

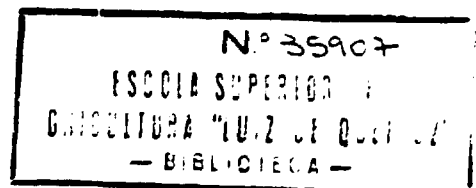
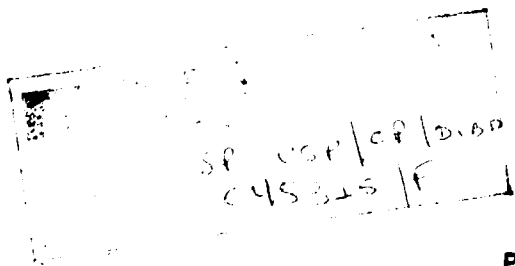
BR 92 27257  
INIS - BR - 2860

**EFEITOS DA DIETA IRRADIADA SOBRE A LONGEVIDADE E  
PROLIFICIDADE EM GERAÇÕES SUCESSIVAS DE *Zabrotes*  
*subfasciatus* (BOHEMAN, 1833) (COLEOPTERA, BRUCHIDAE)**

**RACHEL ELISABETH DOMARCO**

**Orientador: DR. FREDERICO M. WIENDL**

**Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura  
"Luiz de Queiroz" da Universidade de São Paulo,  
para obtenção do título de Doutor em Agronomia.  
Área de Concentração: Entomologia.**



**PIRACICABA  
Estado de São Paulo - Brasil  
Junho. 1981**

## INDICE

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	12
4. RESULTADOS .....	15
4.1. Primeiro Experimento .....	15
4.2. Segundo Experimento .....	24
5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	38
5.1. Primeiro Experimento .....	38
5.2. Segundo Experimento .....	52
6. CONCLUSÕES .....	68
7. LITERATURA CITADA .....	69

EFEITOS DA DIETA IRRADIADA SOBRE A LONGEVIDADE E PROLIFICIDADE  
EM GERAÇÕES SUCESSIVAS DE *Zabrotes subfasciatus*  
(BOHEMAN, 1833) (COLEOPTERA, BRUCHIDAE)

*Rachel Elisabeth Domarco*

Frederico Maximiliano Wiendl  
- Orientador -

RESUMO

Este trabalho foi realizado nos laboratórios de Entomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), da Universidade de São Paulo, Piracicaba, Estado de São Paulo, Brasil. Foi conduzido com a finalidade de se estudar os efeitos do feijão irradiado sobre a longevidade e prolificidade do caruncho *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Bruchidae). O feijão utilizado foi o *Phaseolus vulgaris* (L.), cultivar Rosinha. Num ensaio preliminar, *Z. subfasciatus* foi criado, durante cinco gerações, em feijão irradiado com as dosagens 0 (testemunha), 10, 20, 100 e 200 krad, a uma taxa aproximada de 70 krad/hora. Num segundo experimento, *Z. subfasciatus* foi criado por sete gerações no feijão irradiado com as doses de 0 (testemunha), 100, 500, 1500 e 3000 krad, a uma taxa aproximada de 54 krad/hora. Os dados foram obtidos através de contagens

diárias da natalidade e mortalidade dos insetos. Concluiu-se que a irradiação modificou as qualidades nutritivas do feijão, modificando, portanto, o desenvolvimento do *Z. subfasciatus*. O efeito da irradiação foi estudado através da longevidade e da prolificidade, as quais foram alteradas em comparação às testemunhas. A longevidade e a prolificidade desses insetos foram relativamente maiores com as doses de 1500 e 3000 krad.

EFFECTS OF IRRADIATED DIET ON LONGEVITY AND PROLIFICITY OF  
SUCCESSIVE GENERATIONS OF *Zabrotes subfasciatus*  
(BOHEMAN, 1833) (COLEOPTERA, BRUCHIDAE)

*Rachel Elisabeth Domarco*

Frederico Maximiliano Wiendl  
- Adviser -

SUMMARY

The study was done in the laboratory of Entomology of the "Centro de Energia Nuclear na Agricultura" (CENA), University of São Paulo, in Piracicaba, State of São Paulo, Brazil. This research was carried out to observe the effect of irradiated beans (*Phaseolus vulgaris*, (L.), cultivar Rosinha) on the longevity and prolificity of *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Bruchidae). The first part of the study included the rearing of five generations of *Zabrotes subfasciatus* which were fed with irradiated beans (0, 10, 20, 100 e 200 krad, with a dose rate of approximately 70 krad/h). The second one consisted of growth of seven generations on irradiated beans (0, 100, 500, 1500 and 3000

krad, with a dose rate of approximately 70 krad/h). The data were obtained through daily countings of insect birth and death rates. It was concluded that irradiation modified the nutritional quality of beans, affecting the development of *Zabrotes subfasciatus*. This effect was studied through the longevity and prolificity, which were altered as compared with the control, once they were higher for the dosis of 1500 and 3000 krad.

## 1. INTRODUÇÃO

Pelas estimativas da FAO (1975), no mínimo 10 a 15% da população mundial sofre de subnutrição, enquanto a meta de encontra-se passando fome ou numa situação de má nutrição, ou ambas. Essas deficiências, mais acentuadas entre as populações de países mais pobres e em desenvolvimento, resultam, geralmente, de uma inadequada ingestão de calorias, de deficiências proteicas ou de vitaminas e sais minerais.

A metade da proteína disponível é consumida por dois terços da população mundial, sendo que 70% dessa proteína é de origem vegetal e 30% animal. A proteína de cereais responde por 70% do total da proteína vegetal consumida mundialmente.

A insuficiente produção de alimentos e as quantidades que se perdem anualmente, farão com que essa crise alimentar aumente assustadoramente, caso não apareça uma solução plausível.

As maiores perdas que ocorrem nos produtos armazenados são ocasionadas pelos insetos, que encontram nos silos e armazéns condições extremamente favoráveis ao seu desenvolvimento. Essas condições são mais acentuadas nos países tropicais e sub-tropicais, devido à temperatura e umidade relativa elevadas. WIENDL (1969) citou que, nestas condições, há perda de pelo menos 25 a 30% de todas as colheitas de cereais. O mesmo autor afirma que no ano de 1981 não houve mudança neste aspecto (informação pessoal).

Isso tudo tem preocupado muitos governos e entidades internacionais. As soluções sugeridas incluem aumento na produção de alimento e melhoria dos métodos de preservação e armazenamento da produção.

Atualmente, a luta contra os insetos de grãos armazenados, em particular, se baseia num controle permanente e cuidadoso das condições de armazenamento e no emprego preventivo ou curativo de inseticidas, principalmente os fumigantes.

O uso das radiações ionizantes tem sido proposto como um método de controle de insetos de produtos agrícolas processados ou não. Os estudos já realizados mostram que a desinfestação dos produtos armazenados pode ser feita com doses moderadas de radiação gama. Porém, antes da liberação desses alimentos para o consumo, eles devem ser testados quanto à salubridade e segurança.

Testes desse tipo têm sido feitos, geralmente,



com cães, aves, ratos e camundongos. Todavia, num experimento desse tipo, além de ser economicamente dispendioso, os resultados são obtidos a longo prazo e, muitas vezes, são duvidosos, pois, sabe-se que muitos desses animais não comem determinados alimentos.

Por esse motivo, para estudos iniciais, tem-se dado preferência a determinados insetos que, além de possuírem um ciclo biológico mais curto, vivem e se alimentam exclusivamente dos produtos armazenados.

Ainda que os insetos sejam animais inferiores, os resultados podem fornecer uma contribuição valiosa ou sugerir mais experimentação prática para garantir a segurança no consumo do produto irradiado pelo homem.

O objetivo do presente trabalho foi verificar os efeitos do feijão irradiado sobre a longevidade e prolificidade dos insetos que infestam esse produto. De acordo com CARVALHO e ROSSETO (1968), a espécie *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) é a mais prejudicial ao feijão comum, *Phaseolus vulgaris* (L.), armazenado, sendo, portanto, a mais adequada para a realização deste estudo.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

A partir do estudo de Stone *et alii* (1947), citado por KESAVAN e SWAMINATHAN (1971), os quais descobriram que o substrato alimentar irradiado com radiação ultra-violeta induzia mutações em *Staphylococcus aureus*, vários trabalhos têm sido feitos para estudar os efeitos causados nos organismos não irradiados criados com alimentos ou substratos irradiados.

A maioria dos trabalhos, usando insetos como organismos testes, cita não haver influência nos aspectos biológicos, fisiológicos e morfológicos quando criados em substratos irradiados.

Em 1958, CORNWELL e BURSON mostraram que o trigo em grão irradiado, com doses de até 50 krad, pode ser usado para criação de *Sitophilus granarius* (L.) e *S. oryzae* (L.) sem afetar o desenvolvimento dos mesmos. A irradiação do trigo foi feita numa fonte de Cobalto-60, com uma taxa de dose de 37 krad/h, e as doses usadas foram 12,5; 25 e 50 krad.

Resultados semelhantes foram obtidos por HODGES e GUYER (1958) com o trigo irradiado nas doses de 10.000, 100.000 e 1.000.000 rep num acelerador Van de Graaf, e usado como substrato para criação de *Tribolium castaneum* Duv., do *Sitophilus granarius* (L.) e de *Sitotroga cerealella*.

No experimento realizado por HOSSEIN *et alii* (1967), os resultados não mostraram nenhum efeito sobre o desenvolvimento e reprodução da *Drosophila melanogaster*, criada com banana irradiada. As doses usadas foram de 35, 45 e 55 krad, e os insetos foram criados por sete gerações nessa dieta.

Em 1969 foram desenvolvidas três teses de doutoramento na Faculdade de Ciências da Universidade de Paris, sobre os efeitos dos alimentos irradiados no desenvolvimento, na fecundidade e na longevidade de *Tribolium confusum* (Duval), *Sitophilus granarius* (L.) e *Oryzaephilus surinamensis* (L.).

No caso de *T. confusum*, AYALA (1969) observou um aumento na longevidade das fêmeas criadas nos alimentos irradiados com 1000 krad. Em compensação, foi observado um aumento na duração do desenvolvimento larval sobre os substratos irradiados com 100, 500 e 1000 krad. Os alimentos usados foram a farinha de trigo e o germe de trigo em flocos irradiados com 0 (testemunha), 25, 100, 500 e 1000 krad, num irradiador de Cobalto-60.

Com *S. granarius*, BAGHERI (1969) observou uma fe

cundidade mais elevada sobre o trigo irradiado com 100, 500 e 1000 krad; mas a diferença entre esta última dose e a testemunha não foi estatisticamente significativa. Quanto à longevidade, ela foi maior nos insetos criados no trigo irradiado do que na testemunha e a velocidade do desenvolvimento larval foi acelerada para os insetos criados no substrato irradiado.

Nos estudos com *O. surinamensis*, JARRAYA (1969) notou alguma diferença significativa na fecundidade e na mortalidade larvária dos insetos criados em farinha irradiada com as doses de 100, 400, 1600 e 6400 krad. O desenvolvimento larvário foi um pouco maior nos insetos criados na farinha irradiada com 6400 krad. Um outro experimento foi feito com biscoitos à base de ovos, farinha e açúcar. Foram feitas comparações quanto à reprodução dos efeitos dos biscoitos testemunhas, dos biscoitos irradiados após o cozimento, com doses de 100, 500 e 2500 krad e biscoitos feitos com ovos irradiados com 500 krad. Os biscoitos testemunhas não foram tão eficientes quanto a farinha para a criação dos insetos. Os biscoitos feitos com ovos irradiados com 500 krad causaram um efeito favorável sobre a fecundidade, a velocidade de desenvolvimento e a mortalidade dos insetos comparados àqueles criados com os biscoitos testemunhas. Porém, os insetos criados com biscoitos irradiados após o cozimento apresentaram uma diminuição significativa da fecundidade na dose de 2500 krad e, a partir de 100 krad, um aumento da mortalidade larvária e um aumento na duração do desenvolvimento.

Em experimento de TILTON *et alii* (1973) não houve diferença entre o número de descendentes de *Sitophilus oryzae* criados no trigo em grão irradiado (com as doses de 25, 50, 100, 500, 1000 e 4300 krad) e no trigo em grão não irradiado, durante seis gerações. Porém, o número de descendentes foi maior na segunda e quarta gerações desses mesmos insetos criados na farinha irradiada, com as mesmas doses, do que no controle. Uma análise estatística dos dados mostrou que as diferenças entre o número de descendentes na farinha irradiada e na não irradiada, foram altamente significativas na de 100 krad e significativas nas de 500 e 1000 krad.

Para WIENDL *et alii* (1974), a reprodução de *Sitophilus zeamais*, criado em arroz irradiado, aumentou na dose de 20 krad, enquanto nas outras doses houve uma diminuição. Com relação à longevidade, os resultados mostraram haver uma diminuição em todas as doses. O arroz foi irradiado com as doses 0, 20, 100, 500 e 1500 krad de radiação gama, sob uma taxa de 67 krad/h.

Trabalhando com *Plodia interpunctella*, BROWER *et alii* (1971) não obtiveram nenhum efeito biológico estatisticamente significativo sobre o número da progênie ou da proporção sexual desses insetos, criados por nove gerações em farinha de trigo e quatro em uva passa. Ambas as dietas foram irradiadas num irradiador de Cobalto-60, a uma taxa de cerca de 312 krad/h, com as doses de 0, 25, 50, 100, 500, 1000 e 4300 krad.

Em continuação a esse experimento, BROWER e TILTON (1973) criaram *P. interpunctella* por uma a quatro gerações em dietas irradiadas feitas com 4 variedades de nozes. Essas dietas foram tratadas com 0, 36, 66 e 100 krad de radiação gama, utilizando uma fonte de Cobalto-60, sob uma taxa de radiação de 2,1 krad/h. Os resultados foram semelhantes aos de trabalho anterior, ou seja, não houve efeitos biologicamente significantes nos números da progênie ou na habilidade reprodutiva desse inseto.

