchidae) pelo uso de proteína da semente em linhagens quase isogênicas do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária**, Brasília, v. 30, n. 8, p. 1031-1034, 1995.
- REDDY, S.J.; PUBOLS, M.H.; Mc GINNIS, J. Effect of gamma irradiation on nutritional value of dry field beans (*Phaseolus vulgaris*) for chicks. **Journal of Nutrition**, v. 109, n. 7, p. 1307-1312, 1979.
- RÊGO, A.F.M.; RODRIGUES, Z.A.; OLIVEIRA, M.L. de; VEIGA, A.F.S.L.; SANTANA, M.D.L. Influência da radiação gama do ⁶⁰Co em relação a *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera, Bruchidae) e feijão *Phaseolus vulgaris* (L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, v. 16, n. 1, p. 19-36, 1987.
- RÊGO, A.F.M.; VEIGA, A.F.S.L.; RODRIGUES, Z.A.; OLIVEIRA, M.L. de; REIS, O.V. Efeitos da incidência de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann, 1833)

(Coleoptera, Bruchidae) sobre genótipos de *Phaseolus vulgaris* (L.). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Porto Alegre, v. 15, n. 1, p. 53-69, 1986.

RUNNER, G.A. Effect of roentgen rays on the tabacco cigarette butle and results of experiments with new roentgen tube. **Journal Agricultural Research**, Washington, v. 6, n. 11, p. 88-383, 1916.

SCHOONHOVEN, A.V.; CARDONA, C. Insects and other bean pests in Latin America. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (Eds.). **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, 1980. p.363-412.

SCHOONHOVEN, A.V.; CARDONA, C. Low levels of resistance to mexican bean weevil in dry beans. **Journal of Economic. Entomology**, Geneva, v. 75, n. 4, p. 567-569, 1982.

SCHOONHOVEN, A.V., CARDONA, C. & VALOR, J.F. Niveles de resistencia al gorgojo pintado *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) em frijoles cultivados y silvestres. **Revista Colombiana de Entomologia**, Colômbia, v. 7, n. 1/2, p. 41-45, 1981.

SILVA, A.G.D.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: Laboratório Central de Patologia Vegetal, Parte II, Tomo 1, 1968. 381p.

- SINGH, H.; LILIS, J.N. Effects of gamma rays on the acute lethality and reproductive potential of less grain bores adults. **Journal of Economic Entomology**, Geneva, v. 65, n. 3, p. 656-659, 1972.
- SOUTHGATE, B.J. Distribution and host of certain bruchidae in Africa. **Tropical Stored Products Information**, Oxford, v. 7, p. 277-280, 1964.
- VIEIRA, C. Leguminosas de grãos: importância na agricultura e alimentação humana. In: **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 174, p. 5-11, 1992.
- VILLAVICENCIO, A.L.C.H. **Avaliação dos efeitos da radiação ionizante do ^{60}Co em propriedades físicas, químicas e nutricionais dos feijões *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp.** São Paulo: 1998, 138p. [Tese (Doutorado) Faculdade de Ciências Farmacêuticas- Universidade de São Paulo].
- WALDER, J.M.M. Avaliação do dano de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) em feijão *Phaseolus vulgaris* L. (cv. Rosinha). **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 28, n. 7, p. 792, 1976, (Suplemento).
- WANDERLEY, V.S. **Identificação de fontes de resistência em cultivares e linhagens de feijão comum, *Phaseolus vulgaris* L., a *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera : Bruchidae), em condições de laboratório.** Recife: 1995, 113p. [Dissertação (Mestrado) Universidade Federal Rural de Pernambuco].

- WANDERLEY, V.S.; OLIVEIRA, J.V. Aspectos biológicos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera : Bruchidae) em sementes de *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENTOMOLOGIA, 13, 1991, Recife. Resumos... Recife : Sociedade Entomológica do Brasil-SEB, 1991, v. 1. p. 66.
- WANDERLEY, V.S.; OLIVEIRA, J.V. Influência do número de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. na biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). **Caderno Ômega da Universidade Federal Rural de Pernambuco, SÉRIE Agrônômica**, Recife, n. 4, p. 167-182, 1992.
- WANDERLEY, V.S.; CARBONELL, S.A.M.; BERGMANN, E.C.; ARTHUR, V.; SANTOS, M.C.M. dos Efeito antibiose de genótipos de *Phaseolus vulgaris* L. a *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera: Bruchidae). **Arquivos do Instituto Biológico**, São Paulo, v. 64, n. 2, p. 75-79, 1997a.
- WANDERLEY, V.S.; OLIVEIRA, J.V; ANDRADE JR., M.L. Resistência de cultivares e linhagens de *Phaseolus vulgaris* L. a *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera : Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v. 26, n. 2, p. 315-320, 1997b.
- WIENDL, F. M. Efeitos da radiação gama sobre *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). **Revista da Agricultura**, v. 42, n. 2, p. 68, 1968.
- WIENDL, F. M. **Alguns usos e efeitos das radiações gama em *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera : Bruchidae)**. Piracicaba: 1969,

167p. [Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agronomia "Luiz de Queiroz" - USP].

WIENDL, F. M. **A desinfecção de grãos e produtos armazenados por meio de radiação ionizante**, Piracicaba: 1975, 26p. (Boletim de Divulgação CENA, 18).

WIENDL, F. M.; LINK, D. **Influência da umidade, temperatura e radiação gama sobre a biologia de *Z. subfasciatus* (Bohemann, 1833) (Coleoptera, Bruchidae) em feijão**. Piracicaba: Centro de Energia Nuclear na Agricultura, 1974, 23p. (Boletim Científico, BC-019).

WIENDL, F. M.; ROSSETTO, C. J. Efeitos da radiação gama em *Z. subfasciatus* (Boh.) **Anais da 2ª Reunião Anual da S.B.E.**, Recife, p. 80, 1969.

WIERBICK, E. Ionizing energy in food processing and pest control: 1 - Wholesomeness of food treated with ionizing energy. **Ahes, Council for Agricultural Science & Technology**, 50p. (Report N° 109), 1986.



comissão nacional de energia nuclear
instituto de pesquisas energéticas e nucleares
Travessa "R" nº 400 - Cidade Universitária CEP: 05508-900
SÃO PAULO - São Paulo - Brasil
Fone (011) 816-9000 - Fax (011) 212-3646

O Ipen é uma autarquia vinculada à Secretaria de Ciência, Tecnologia e Desenvolvimento Econômico e Turismo do Estado de São Paulo, gerida técnica, administrativa e financeiramente pela Comissão Nacional de Energia Nuclear, órgão do Ministério da Ciência e Tecnologia, e associada à Universidade de São Paulo.