

C E N A

BC-024

INFLUÊNCIA DA TAXA DE IRRADIAÇÃO GAMA SOBRE A
MORTALIDADE DE *Tribolium castaneum* (Herbst.)

F.M.Wiendl
V.L.Tornisielo
R.E.Domarco

25 de outubro de 1974

BOLETIM CIENTIFICO

CENTRO DE ENERGIA NUCLEAR NA AGRICULTURA
USP-CNEN
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA "LUIZ DE QUEIROZ"
PIRACICABA-SP
- BRASIL -

I N D I C E

| | <u>página</u> |
|--|---------------|
| RÉSUMÉ | 01 |
| SUMMARY | 02 |
| 1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS | 03 |
| 2. MATERIAIS E MÉTODOS | 05 |
| 3. RESULTADOS | 08 |
| 4. ANÁLISE DOS RESULTADOS | 15 |
| 5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES | 23 |
| 6. AGRADECIMENTOS | 25 |
| 7. BIBLIOGRAFIA | 26 |

INFLUÊNCIA DA TAXA DE IRRADIAÇÃO GAMA SOBRE A MORTALIDADE DE *Tribolium castaneum* (Herbst.)

F.M. Wiendl - Depto. de Entomologia - ESALQ

V.L. Tornisielo - Bolsista Especial - CNEN

R.E. Domarco - Bolsista - CNEN

RESUMO

Insetos da espécie *Tribolium castaneum* (Herbst.) foram irradiadas sob diferentes taxas de radiação, provenientes de uma fonte gama tipo radial, de cobalto 60.

As taxas utilizadas foram 59 580, 15 750, 2 750, 632, 154, 63 e 35 rad/h, correspondendo respectivamente as distâncias de 10, 20, 50, 100, 200, 300 e 400 cm da fonte.

Os insetos foram irradiados com duas doses, uma de 7500 rad e outra de 15000 rad, sendo eliminada nesta última a taxa de 35 rad/h. Para cada uma das doses fez-se uma testemunha.

A mortalidade foi verificada a cada sete dias, calculando-se a partir destes números a esperança de vida para cada semana, e_o^x em dias. Obteve-se como resultados respectivamente para a dose de 7500 rad os seguintes valores: 108,16 (test.); 131,08 (10 cm); 137,09 (20 cm); 137,36 (50 cm); 145,50 (100 cm); 161,36 (200 cm); 160,16 (300 cm); 184,48 (400 cm). As esperanças de vida para a dose de 15000 rad foram as seguintes: 295,33 (test.); 109,34 (10 cm); 127,54 (20 cm); 200,48 (50 cm); 297,91 (100 cm); 271,60 (200 cm); 301,84 (300 cm).

Recebido para publicação em 18 de abril de 1974

INFLUENCE OF GAMMA IRRADIATION ON THE
MORTALITY OF *Tribolium castaneum* (Herbst)

S U M M A R Y

The coleopteran insect species *Tribolium castaneum* (Herbst.) was irradiated with different radiation rates, using a 60-cobalt gamma source of the radial type.

The rates used were: 59 580, 15 750, 7 750, 632, 154,63 and 35 rad/h, corresponding respectively to distances of 10, 20, 50, 100, 200, 300 and 400 cm from the source.

The insects were irradiated with two doses, one of 7500 rad and the other of 15000 rad, and for this last one the rate of 35 rad/h was not included. There was a control for each dose.

Mortality was checked every seven days, and from data obtained, probable life in days, e^X_0 , was calculated for each week. The following values were obtained for the 7500 rad dose: 108.16 (control), 131.08 (10 cm); 137.09 (20 cm); 137.36 (50 cm); 145.50 (100 cm); 161.36 (200 cm); 160.16 (300 cm); 164.46 (400 cm). Probable life values for the 15000 rad dose were the following: 295.33 (control); 109.34 (10 cm); 127.54 (20 cm); 200.48 (50 cm); 297.91 (100 cm); 271.60 (200 cm); 301.84 (300 cm).

1. INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

Os efeitos causados pelas radiações ionizantes em insetos foram estudados por vários autores, desde que *RUNNER (1916)* iniciou seus trabalhos de esterilização com o bicho do fumo.