SEUGE *et alii* (1971), porém, em trabalho realizado com *P. interpunctella* e com *Pseudalacaspis pentagona*, verificaram haver uma redução na fecundidade de, respectivamente, 32 e 42%, quando os insetos se alimentavam da dieta irradiada. Para a criação de *P. interpunctella* foram usadas nozes de pistache e de *P. pentagona*, tubérculos de batata. Ambos os vegetais foram irradiados com raios gama, sendo que doses de 33, 66 e 165 krad foram usadas para os tubérculos de batata e 66 krad para as nozes de pistache. Não houve, porém, diferenças na fecundidade das fêmeas entre as doses usadas.

Não se pode deixar de considerar a hipótese dos autores de que a irradiação dos alimentos produza substâncias tóxicas que possam interferir com a nutrição ou a reprodução dos insetos; deve-se, contudo, considerar também a possibilidade de que o pequeno número de insetos (13 fêmeas) usado no experimento, seria a causa desses decréscimos na fecundidade.

Como tinha sido proposto, MORERE e SEUGE (1976), fizeram um novo experimento com essas mesmas espécies de insetos. As fêmeas de *P. pentagona*, criadas em tubérculos de batata, irradiados com doses mais baixas do que as anteriores (2,5, 5,5, 8, 10, 16 e 20 krad), apresentaram uma redução na fecundidade; mas, neste caso, os autores concluíram que essa redução era dependente da dose. Para *P. interpunctella*, criada numa dieta merídica pré-irradiada ou numa dieta merídica incluindo caseína irradiada ou dextrose irradiada, com a dose de 135 krad, a fecundidade das fêmeas permaneceu inalterada. Na dieta pré-irradiada e na outra contendo apenas a caseína irradiada, o número de traças emergentes foi mais baixo, a média de duração do estágio larval foi mais longa quando só a caseína ou só a dextrose foram irradiadas.

SINGH e LILES (1972) estudaram os efeitos do trigo irradiado na sobrevivência e potencial de reprodução dos adultos de *Rhyzopertha dominica* (Fabr.). A irradiação foi feita numa fonte de Cobalto-60, sob uma taxa de 4200 R/min, e as doses usadas foram de 0, 80, 160 e 320 kR. Os resultados mostraram que a alimentação com o trigo irradiado a 320 kR provocou uma diminuição significativa na reprodução e sobrevivência desses insetos. Essa diminuição foi mais pronunciada no segundo mês após o início do estudo.

Entretanto, WIENDL e ARTHUR (1974), criando *R. dominica* em arroz irradiado, mostraram que a longevidade e o

número de descendentes dessa espécie aumentaram com o incremento da dose de radiação. O arroz foi irradiado com as doses de 0 (testemunha), 20, 100, 500, 1500, 3000 e 5000 krad de radiação gama, sob uma taxa de 52,78 krad/h.

Em um outro experimento, WIENDL *et alii* (1975), verificaram que os adultos de *R. dominica* são menos suscetíveis à irradiação gama, quando alimentados com uma dieta irradiada. Esses insetos foram criados durante cinco gerações, em arroz irradiado com 0, 20, 100, 500, 1500, 3000 e 5000 krad numa fonte de Cobalto-60. Dessa criação foram retirados 50 insetos de cada dose e irradiados com 15 krad, sob uma taxa aproximada de 50 krad/h. O parâmetro usado para o estudo foi a longevidade dos adultos, que aumentou cerca de 40% quando as larvas se alimentaram da dieta irradiada.

Estudos feitos por AHMED *et alii* (1977) indicaram que a alimentação com tâmaras irradiadas com uma dose de 625 krad não afetou o desenvolvimento de *Oryzaephilus surinamensis* (L.). Mas, com as doses de 1250, 2500 e 5000 krad houve um atraso no desenvolvimento, bem como uma diminuição no número de descendentes desse inseto. A irradiação foi feita numa fonte de Cobalto-60, sob uma taxa de aproximadamente 528 krad/h.

LOAHARANU (1978) verificou os efeitos do substrato irradiado na criação do gorgulho do feijão *Zabrotes subfasciatus* e do bicho do queijo *Phiophila casei*. O *Z. subfas-*



*ciatus* foi criado em feijão preto irradiado com 0, 100 e 200 krad, e o *P casei* em sardinha seca irradiada com 0, 200 e 400 krad de raios gama. A radiação foi obtida de uma fonte de Cobalto-60, a uma taxa aproximada de 450 krad/h. Os resultados mostraram que os alimentos irradiados não provocaram alterações nos três parâmetros estudados, ou seja, na porcentagem de sobrevivência, na proporção sexual e na longevidade dos insetos.

Nota-se, pela revisão realizada, que os trabalhos não trazem explicações sobre os efeitos positivos ou negativos nos insetos alimentados com dietas irradiadas. Os autores apenas apresentam hipóteses, principalmente nos casos em que as respostas ao alimento irradiado foram negativas.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

Esta pesquisa, iniciada em março de 1971, foi desenvolvida nos laboratórios de Entomologia do Centro de Energia Nuclear na Agricultura (CENA), em Piracicaba, SP.

Como fonte de radiação gama foi usado um irradiador de Cobalto-60, tipo Gammabeam 150, da "Atomic Energy of Canada Ltd.", Ottawa, com uma atividade aproximada de 680 Ci no início do trabalho.

O inseto utilizado foi a espécie *Zabrotes subfasciatus* (Boheman, 1833) (Coleoptera, Bruchidae), obtida da criação em laboratório da Seção de Entomologia do CENA. Como substrato para os insetos, utilizou-se o feijão *Phaseolus vulgaris*, cultivar Rosinha, irradiado com várias doses, mais as testemunhas não irradiadas, todas com uma umidade de aproximadamente 14,5%.

No início do trabalho, os insetos foram criados

em pequenas caixas de plástico transparente, com tampa removível, de 5 x 3 x 2 cm, contendo o substrato. De acordo com o aumento das populações dos insetos, as caixas foram substituídas por vidro, de boca larga, com capacidade para 40, 250 e 500 ml. Os vidros pequenos foram vedados com tampas plásticas perfuradas e os maiores com tampas dotadas de rosca, contendo telas de bronze, malha 200, e lenço de papel.

Para se conseguir as condições ótimas para o desenvolvimento do *Z. subfasciatus*, foram utilizadas uma estufa biológica e uma câmara climatizada (FITOTROM), com temperatura e umidade relativa controladas. A temperatura foi mantida praticamente constante em 30°C, com pequenas variações que não ultrapassaram de 1°C, e a umidade relativa oscilou ao redor de 70%, com uma variação máxima de ±5%. Esses dados foram obtidos através de registros diários em termohigrógrafo.

Num ensaio preliminar, que durou 7 meses, o *Z. subfasciatus* foi criado, durante 5 gerações, em feijão irradiado com as doses de 0 (testemunha), 10, 20, 100 e 200 krad, sob uma taxa aproximada de 70 krad/h.

Para cada dose foram feitas 6 repetições, colocando-se 5 casais de insetos, em cada repetição, nas caixinhas plásticas contendo 30 grãos sadios.

Diericamente faziam-se contagens de natalidade e mortalidade de machos e fêmeas, quando os mortos eram retira-

dos e os adultos recém emergidos colocados em substrato recém irradiado e, de acordo com o aumento da população, em recipientes maiores. Esse procedimento foi seguido até a 5a. geração.

Para uma análise correta da longevidade dos insetos adultos, foram utilizadas tabelas de vida, elaboradas segundo BARCLAY (1966), e que exprimem com clareza a esperança de vida diária dos insetos.

A partir dos dados obtidos, um segundo ensaio foi realizado, com a duração de 9 meses, onde o *Z. subfasciatus* foi criado por 7 gerações no feijão irradiado, com as doses de 0 (testemunha), 100, 500, 1500 e 3000 krad, e uma taxa aproximada de 54 krad/h.

Nesse segundo ensaio, foi utilizada a mesma metodologia do primeiro, sendo que, com os dados da tabela de vida, foi feita a análise de regressão, transformando as variáveis para melhor ajuste. A variável dependente (x) foi a esperança de vida inicial ( $e_0^x$ ) e a independente (y) foram as doses ou as gerações. As regressões foram testadas através da análise de variância.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Primeiro Experimento

Constam das Tabelas 1 e 2, respectivamente, as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos e fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado com as doses de 0 (testemunha), 10, 20, 100 e 200 krad de radiação gama durante 5 gerações. Esses dados foram calculados a partir das contagens diárias da mortalidade dos insetos adultos.

Para melhor análise da longevidade dos insetos adultos, as esperanças de vida média das Tabelas 1 e 2 foram transformadas em porcentagens determinadas em função das testemunhas, consideradas como 100%. Desta forma, nas Tabelas 3 e 4 encontram-se, respectivamente, os resultados para machos e fêmeas, em porcentagens.

Nas Tabelas 5 e 6 encontram-se, respectivamente, os valores numéricos dos machos e fêmeas adultos, encontrados

nas contagens diárias da natalidade, efetuadas para cada dose de radiação gama, durante as 5 gerações.

Constam das Tabelas 7 e 8 as relações entre os descendentes provenientes de alimento irradiado e as testemunhas, calculadas com os valores das Tabelas 5 e 6.

Tabela 1 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) em dias, calculadas para os machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado com diferentes doses de radiação, durante 5 gerações.

Gerações	Doses (krad)				
	0	10	20	100	200
P	9,73	8,16	11,23	8,86	12,61
F <sub>1</sub>	4,23	4,96	6,30	7,05	4,47
F <sub>2</sub>	14,30	19,24	8,98	9,65	10,65
F <sub>3</sub>	9,14	12,45	4,61	5,55	6,67
F <sub>4</sub>	14,00	20,91	16,34	19,33	15,21
F <sub>5</sub>	21,51	22,15	16,35	14,92	18,16

Tabela 2 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) em dias, calculadas para as fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama, durante 5 gerações.

Gerações	Doses (krad)				
	0	10	20	100	200
P	8,76	9,33	9,43	10,19	7,66
F <sub>1</sub>	4,35	5,22	3,56	6,25	4,87
F <sub>2</sub>	21,91	28,47	9,10	11,06	10,01
F <sub>3</sub>	8,65	11,03	4,02	7,04	6,16
F <sub>4</sub>	14,59	20,99	14,87	16,94	14,15
F <sub>5</sub>	20,12	20,79	15,50	14,80	18,05

Tabela 3 - Porcentagens das esperanças de vida média ( $e_0^x$ ), em dias, calculas em função das testemunhas consideradas como 100% para os machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama, durante 5 gerações.

Gerações	Doses (krad)				
	0	10	20	100	200
P	100	83,86	115,42	91,06	129,60
F <sub>1</sub>	100	117,26	148,94	166,67	105,67
F <sub>2</sub>	100	134,55	62,80	67,48	74,48
F <sub>3</sub>	100	136,21	50,44	60,72	72,98
F <sub>4</sub>	100	149,36	116,71	138,07	108,64
F <sub>5</sub>	100	102,98	76,01	69,36	84,52



Tabela 4 - Porcentagens das esperanças de vida média ( $e_0^x$ ), em dias, calculadas em função das testemunhas consideradas como 100% para as fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) criadas em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama durante 5 gerações.

Gerações	Doses (krad)				
	0	10	20	100	200
P	100	106,51	107,65	116,32	87,44
F <sub>1</sub>	100	120,00	81,83	143,68	111,95
F <sub>2</sub>	100	129,94	41,53	50,48	45,69
F <sub>3</sub>	100	127,51	46,47	81,39	71,21
F <sub>4</sub>	100	143,87	101,92	116,11	96,98
F <sub>5</sub>	100	103,33	77,04	73,56	89,71

Tabela 5 - Total de machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), nascidos a partir de insetos criados, por 5 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	10	20	100	200
F <sub>1</sub>	15	15	20	9	37
F <sub>2</sub>	21	47	91	19	207
F <sub>3</sub>	17	83	386	147	704
F <sub>4</sub>	112	497	1088	273	1435
F <sub>5</sub>	745	1973	4413	1188	6147

Tabela 6 - Total de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), nascidas a partir de insetos criados, por 5 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	10	20	100	200
F <sub>1</sub>	7	11	14	4	29
F <sub>2</sub>	31	44	86	30	214
F <sub>3</sub>	19	79	413	144	718
F <sub>4</sub>	122	442	1304	322	1609
F <sub>5</sub>	823	2092	4692	1269	6457

Tabela 7 - Relação irradiado/testemunha do total de machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), nascidos a partir de insetos criados, durante 5 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)			
	10	20	100	200
F <sub>1</sub>	1,00	1,33	0,60	2,47
F <sub>2</sub>	2,24	4,33	0,90	9,86
F <sub>3</sub>	4,88	22,71	8,65	41,41
F <sub>4</sub>	4,44	9,71	2,44	12,81
F <sub>5</sub>	2,65	5,92	1,59	8,25

Tabela 8 - Relação irradiado/testemunha do total de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), nascidas a partir de insetos criados, durante 5 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)			
	10	20	100	200
F <sub>1</sub>	1,57	2,00	0,57	4,14
F <sub>2</sub>	1,42	2,77	0,97	6,90
F <sub>3</sub>	4,16	21,74	7,58	37,79
F <sub>4</sub>	3,62	10,63	2,64	13,19
F <sub>5</sub>	2,54	5,70	1,54	7,85

## 4.2. Segundo Experimento

Da mesma forma que foi feito para o primeiro experimento, calcularam-se as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos adultos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), alimentados com feijão irradiado com 0, 100, 500, 1500 e 3000 krad de radiação gama, durante 7 gerações. Nas Tabelas 9 e 10 encontram-se esses valores para machos e fêmeas, respectivamente.