Foram aliás a esterilização e a mortalidade os aspectos mais estudados.

Os autores que trabalharam com a irradiação de insetos, variando a taxa de radiação, quer utilizando-se de radiações gama, quer utilizando-se de radiações provenientes de um acelerador de elétrons ou de um tubo de raios X, são mais ou menos unânimes em afirmar que até um certo ponto, quanto maior a taxa tanto maior o efeito causado. Isto tanto para a mortalidade como para a esterilização. Este fato conhecido há muito em radiobiologia induziu os pesquisadores a trabalharem sempre com a maior taxa disponível, minimizando assim os efeitos secundários, como por exemplo injúrias causadas em pupas de insetos pelo seu próprio calor metabólico, quando ficam por tempo mais ou menos longo em um vasilhame de irradiação. Estabelece a prática que a taxa de irradiação deve situar-se entre 1 a 0,01 Mrad por hora.

Visa este trabalho, no contexto da literatura, fornecer uma contribuição quanto a avaliação dos efeitos de diferentes taxas de radiação sobre um inseto praga em produtos armazenados, bastante estudado em radioentomologia, sendo inclusive estudado sob o aspecto de irradiação com diferentes taxas.

Destacam-se dentre os trabalhos que visam observar os efeitos causados por diferentes taxas os que pesquisaram *Tribolium castaneum* e *T. confusum*.

Cite *BANHAM (1962)* que *Tribolium confusum* tem sua LD₅₀ redu

zica em 1000 rad quando a taxa de radiação aumenta de 2000 para 4000 rad/hora. Os autores *NAIR e SUBRAMANYAM (1963)* trabalhando com *Tribolium castaneum* observaram que, variando a taxa de irradiação de 126 para 140000 rad por hora, houve declínio na fertilidade de adultos. Também a viabilidade dos ovos foi grandemente reduzida com o aumento da taxa, mas a uma taxa extremamente elevada a viabilidade aumentou significativamente.

Este fato não pode ser comprovado pela presente pesquisa, pois trabalhando com adultos parece que não conseguimos atingir a taxa necessária para que tal fenômeno se desse.

A influência da taxa de radiações sobre a reprodução de fêmeas adultas de *Tribolium confusum* foi estudada pelos autores *VE-REECKE e PELEKENTS (1967)*, que concluíram haver uma maior fecundidade na maior taxa de radiação, mas não havendo influência sobre a fertilidade. Talvez as doses utilizadas neste experimento (de 3500 a 5000 rad) e as duas taxas (17300 e 234000 rad/hora) foram as que levaram a estas conclusões, conforme já explanado quando tratamos da regra prática quanto a taxa de irradiação.

Finalmente *BROWN e DAVIS (1973)* em pesquisa realizada com *Tribolium castaneum* na sua fase de ovo, concluíram haver pouca ou mesmo nenhuma influência da taxa no tempo para eclosão de larvas. Parece haver apenas um aumento da sensibilidade para mortalidade, principalmente para ovos de idade média, entre 36 e 48 horas, sendo que a taxa de irradiação maior, de 43 rad/seg, tornava-se mais letal.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A fim de se conseguir os resultados arrolados nos objetivos deste trabalho, fizeram-se dois ensaios. Ambos contavam com insetos da espécie *Tribolium castaneum* (Herbst.) com a idade de um a oito dias, criados a pelo menos 35 gerações nos laboratórios do Setor de Entomologia do CENA.

Consistiu-se o primeiro ensaio na irradiação dos insetos sob sete diferentes taxas de radiação. Constituiu-se cada taxa de indivíduos divididos em sete repetições, irradiados com uma dose de 7500 rad. Cada uma das repetições era uma caixinha de plástico de 5 x 3 x 2 cm, contendo farelinho de arroz, com uma umidade aproximada de 19,6%, e dez insetos. Segue abaixo, no Quadro 1, a relação das taxas utilizadas e as correspondentes distâncias da fonte de cobalto ^{60}Co , nas quais estavam os insetos, assim como os tempos de irradiação.