Nas Tabelas 11 e 12 encontram-se as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ), das Tabelas 9 e 10, transformadas em porcentagem determinadas em função das testemunhas, consideradas como 100%.

As estimativas dos parâmetros das regressões entre as esperanças de vida média dos machos e fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* e as doses de radiação gama, com os coeficientes de determinação e respectivos valores do teste F, para todas as gerações, encontram-se nas Tabelas 13 e 14, respectivamente.

Constam das Tabelas 15 e 16 as respectivas estimativas dos parâmetros das regressões entre as esperanças de vida média dos machos e fêmeas do *Zabrotes subfasciatus* e as suas gerações, com os coeficientes de determinação e respectivos valores do teste F.

Nas Tabelas 17 e 18 encontram-se, respectiva-

mente, os valores numéricos totais de machos e fêmeas adultos, encontrados nas contagens diárias da natalidade, efetuadas para cada dose de radiação gama, durante as 7 gerações.

Nas Tabelas 19 e 20 estão as relações entre os descendentes, provenientes de alimento irradiado, e as testemunhas, calculadas com os valores das Tabelas 17 e 18.

Tabela 9 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ), em dias, calculadas para os machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados, durante 7 gerações, sobre feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
P	4,87	5,47	5,20	7,52	7,02
F <sub>1</sub>	12,25	11,40	11,09	13,50	13,54
F <sub>2</sub>	9,87	10,52	11,82	13,12	13,02
F <sub>3</sub>	13,17	14,09	15,55	16,06	16,78
F <sub>4</sub>	11,77	13,06	16,22	18,06	16,78
F <sub>5</sub>	15,54	16,63	17,66	17,87	17,58
F <sub>6</sub>	16,02	18,63	19,28	19,88	20,36
F <sub>7</sub>	17,30	20,87	20,78	22,20	24,74



Tabela 10 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) em dias, calculadas para as fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas, durante 7 gerações, sobre feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
P	5,27	4,47	5,25	5,52	5,57
F <sub>1</sub>	8,94	10,61	9,95	11,58	11,79
F <sub>2</sub>	9,95	9,46	10,83	12,08	12,18
F <sub>3</sub>	11,71	12,04	14,45	17,56	17,47
F <sub>4</sub>	10,78	12,00	14,71	16,75	15,71
F <sub>5</sub>	14,09	15,34	16,14	17,49	16,61
F <sub>6</sub>	14,85	17,92	19,41	19,08	18,75
F <sub>7</sub>	17,40	20,87	19,99	21,66	24,80

Tabela 11 - Porcentagem das esperanças de vida média ( $e_0^x$ ), em dias, calculadas em função das testemunhas consideradas como 100% para os machos de *Zabrotes subfasciatus* criados, durante 7 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
P	100	112,32	106,78	154,41	144,15
F <sub>1</sub>	100	93,06	90,53	110,20	110,53
F <sub>2</sub>	100	106,59	119,77	132,93	131,91
F <sub>3</sub>	100	106,99	118,07	121,94	142,60
F <sub>4</sub>	100	110,96	137,81	153,44	142,57
F <sub>5</sub>	100	107,01	113,64	114,99	113,13
F <sub>6</sub>	100	116,20	120,35	124,09	127,09
F <sub>7</sub>	100	120,64	120,12	128,32	143,01

Tabela 12 - Porcentagem das esperanças de vida média ( $e_0^x$ ), em dias, calculadas em função das testemunhas consideradas como 100% para as fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas, durante 7 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
P	100	84,82	99,62	104,74	105,69
F <sub>1</sub>	100	118,68	111,30	129,53	131,88
F <sub>2</sub>	100	95,08	108,84	121,41	122,41
F <sub>3</sub>	100	102,82	123,40	149,96	149,19
F <sub>4</sub>	100	111,32	136,46	155,38	145,73
F <sub>5</sub>	100	108,87	114,55	124,13	117,89
F <sub>6</sub>	100	120,67	130,71	128,48	126,26
F <sub>7</sub>	100	119,94	114,89	124,48	142,53

Tabela 13 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), valores do teste F e estimativas dos parâmetros ( $\hat{a}$  e  $\hat{b}$ ) entre as esperanças de vida média ( $y$ ) de machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e as doses de radiação gama ( $x$ ), para as 7 gerações do inseto.

	Gerações							
	P	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>
Transformação da variável dependente	$y^{-1}$	$y^2$	$y^2$	$y^{-1}$	$y^{-1}$	$y^{-1}$	$y$	$y^{-1}$
Transformação da variável independente	$\sqrt{x}$	$x^{-1}$	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	LNx	LNx	LNx	LNx
$\hat{a}$	0,20	135,30	100,29	0,07	0,09	0,06	16,5	0,06
$\hat{b}$	$-1,29^{-3}$	0,02	1,49	$-3,92^{-4}$	$-3,68^{-3}$	$-1,06^{-3}$	0,53	$-1,92^{-3}$
$R^2$	0,88	0,80	0,95	0,98	0,93	0,97	0,99	0,96
Teste F	10,51*	5,33 ns	28,82*	78,37**	20,78*	43,14**	1208,63**	37,99**

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 14 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), valores do teste F e estimativas dos parâmetros ( $\bar{a}$  e  $\bar{b}$ ) entre as esperanças de vida média ( $y$ ) de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) e as doses de radiação gama ( $x$ ), para as 7 gerações do inseto.

	Gerações							
	P	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>	F <sub>5</sub>	F <sub>6</sub>	F <sub>7</sub>
Transformação da variável dependente	$y^2$	$y^{-1}$	$y^2$	LNy	$y^{-1}$	$y^{-1}$	$y^{-1}$	$y^2$
Transformação da variável independente	x	LNx	$\sqrt{x}$	$\sqrt{x}$	LNx	LNx	$x^{-1}$	x
$\bar{a}$	24,93	0,11	90,75	2,46	0,09	0,71	0,05	359,42
$\bar{b}$	$2,83^{-3}$	$-3,15^{-3}$	1,15	$8,49^{-3}$	$-4,13^{-3}$	$-1,57^{-3}$	0,01	0,08
$R^2$	0,68	0,91	0,93	0,91	0,94	0,95	0,97	0,92
Teste F	2,55 ns	14,09*	20,97*	14,12*	23,09*	28,08*	49,49**	16,27*

\*significativo ao nível de 5% de probabilidade

\*\*significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 15 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), valores do teste F e a estimativa dos parâmetros ( $\hat{a}$  e  $\hat{b}$ ) entre as esperanças de vida média ( $y$ ) de machos de *Za-brotes subfasciatus* (Boh.) e as gerações do inseto ( $x$ ), para todas as doses de radiação gama.

	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
Transformação da variável dependente	$y^{-1}$	$y^2$	$y^2$	$y^{-1}$	$y^{-1}$
Transformação da variável independente	$x^{-1}$	$x^2$	$x$	$x^{-1}$	$x^{-1}$
$\hat{a}$	0,04	65,89	-8,47	0,04	0,03
$\hat{b}$	0,15	5,74	54,94	0,09	0,11
$R^2$	0,95	0,97	0,99	0,99	0,97
Teste F	51,46**	105,93**	350,97**	165,38**	109,44**

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 16 - Coeficientes de determinação ( $R^2$ ), valores do teste F e estimativas dos parâmetros ( $\hat{a}$  e  $\hat{b}$ ) entre as esperanças de vida média ( $y$ ) de fêmeas de *Sabrotes subfasciatus* (Boh.) e as gerações do inseto ( $x$ ), para todas as doses de radiação gama.

	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
Transformação da variável dependente	$y^{-1}$	$y^2$	$y^{-1}$	$y^{-1}$	$y^{-1}$
Transformação da variável independente	$x^{-1}$	$x^2$	$x^{-1}$	$x^{-1}$	$x^{-1}$
$\hat{a}$	0,05	38,23	0,03	0,03	0,03
$\hat{b}$	0,14	5,87	0,15	0,15	0,14
$R^2$	0,98	0,98	0,99	0,98	0,98
Teste F	171,38**	129,23**	407,41**	198,29**	144,19**

\*\* significativo ao nível de 1% de probabilidade

Tabela 17 - Total de machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) nascidos a partir de insetos criados, por 7 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
F <sub>1</sub>	37	63	66	160	214
F <sub>2</sub>	97	344	341	709	1020
F <sub>3</sub>	353	1506	963	1439	1982
F <sub>4</sub>	1307	2982	1954	2029	1950
F <sub>5</sub>	2199	2925	2625	2435	3780
F <sub>6</sub>	3199	7012	6538	6730	10118
F <sub>7</sub>	7583	4108	5574	9605	6180



Tabela 18 - Total de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) nascidas a partir de insetos criados, por 7 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)				
	0	100	500	1500	3000
F <sub>1</sub>	25	72	64	136	188
F <sub>2</sub>	62	362	321	808	1029
F <sub>3</sub>	384	1560	1050	1526	2153
F <sub>4</sub>	1403	3179	1956	2095	2049
F <sub>5</sub>	2153	3093	2684	2488	3857
F <sub>6</sub>	3363	7237	7097	6792	10475
F <sub>7</sub>	7899	4223	5794	10528	6293

Tabela 19 - Relação irradiado/testemunha do total de machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) nascidos a partir de insetos criados, durante 7 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)			
	100	500	1500	3000
F <sub>1</sub>	1,70	1,78	4,32	5,78
F <sub>2</sub>	3,55	3,52	7,31	10,52
F <sub>3</sub>	4,27	2,73	4,08	5,61
F <sub>4</sub>	2,28	1,49	1,55	1,49
F <sub>5</sub>	1,33	1,19	1,11	1,72
F <sub>6</sub>	2,19	2,04	2,10	3,16
F <sub>7</sub>	0,54	0,74	1,27	0,81

Tabela 20 - Relação irradiado/testemunha do total de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) nascidas a partir de insetos criados, durante 7 gerações, em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

Gerações	Doses (krad)			
	100	500	1500	3000
F <sub>1</sub>	2,88	2,56	5,44	7,52
F <sub>2</sub>	5,84	5,18	13,03	16,59
F <sub>3</sub>	4,06	2,73	3,97	5,61
F <sub>4</sub>	2,27	1,39	1,49	1,46
F <sub>5</sub>	1,44	1,25	1,16	1,79
F <sub>6</sub>	2,15	2,11	2,02	3,11
F <sub>7</sub>	0,53	0,73	1,33	0,79

## 5. ANÁLISE DOS RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como a discussão deste trabalho se baseará, em sua maior parte, na interpretação gráfica dos resultados obtidos, julgamos ser oportuna a colocação das figuras neste capítulo.

### 5.1. Primeiro Experimento

Com os valores das Tabelas 1 e 2 foram construídas as Figuras 1 e 2, que mostram as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos e fêmeas, respectivamente, do *Zabrotes subfasciatus*, criados em feijão irradiado com várias doses, para cada uma das 5 gerações. Com os mesmos valores dessas Tabelas, foram construídas as Figuras 5 e 6, que mostram os efeitos dos feijões irradiados nas esperanças de vida médias dos insetos, para cada nível de dose, durante as 5 gerações.

As Figuras 3 e 4 mostram as relações entre as doses de radiação gama e esperanças de vida média dos machos

e fêmeas, criados em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%. Esses gráficos foram extraídos dos valores das Tabelas 3 e 4. Nas Figuras 7 e 8 estão as relações entre as gerações e as esperanças de vida média dos machos e das fêmeas, respectivamente, em relação às testemunhas, consideradas como 100%.

Embora estejam representadas em todas as figuras, as esperanças de vida dos insetos da geração inicial (P), é interessante salientar que esses insetos são provenientes de feijão não irradiado.

Pela Figura 1 nota-se que os machos nascidos no feijão irradiado com 10 krad, tiveram as suas longevidades aumentadas em todas as gerações. Isto pode ser melhor observado na Figura 5.

Nas gerações  $F_1$  e  $F_4$  os machos criados em feijão irradiado viveram mais que os machos das testemunhas. Nas demais gerações, com exceção da dose de 10 krad, ocorreu o contrário, como pode ser observado na Figura 3. Pela Figura 7 pode-se observar que na geração  $F_1$  as longevidades foram maiores nas doses de 20 e 100 krad do que nas demais doses e, na geração  $F_4$ , nas doses de 10 e 100 krad. Além disso, na dose de 200 krad, as longevidades dos machos foram as que mais se aproximaram às das testemunhas, em todas as gerações.

Os resultados obtidos para as fêmeas foram seme

lhantes aos dos machos como pode ser visto nas Figuras 2, 4, 6 e 8. As fêmeas também tiveram suas longevidades aumentadas em todas as gerações, quando alimentadas com feijão irradiado com 10 krad (Figuras 2 e 6).

Na geração  $F_1$ , com exceção da dose de 20 Krad e na  $F_4$ , com exceção das doses de 20 e 200 krad, que praticamente se igualaram às testemunhas, as fêmeas criadas em feijão irradiado viveram mais que as fêmeas das testemunhas, ao contrário das demais gerações, com exceção da dose de 10 krad (Figura 4). Tanto na geração  $F_1$  como na  $F_4$ , as longevidades foram maiores com as doses de 10 e 100 krad (Figura 8). Também as fêmeas criadas em feijão irradiado com 200 krad apresentaram as longevidades mais próximas às das testemunhas, com exceção da geração  $F_4$ .

Comparando-se as Figuras 5 e 6, verifica-se que, com exceção da geração  $F_2$ , em que as fêmeas viveram bem mais do que os machos, tanto no feijão irradiado com 10 krad como no controle, as longevidades foram semelhantes em todas as gerações, para todas as doses.

Os resultados (Figuras 7 e 8) indicam claramente que a alimentação com feijão irradiado com 10 krad foi favorável aos insetos, pois eles viveram mais em relação à testemunha em todas as gerações. Nas demais doses, embora os resultados sejam divergentes entre as gerações, percebe-se

que o feijão irradiado modificou a longevidade dos insetos.

Os dados apresentados nas Tabelas 7 e 8, e os gráficos das Figuras 9 e 10, evidenciam que, de um modo geral, houve um aumento do número de descendentes, tanto machos como fêmeas, provenientes do alimento irradiado, já a partir da geração  $F_1$ . Na geração  $F_3$ , esse aumento acentuou-se, e na  $F_4$  tornou-se bastante reduzido. Pode-se notar, também, uma tendência dos números desses descendentes se igualarem aos da tes temunha a partir da geração  $F_5$ .

Pode-se concluir pelos resultados deste experimento inicial que os insetos criados no feijão irradiado com 10 krad tiveram sua longevidade aumentada. Nas demais doses, embora os resultados sejam divergentes, não se pode afirmar que o feijão irradiado tenha sido desfavorável à longevidade dos insetos. Quanto à prolificidade, os resultados mostram um e feito favorável do feijão irradiado com todas as doses.

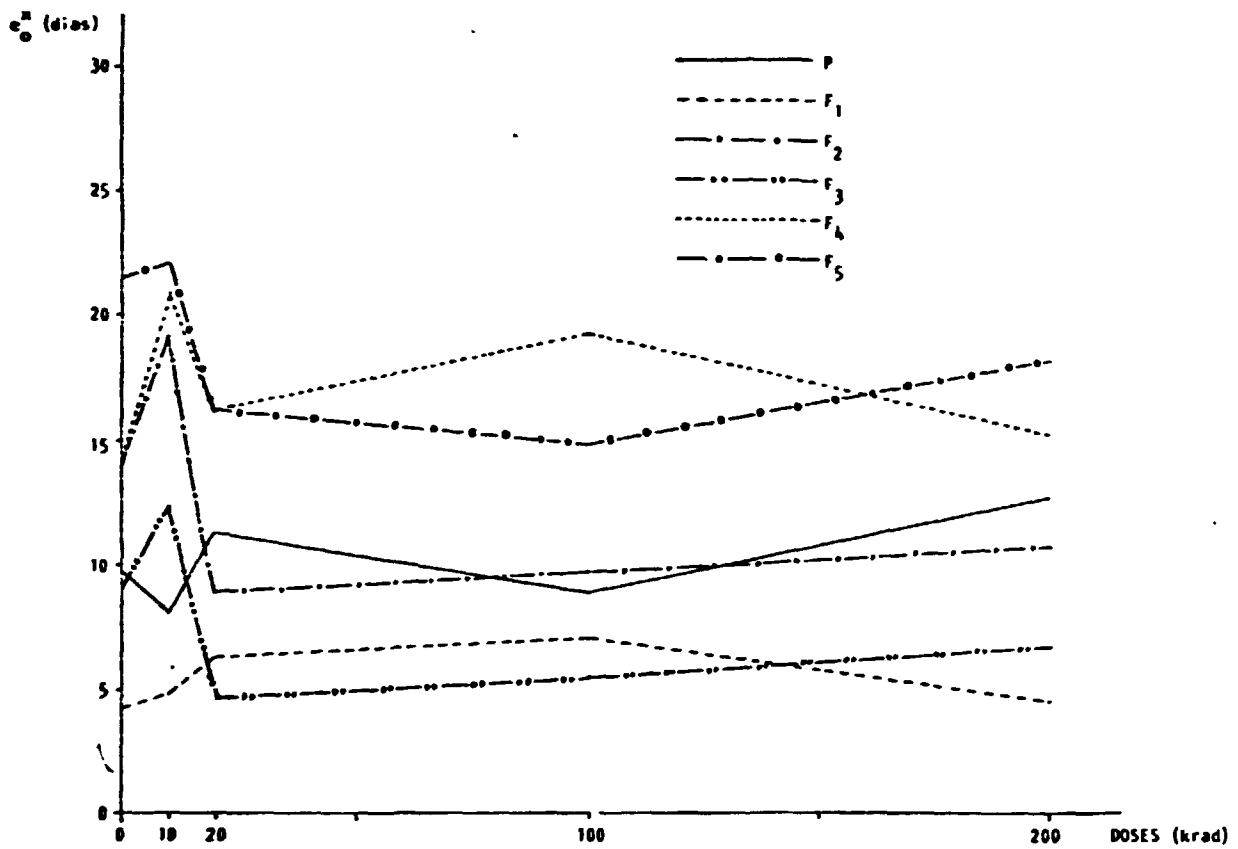


Figura T - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados durante 5 gerações em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.



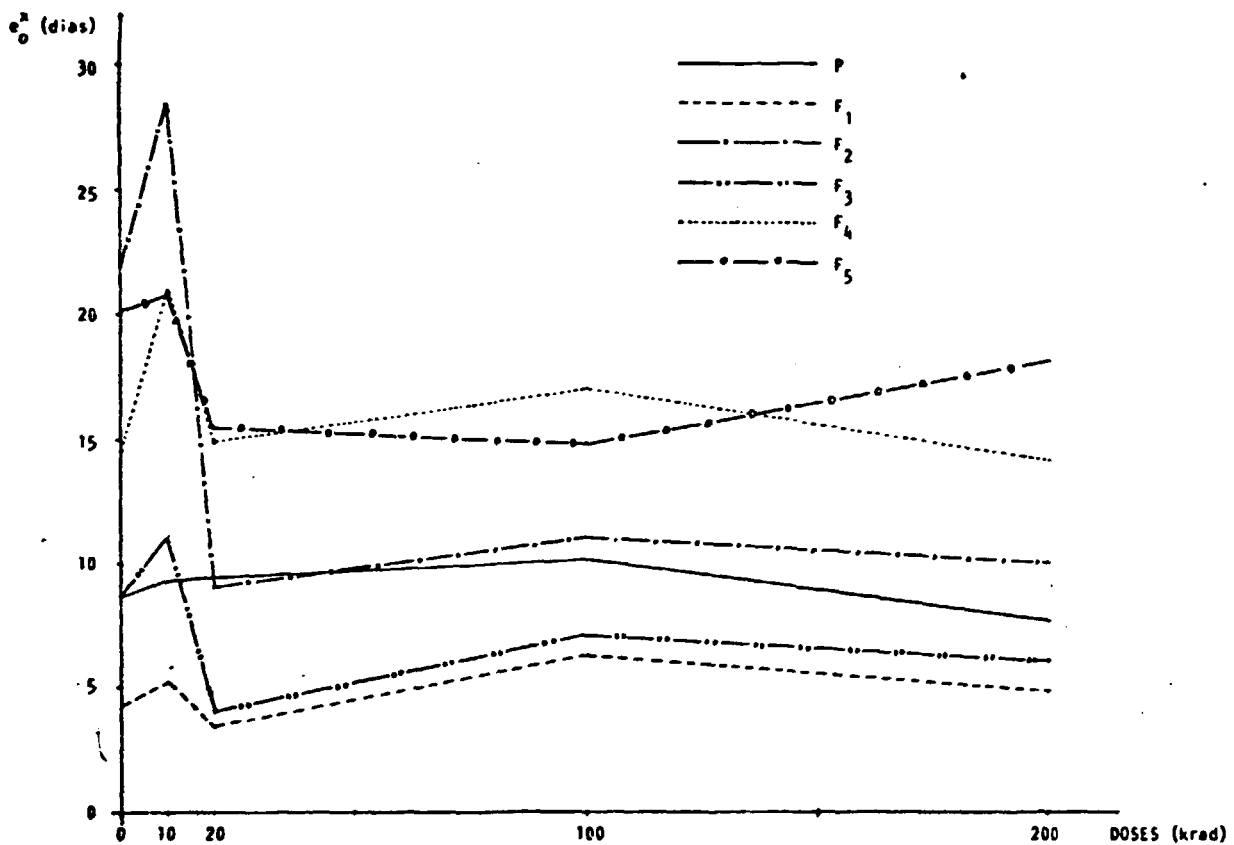


Figura 2 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas durante 5 gerações em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

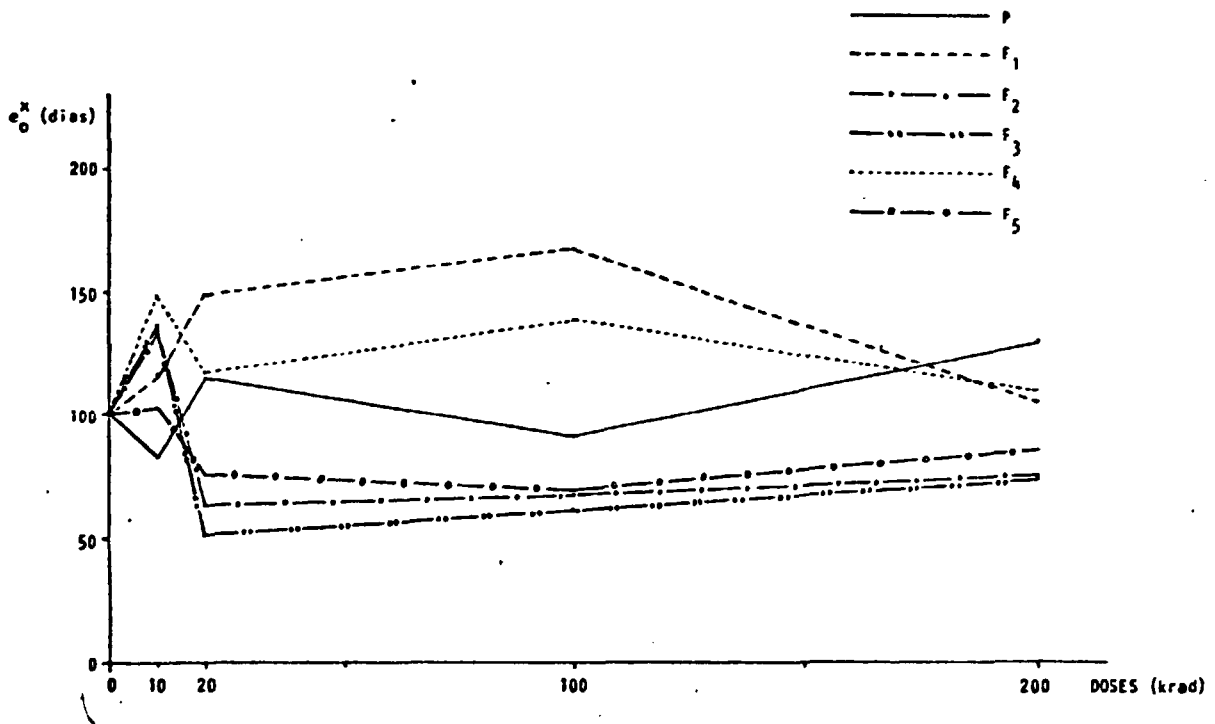


Figura 3 - Relação entre dosagens de radiação gama e esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus*, criados em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

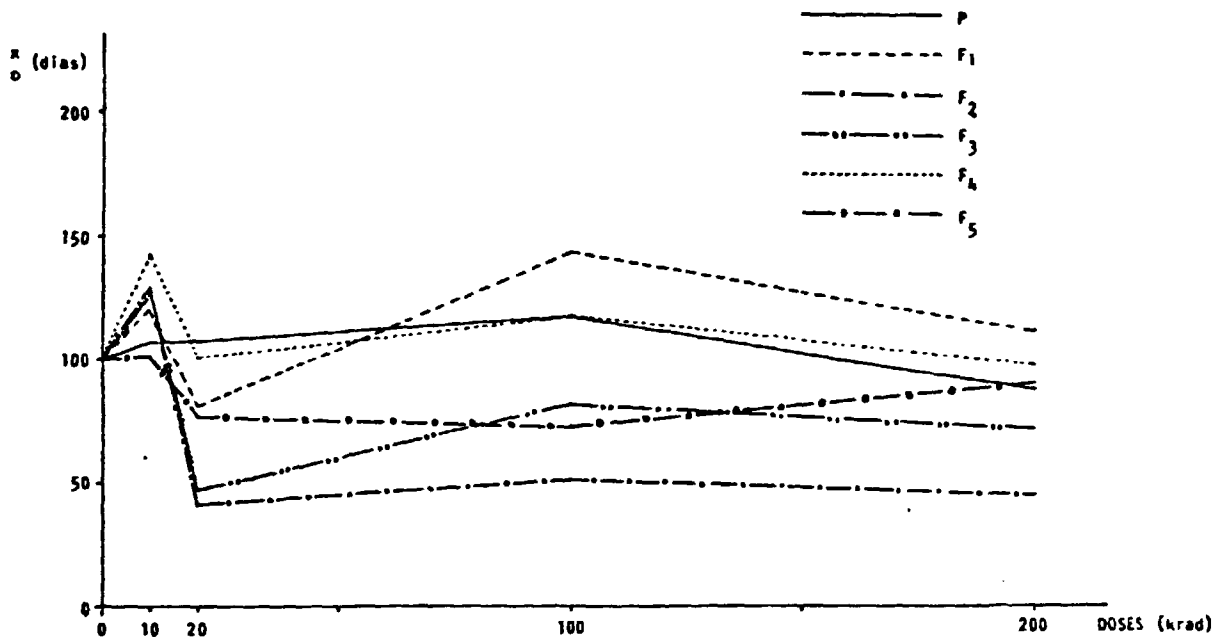


Figura 4 - Relação entre dosagens de radiação gama e esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

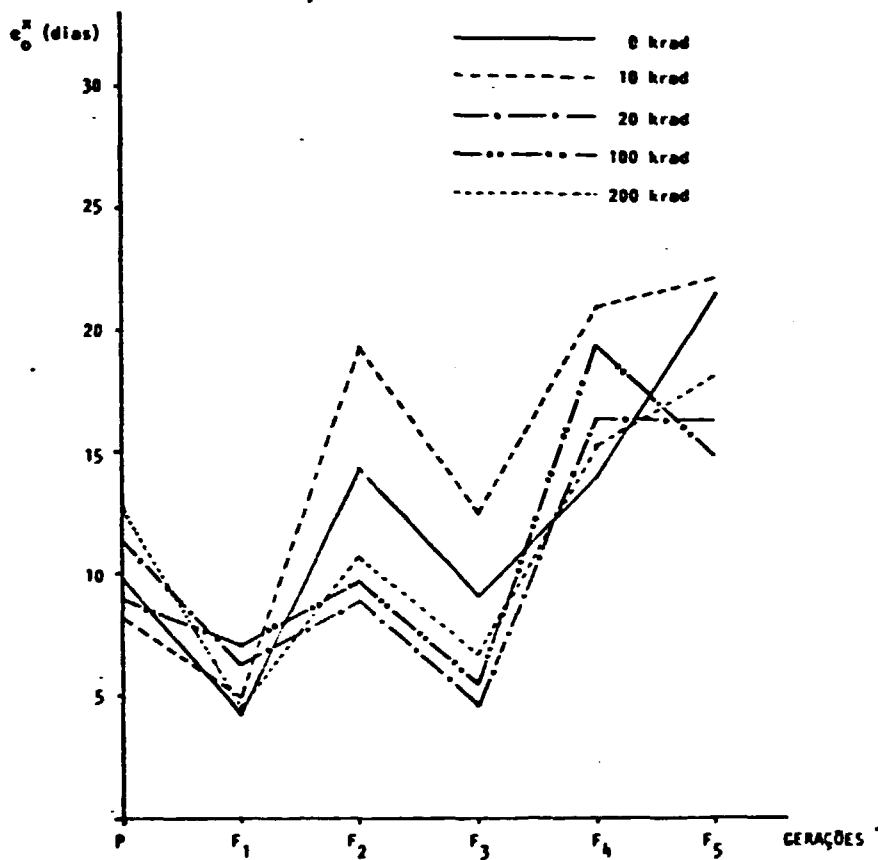


Figura 5 ] Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado durante 5 gerações.

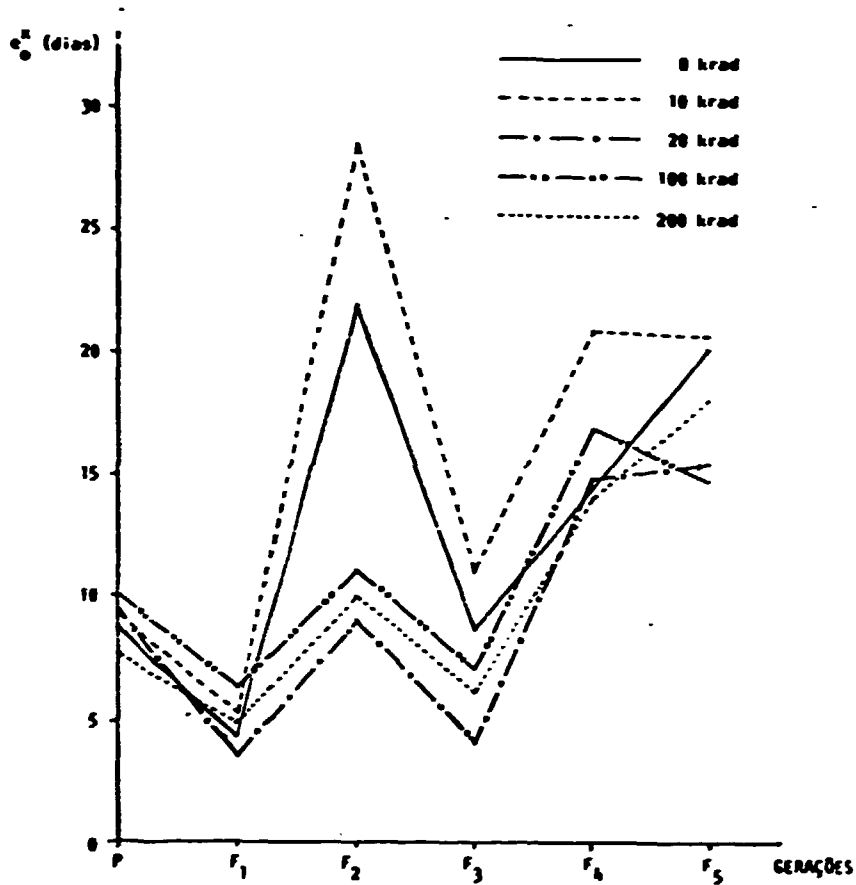


Figura 6 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotus subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado, durante 5 gerações.

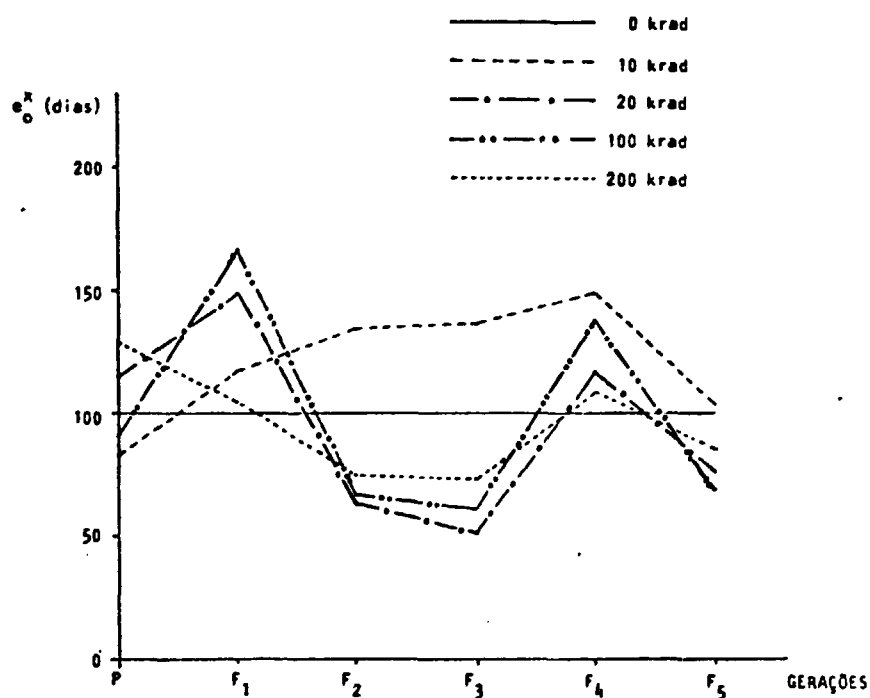


Figura 7 - Relação entre as gerações e as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

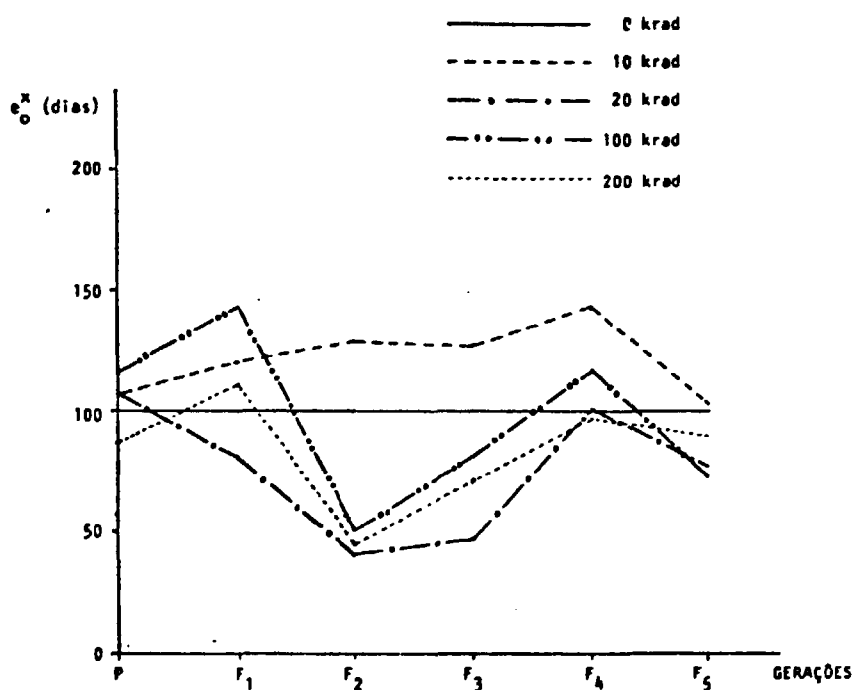


Figura 8 - Relação entre as gerações e as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

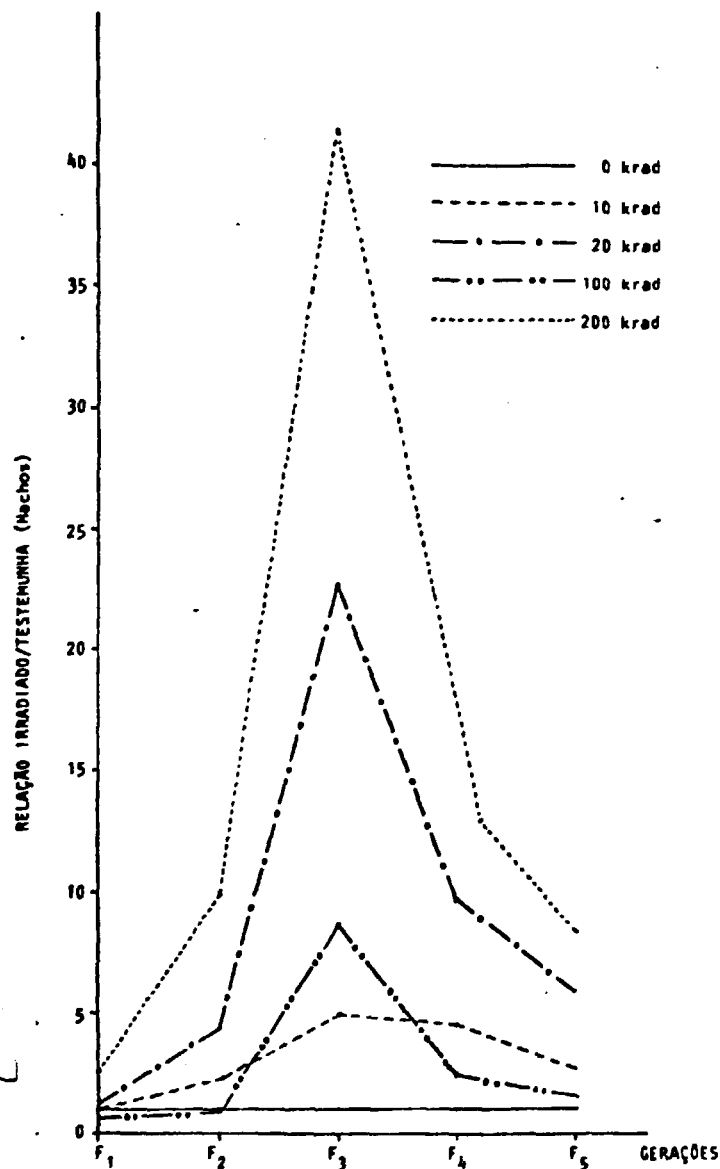


Figura 9 - Gráfico da relação irradiado/testemunha entre gerações e total de mactos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado.

N.º 35907  
ESCOLA SUPERIOR DE  
AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"  
— BIBLIOTECA —



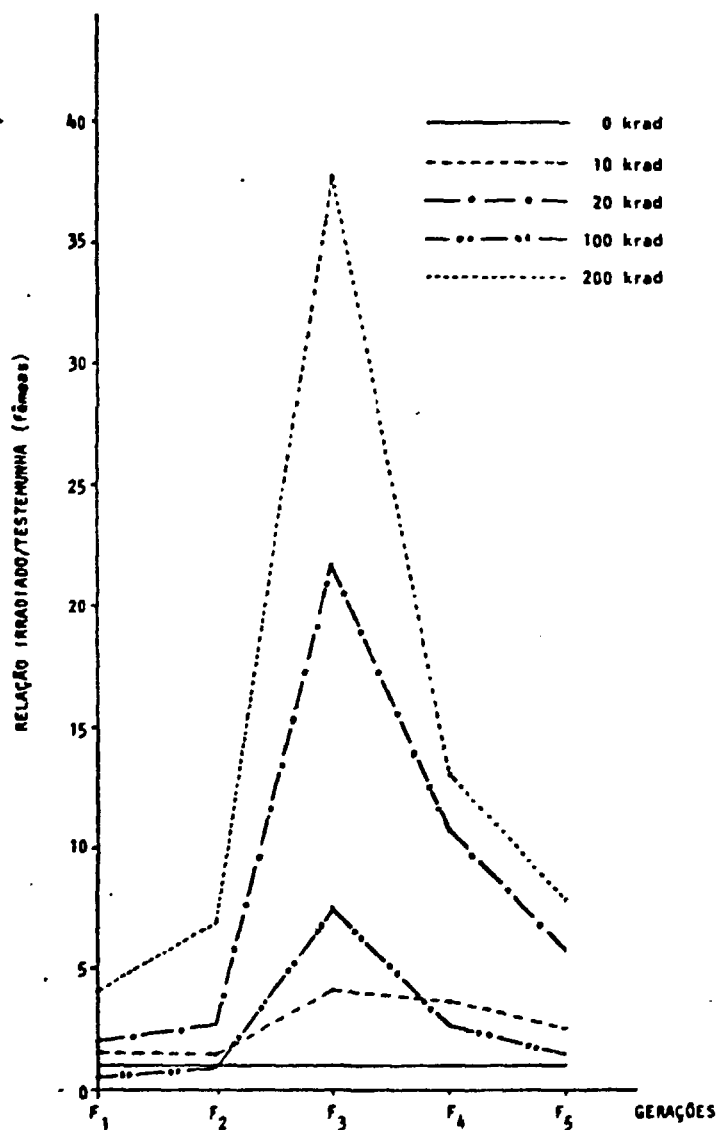


Figura 10 - Gráfico da relação irradiado/testemunha entre gerações e total de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado.

## 5.2. Segundo Experimento

As Figuras 11 e 12 foram construídas com os valores das Tabelas 9 e 10. Essas figuras mostram as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos e fêmeas de *Zabrotes subfasciatus*, respectivamente, produzidos em feijão irradiado com várias doses, para cada uma das sete gerações. Com esses mesmos valores, foram construídas as Figuras 15 e 16, que mostram os efeitos dos feijões irradiados nas esperanças de vida média dos insetos, para cada nível de dose, durante as 7 gerações.

Nas Figuras 13 e 14 observam-se as relações entre as doses de radiação gama e esperanças de vida média dos machos e fêmeas, criados em feijão irradiado, em relação às testemunhas, consideradas como 100%. Foram construídos os gráficos com os valores das Tabelas 11 e 12. Nas Figuras 17 e 18 estão as relações entre as gerações e as esperanças de vida média dos machos e fêmeas, respectivamente, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

Analisando-se as Figuras 11, 13, 15 e 17, percebe-se claramente que houve um aumento da longevidade dos machos provenientes do alimento irradiado, em relação às testemunhas.

Apenas na geração  $F_1$ , como pode ser visto nas Figuras 13 e 17, houve um decréscimo da longevidade dos machos provenientes do feijão irradiado com as doses de 100 e 500

krad. Nas demais doses, as esperanças de vida média praticamente se igualaram à testemunha.

Nas Figuras 11 e 13 observa-se que, para as gerações  $F_2$  e  $F_6$  houve um aumento da longevidade em relação ao aumento da dose até 1500 krad. Com a dose de 3000 krad, a longevidade foi praticamente a mesma observada na dose de 1500 krad. Na geração  $F_3$  a longevidade aumentou de acordo com o aumento da dose, até 3000 krad. Nas gerações  $F_4$  e  $F_5$ , os aumentos ocorreram até a dose de 1500 krad, havendo um pequeno declínio na dose de 3000 krad. Na geração  $F_7$  houve um aumento com a dose de 100 krad e outro em 3000 krad. Entre as doses de 100 e 500 krad, praticamente não houve diferença na longevidade.

A análise da variância (Tabela 13) mostra que houve diferenças significativas nas esperanças de vida média dos machos entre cada uma das gerações, com exceção da  $F_1$ , para todas as doses de radiação gama. Essas diferenças foram altamente significantes (1% de probabilidade) para as gerações  $F_3$ ,  $F_5$ ,  $F_6$  e  $F_7$ , e significantes (5% de probabilidade) para as gerações  $F_2$  e  $F_4$ .

Os resultados da análise da variância (Tabela 15) revelam que os machos responderam significativamente, quanto à sua longevidade, à alimentação irradiada com cada uma das doses de radiação gama.

Para as fêmeas também se observa, pelas Figuras 12, 14, 16 e 18, um aumento da longevidade em relação ao alimento irradiado, para todas as gerações, comparando-se com a testemunha.

Analisando-se as Figuras 12 e 14, observa-se que na geração  $F_1$  a longevidade das fêmeas aumentou no feijão irradiado com 120 krad, teve uma pequena diminuição com 500 krad e aumentou novamente com 1500 krad. Para a dose de 3000 krad, os resultados foram praticamente iguais aos da dose de 1500 krad.

Na geração  $F_2$ , a longevidade teve uma pequena diminuição em relação à testemunha com 100 krad, aumentando com as doses de 500 e 1500 krad, permanecendo praticamente com os mesmos valores na dose de 3000 krad.

Nas gerações  $F_4$  e  $F_5$  os aumentos ocorreram até 1500 krad, havendo um pequeno declínio na dose de 3000 krad. Na geração  $F_3$  a longevidade aumentou, de acordo com o aumento da dose, até 1500 krad. Com a dose de 3000 krad, a longevidade foi quase a mesma observada com 1500 krad. Na geração  $F_6$  as longevidades aumentaram com 100 e 500 krad e tiveram ligeiro declínio com 1500 e 3000 krad. E, na geração  $F_7$ , o aumento da longevidade ocorreu de acordo com o aumento da dose, com exceção da dose de 3000 krad.

A análise de variância (Tabela 14) mostrou que houve diferenças significativas nas esperanças de vida média

das fêmeas, entre cada uma das gerações, para todas as doses de radiação gama. Esses resultados foram altamente significantes para a geração  $F_6$  (1% de probabilidade) e significantes (5% de probabilidade) para as demais gerações.

Tal como ocorreu para os machos, os resultados da análise da variância (Tabela 16) mostram que as fêmeas responderam significativamente, quanto à sua longevidade, ao alimento irradiado com cada uma das doses de radiação gama.

Pelos dados das Tabelas 19 e 20 e pelos gráficos das Figuras 19 e 20, verifica-se que o número de descendentes, tanto machos como fêmeas, provenientes do alimento irradiado, aumentou já na geração  $F_1$ . Na geração  $F_3$  esse aumento foi bem maior, diminuindo bastante nas gerações  $F_4$  e  $F_5$ . Na geração  $F_6$  houve novamente um pequeno aumento, diminuindo na geração  $F_7$ , onde, como aconteceu no experimento inicial, nota-se uma tendência do número de descendentes provenientes do alimento irradiado se igualarem aos da testemunha.

^  
Neste segundo experimento nota-se que o feijão irradiado com doses até 3000 krad foi favorável tanto à longevidade quanto à reprodução de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). Verifica-se também que a longevidade e a reprodução foram maiores nas doses de 1500 e 3000 krad.

A maioria dos estudos com insetos criados em dietas irradiadas tem mostrado que essas dietas não são prejudici-

ais ao desenvolvimento, ao comportamento e à produção da progênie desses insetos. Isso acontece tanto com doses baixas como com doses altas, como se pode observar pelos trabalhos de CORNWELL e BURSON (1958), HODGES e GUYER (1958), BROWER *et alii* (1971), TILTON *et alii* (1973), BROWER e TILTON (1973), AHMED *et alii* (1977) e LOAHARANU (1979). Outros estudos mostram que a alimentação com dietas irradiadas foram favoráveis ao desenvolvimento dos insetos (AYALA, 1969; BAGHERI, 1969; WIENDL *et alii*, 1974, com a dose de 20 krad; WIENDL e ARTHUR, 1974 e WIENDL *et alii*, 1975), com os quais estão de acordo os resultados obtidos neste trabalho. Para JARRAYA (1969), SEUGE *et alii* (1971), WIENDL *et alii* (1974), com as doses de 100, 500 e 1500 krad, e MORERE e SEUGE (1976), porém, os resultados foram desfavoráveis aos insetos.

Como já foi discutido anteriormente, os resultados obtidos neste estudo mostram que, de uma maneira geral, o feijão irradiado foi favorável à longevidade e à prolificidade dos insetos da espécie *Zabrotes subfasciatus* (Boh.). Baseado nisso, pode-se dizer que o valor nutricional do feijão melhorou com a irradiação. Isso poderia ser devido a uma quebra das proteínas de cadeia longa em aminoácidos essenciais para o crescimento e desenvolvimento dos insetos, tornando-os mais assimiláveis pelo organismo. De acordo com HOUSE (1972), esses aminoácidos são, geralmente, arginina, histidina, isoleucina, leucina, lisina, metionina, fenilalanina, treonina, triptofano e valina.

Uma outra hipótese seria a remoção, principalmente, com as doses de 1500 e 3000 krad, de alguns microorganismos, favorecendo, com isto, a longevidade e a prolificidade.

Resta salientar que os resultados obtidos neste trabalho não provam que dietas contendo feijão irradiado são seguras para o consumo pelos mamíferos, mas mostram que para o *Za brotes subfasciatus* (Boh.), o feijão irradiado não foi prejudicial ao seu desenvolvimento, deixando claro que não houve formação de substâncias tóxicas no substrato.

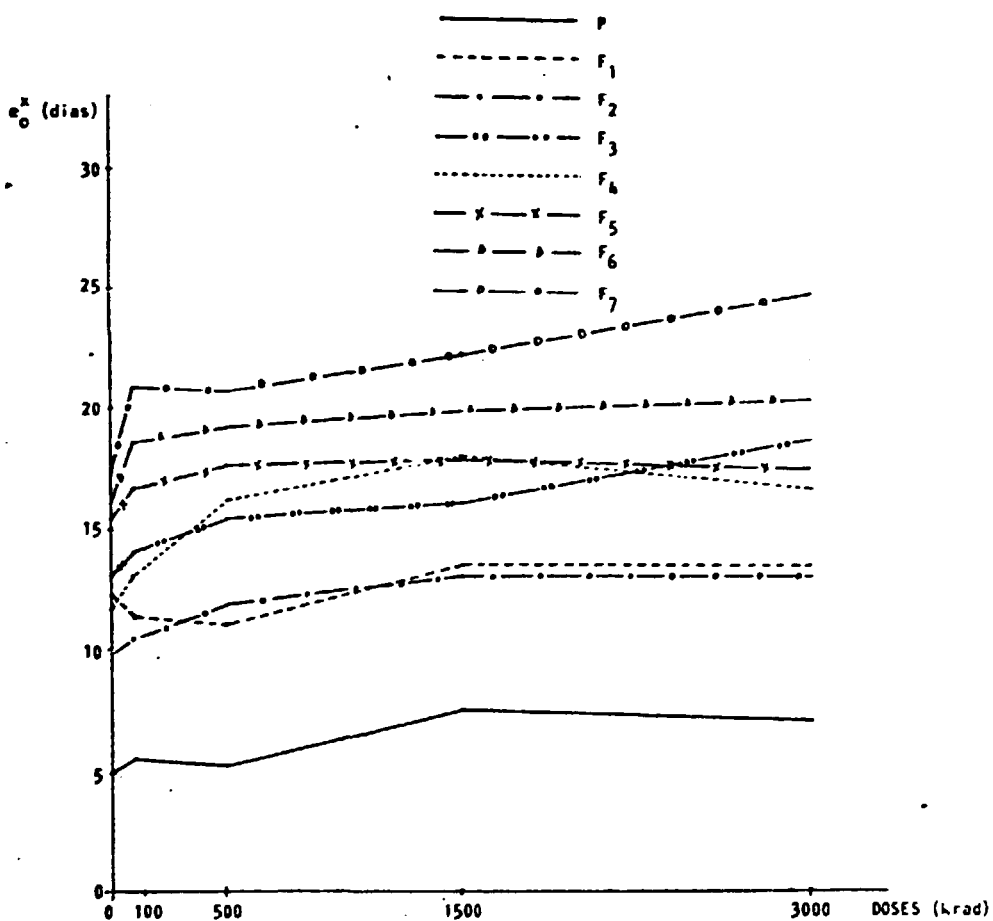


Figura 11 - Esperanças de vida média ( $e^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados durante 7 gerações em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.



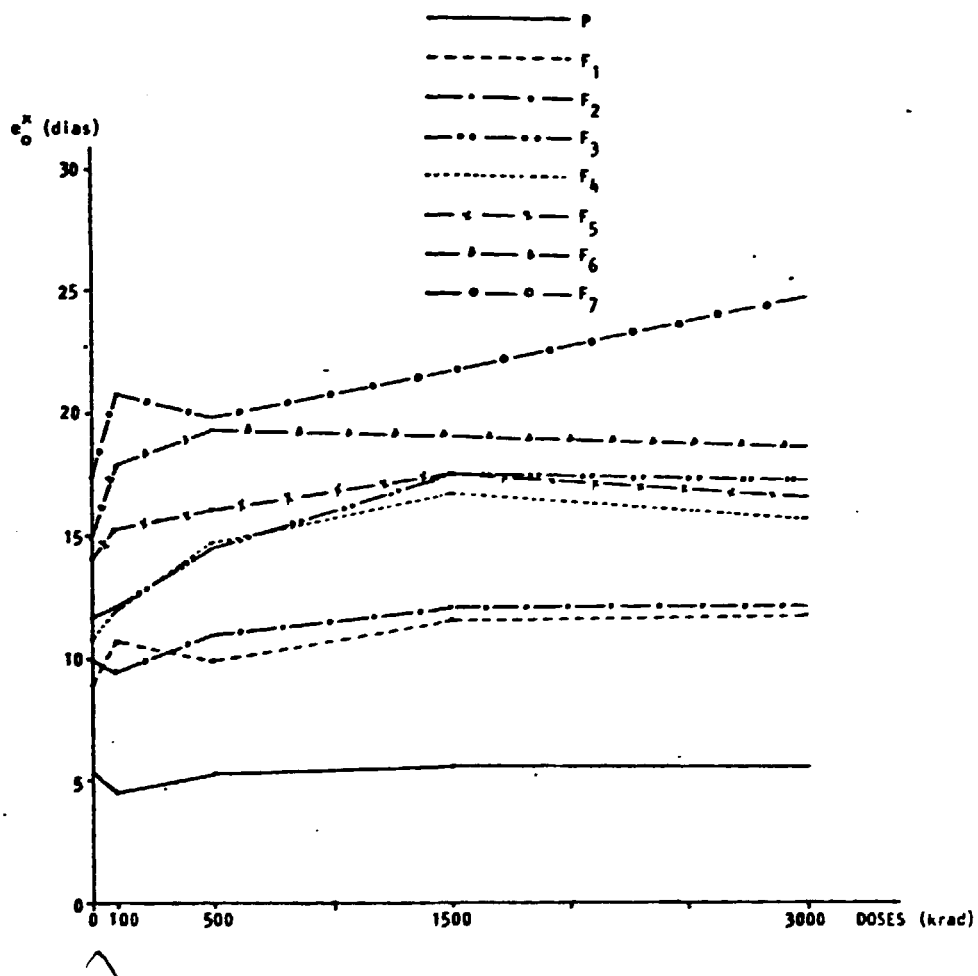


Figura 12 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas durante 7 gerações em feijão irradiado com diferentes doses de radiação gama.

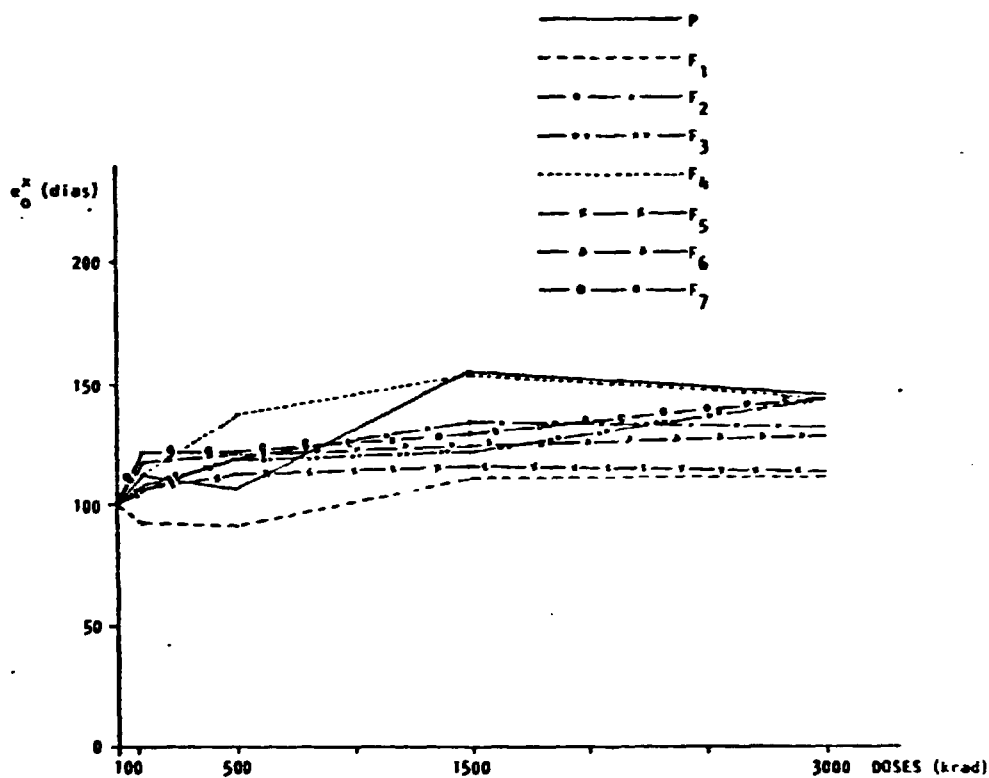


Figura 13 - Relação entre dosagens de radiação gama e esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

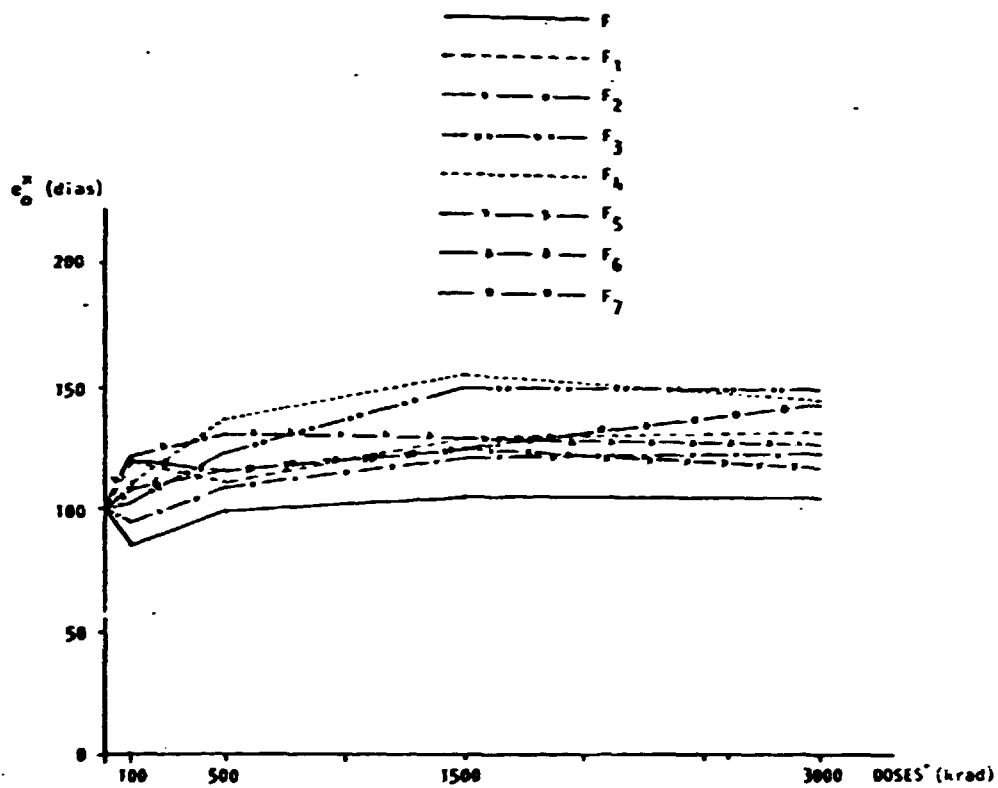


Figura 14 - Relação entre dosagens de radiação gama e esperanças de vida média ( $e_o^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

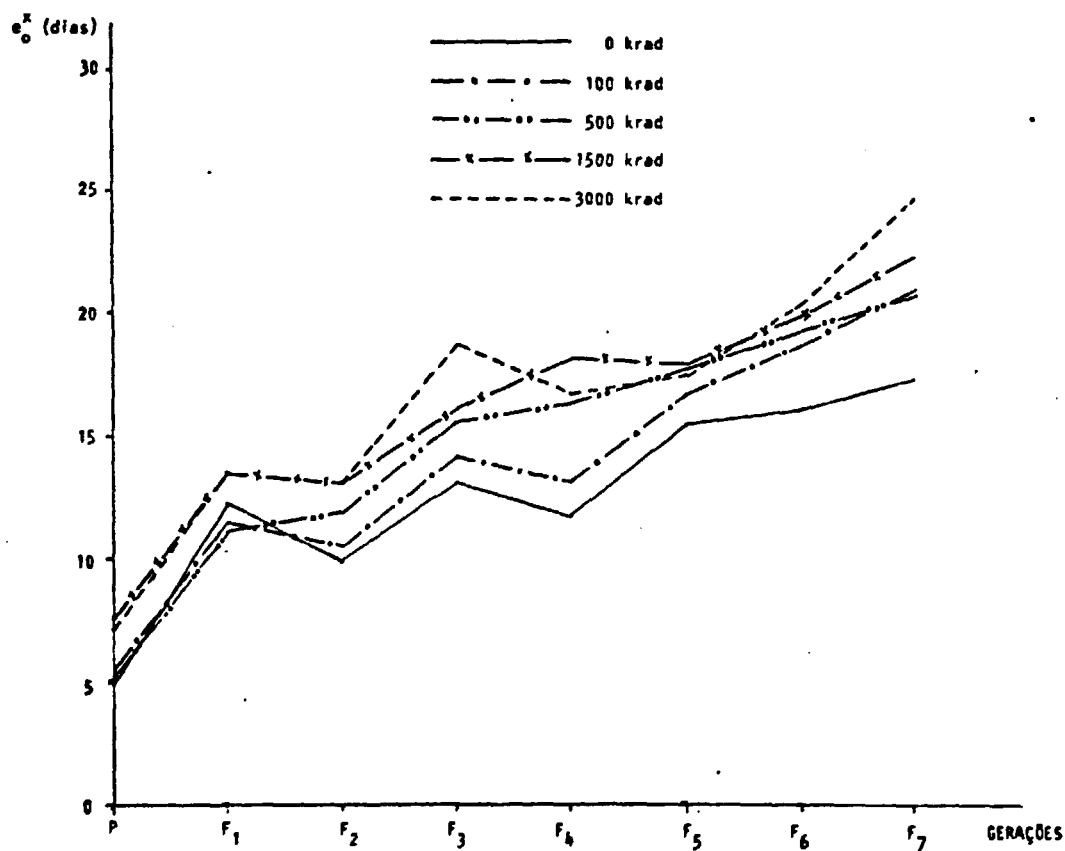


Figura 15 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado durante 7 gerações.

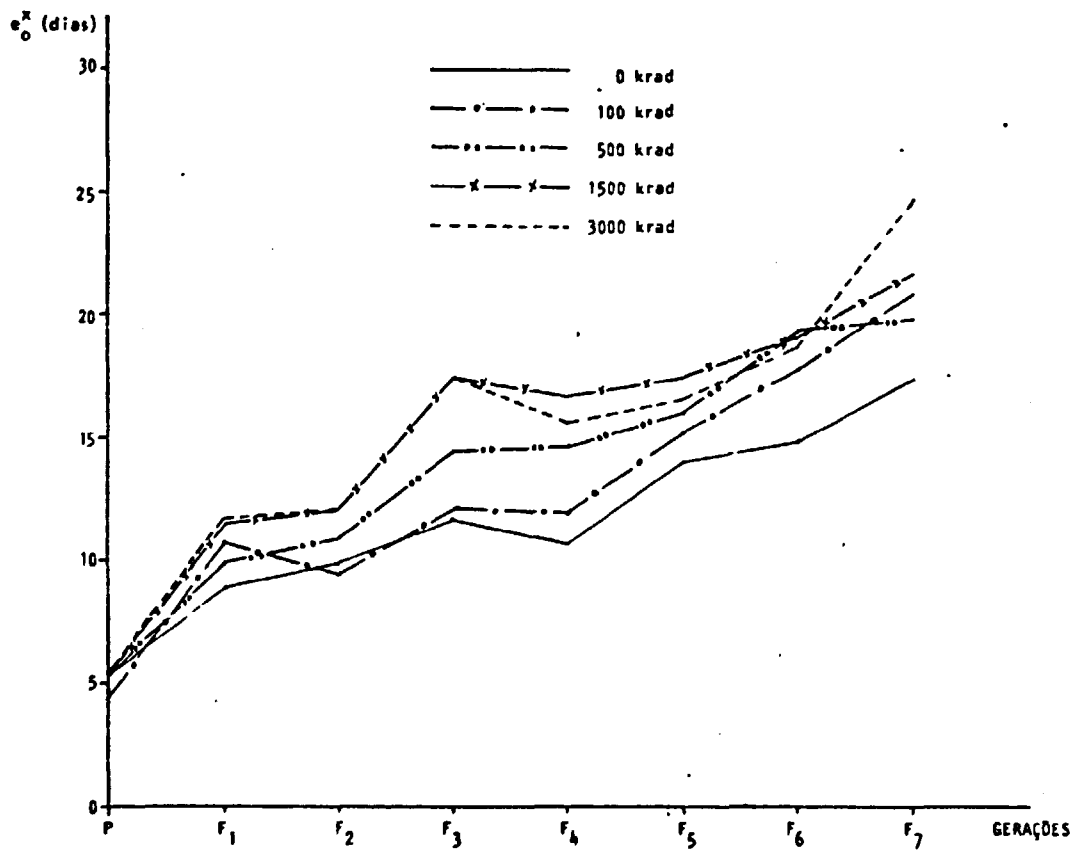


Figura 16 - Esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas com feijão irradiado durante 7 gerações.

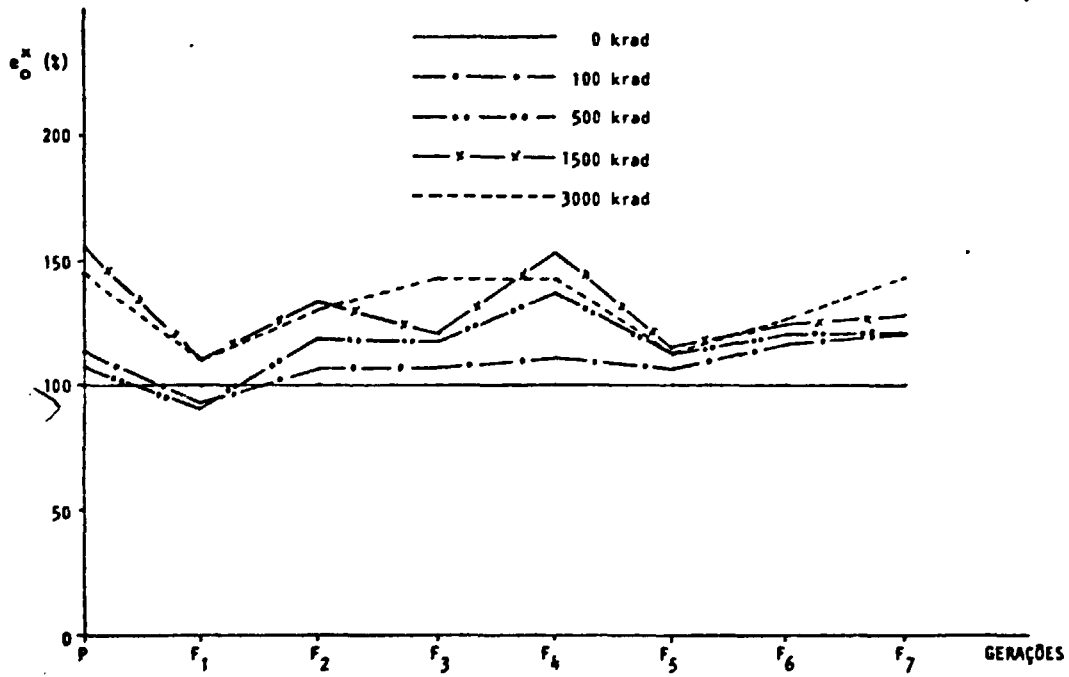


Figura 17 - Relação entre as gerações e as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) dos machos de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criados em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

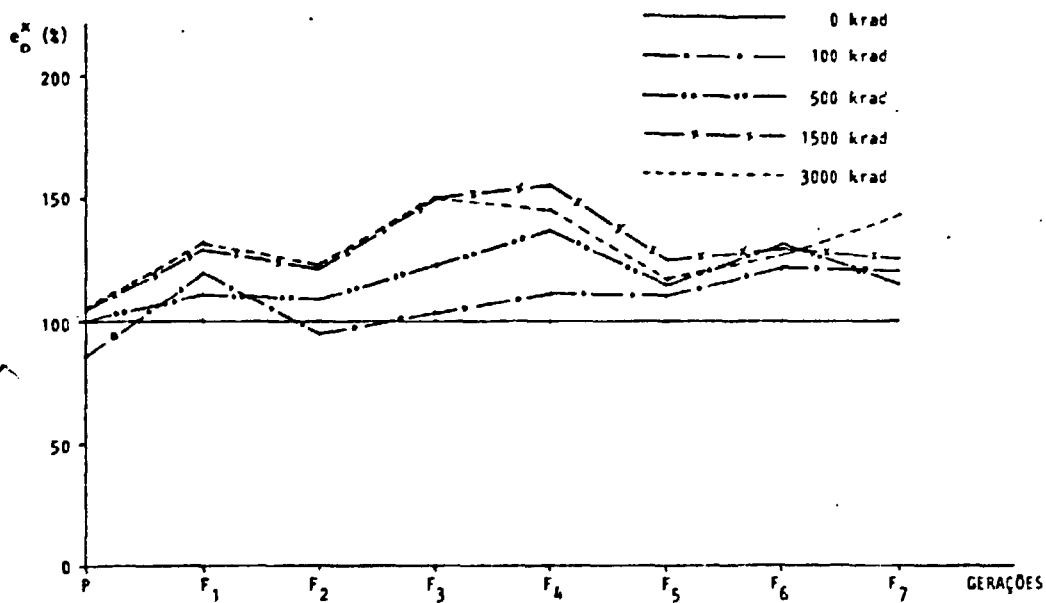


Figura 18 - Relação entre as gerações e as esperanças de vida média ( $e_0^x$ ) das fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado, em relação às testemunhas consideradas como 100%.

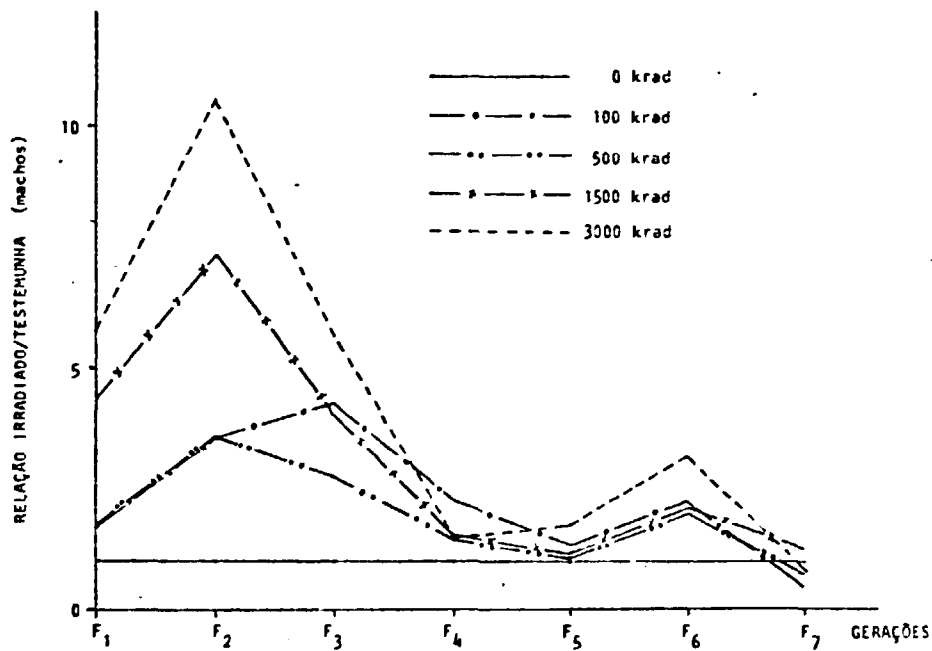


Figura 19 - Gráfico da relação irradiado/testemunha entre gerações e total de machos de *Zabrotes subfasciatus* (Bch.), criados em feijão irradiado.



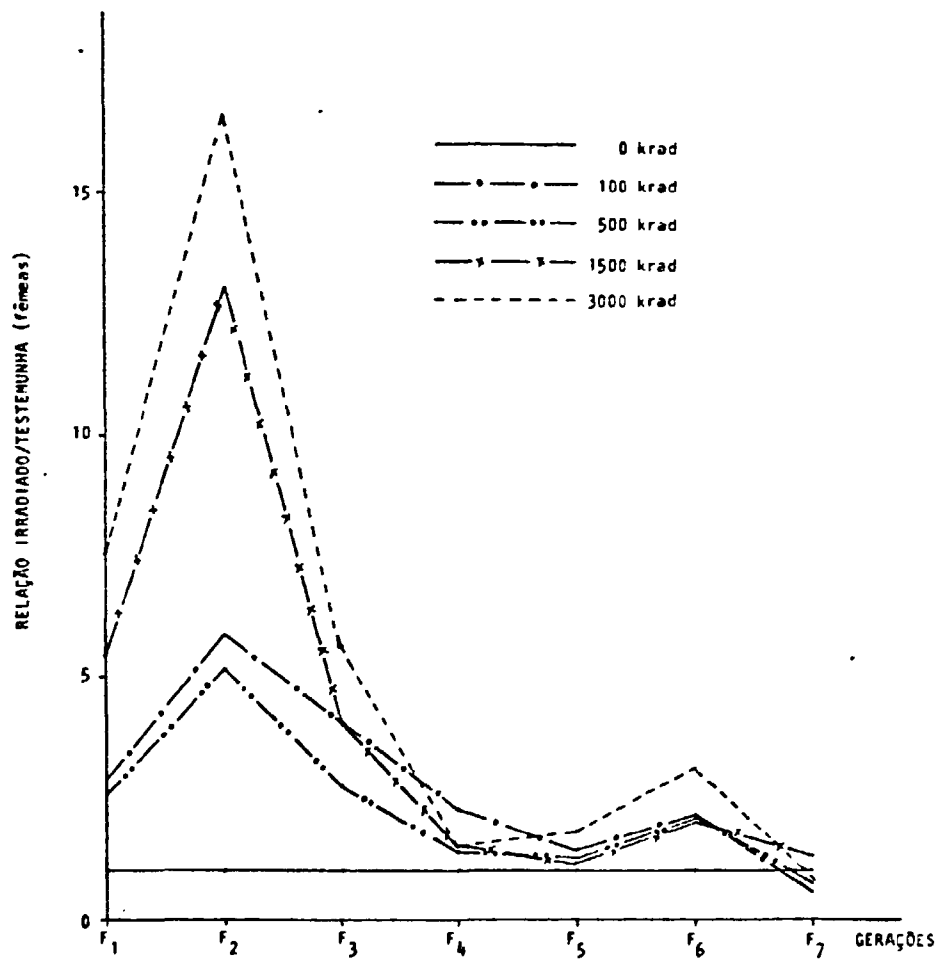


Figura 20 - Gráfico da relação irradiado/testemunha entre gerações e total de fêmeas de *Zabrotes subfasciatus* (Boh.), criadas em feijão irradiado.

<

## 6. CONCLUSÕES

Com base nos resultados obtidos e nas condições de realização do experimento, pode-se concluir que:

a) a irradiação modificou as qualidades nutritivas do feijão, modificando, portanto, o desenvolvimento do *Zabrotes subfasciatus* (Boh.);

b) a longevidade e o número de descendentes obtidos foram alterados para mais, em comparação às testemunhas, quando os insetos se alimentaram de feijão irradiado. Esse aumento foi relativamente maior com as doses maiores, ou seja, 1500 e 3000 krad.

## 7. LITERATURA CITADA

AHMED, M.S.H.; S.B. LAMDOZA; N.A. OUDA e J. FARKAS, 1977. The effect of irradiated dates on the development of *Oryzaephilus surinamensis* (L.), Coleoptera, Cucujidae. *Acta Alimentaria*, 6: 181-192.

AYALA-BAHENA, M.B., 1969. Biologie comparée de la reproduction e du développement de *Tribolium confusum* (du Val) (Coleoptère, Ténébrionidae) élevé sur denrées irradiés et sur denrées normales. Paris, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 79 p. (Tese de Doutorado).

BAGHERI, Z.E., 1969. Influence de l'irradiation des grains de blé sur le développement et la reproduction de *Sitophilus granarius* (L.) (Col. Curculionidae). Paris, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 82 p. (Tese de Doutorado).

BAPCLAY, G.W., 1956. *Techniques of population analyses*.

London, John Wiley and Sons, Inc. 311 p.

BROWER, J.H. e E.W. TILTON, 1973. Development and fecundity of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hubner), reared on diets of irradiated nutmeats. *International Journal of Applied Radiation and Isotopes*, 24: 327-331.

BROWER, J.H.; E.W. TILTON e R.R. COGBURN, 1971. Effects of irradiated diets on production of progeny by several successive generation of the Indian meal moth, *Plodia interpunctella* (Hbn.). *Rad. Res.*, 48: 283-290.

CARVALHO, R.P.L. e C.J. ROSSETTO, 1966. Biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) (Coleoptera, Bruchidae). *Revista Brasileira de Entomologia*, São Paulo, 13: 105-117.

CORNWEL, P.B. e D.M. BURSON, 1958. Grain weevils, *Calandra granaria* and *C. oryzae* L. reared on irradiated wheat. *Nature*, 181: 1744-1748.

FAO, 1975. El Estado Mundial de la Agricultura y la Alimentación. Roma. 223 p.

HODGES, R. e G. GUYER, 1958. The effects of an irradiated wheat diet on the confused flour beetle granary weevil and the angoumois grain moth. *J. Econ. Entomol.*, 51: 674-675.

HOSSAIN, M.N.; A.S.M. MOLLAH e M.V. MALIK, 1967. Études sur une population experimentale de *Drosophila melanogaster* élevée sur un aliment a base de bananes irradiées. *Food*

*Irrad. Infl.*, 7: 49-53.

HOUSE, H.L., 1972. Insect nutrition. *In: Biology of nutrition.*

R.N. FIENNES. I.E.F.N. v. 18. Oxford e New York, Pergamon Press, p. 513-573.

JARRAYA, M.A., 1969. Influence de l'alimentation avec des Denrées normales ou irradiées sur l'ovogenese et la fecondité d'*Oryzaephilus surinamensis*. Paris, Faculté des Sciences de l'Université de Paris, 84 p. (Tese de Doutorado).

KESAVAN, P.C. e M.S. SWAMINATHAN, 1971. Cytotoxic and mutagenic effects of irradiated substrates and food material. *Radiation Botany*, 11: 253-281.

LOAHARANU, S., 1978. Feeding studies of irradiated foods with insects. *In: IAEA, Food preservation by irradiation.* Vienna, 2: 113-131.

MORÈRE, J.L. e J. SEUGE, 1976. Effect of natural or artificial preirradiated food on the life history of two unirradiated insects: mealy bugs (*Pseudaulacaspis pentagona* Targ.) and Indian meal moths (*Plodia interpunctella* Hubner). *Rad. Rec.*, 67: 120-127.

SEUGE, J.; J.L. MORÈRE e C. FERRADINI, 1971. Effect of food preirradiation on the fecundity of two insects: mealy bugs (*Pseudaulacaspis pentagona* Targ.) and Indian meal moth (*Plodia interpunctella* Hubn.). *Rad. Rec.*, 48: 210-215.

- SINGH, H. e J.N. LILES, 1972. Effect of irradiated food on the adult survival and reproduction of *Rhyzopertha dominica* (F.). (Coleoptera, Bostrychidae). *J. Stored Prod. Res.*, 8: 155-157.
- TILTON, E.W.; J.J. BROWER e R.R. COGBURN, 1973. Progeny production by *Sitophilus oryzae* and *Tribolium castaneum* reared for several generation on irradiated diets. *J. Georgia Entomol. Soc.*, 8: 166-173.
- WIENDL, F.M., 1969. Alguns usos e efeitos das radiações gama em *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). Piracicaba, ESALQ/USP, 205 p. (Tese de Doutorado).
- WIENDL, F.M. e V. ARTHUR, 1974. Mortalidade e reprodução de *Rhyzopertha dominica* (Fabr.) em arroz irradiado. *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil*, 3(1): 34-43.
- WIENDL, F.M.; V. ARTHUR; R.B. SGRILLO; R.E. DOMARCO; V.L. TORNISIELO; J.M. PACHECO e J.M.M. WALDER, 1974. Mortalidade e reprodução de *Sitophilus zeamais* Mots. em arroz irradiado. Piracicaba, CENA, 19 p. (Boletim Científico nº 015).
- WIENDL, F.M.; V. ARTHUR e J.M.M. WALDER, 1975. Influência da dieta irradiada sobre a radiosensibilidade de *Rhyzopertha dominica* (Fabr., 1792). Piracicaba, CENA, 14 p. (Boletim Científico nº 036).