Durante a irradiação a câmara onde se procedia a irradiação estava a uma temperatura média de 25 a 28°C. e uma umidade relativa de 60 a 75% U.R..

A fim de que pudesse haver comparação com a longevidade natural dos insetos, fizeram-se mais oito repetições, cada qual com dez insetos. Após dez dias do início da irradiação fez-se a primeira contagem, permanecendo os insetos em uma câmara climatizada regulada a $30 \pm 1^\circ\text{C}$ e $75 \pm 5\%$ de U.R.. Prosseguiram as contagens de mortalidade a cada sete dias, retirando-se os indivíduos mortos. Aproximadamente de cada 21 a 35 dias trocava-se o alimento, a fim de que não houvesse confusão com insetos que poderiam nascer, eliminando assim os ovos, larvas e pupas existentes no substrato.

O segundo ensaio cujo início de irradiação coincidiu com o primeiro, difere daquele quanto a dose utilizada, que foi de 15000

rad, assim como foi eliminada a taxa de 35 rad, pois a irradiação que duraria 18,2 dias causaria sérios problemas na utilização da fonte para outras pesquisas.

Quadro 1 - Relação das diferentes taxas de radiação gama às quais estavam submetidas *Tribolium castaneum* (Herbst.), assim como as correspondentes distâncias da fonte irradiadora e os tempos de irradiação.

| Distância (cm) | Taxa (rad/hora) | Tempo | | |
|-------------------|--------------------|---------|-------|-------|
| | | minutos | horas | dias |
| 10 | 59 580 | 7,5 | - | 0,005 |
| 20 | 15 750 | 27,6 | - | 0,019 |
| 50 | 2 750 | 162,0 | - | 0,112 |
| 100 | 632 | 652,5 | - | 0,454 |
| 200 | 154 | - | 48,8 | 2,018 |
| 300 | 63 | - | 116,2 | 4,840 |
| 400 | 35 | - | 211,0 | 8,791 |

Constam no Quadro 2, semelhante ao quadro anterior, as diferentes taxas utilizadas para o experimento, assim como as correspondentes distâncias da fonte irradiadora e os respectivos tempos de irradiação.

Assim como no ensaio anterior também para este fizeram-se mais sete repetições a fim de haver comparação com insetos de longevidade normal. As contagens e demais procedimentos eram os mesmos do primeiro ensaio, inclusive a metodologia de análise dos resultados obtidos.

Quadro 2 - Relação das diferentes taxas de irradiação às quais estavam submetidos *Tribolium castaneum* (Herbst.) assim como as correspondentes distâncias da fonte irradiadora e os tempos de irradiação para alcançar a dose de 15000 rad.

| Distância (cm) | Taxa (rad/hora) | Tempo | | |
|-------------------|--------------------|---------|-------|-------|
| | | minutos | horas | dias |
| 10 | 59 580 | 15,1 | - | 0,010 |
| 20 | 15 750 | 55,2 | - | 0,038 |
| 50 | 2 750 | 324,0 | - | 0,224 |
| 100 | 632 | - | 20,7 | 0,908 |
| 200 | 154 | - | 97,6 | 2,036 |
| 300 | 63 | - | 242,4 | 9,680 |

3. RESULTADOS

A fim de facilitar a apresentação dos resultados obtidos, estes estão sob a forma de Quadros. Os resultados obtidos no primeiro ensaio constam no Quadro 3, onde se encontra a mortalidade semanal em relação as respectivas taxas.

Os resultados obtidos no segundo ensaio, estão resumidos no Quadro 4, onde se encontram as mortalidades semanais em relação as respectivas taxas.

Embora a observação seguinte pouco ou nada tenha a ver com os resultados obtidos, preferimos citá-la, a fim de que algum outro especialista no assunto a leve na sua devida conta.

Toda vez que se fazia a transferência dos insetos para alimento novo, havia na semana seguinte um pequeno aumento de mortalidade e um certo número de larvas, o que não acontecia durante as últimas duas contagens antes da troca do alimento. Nos parece que os insetos em alimento novo se reproduziam mais, pois havia substrato suficiente para sustentar a prole, assim como um pequeno aumento na mortalidade devido ao desgaste físico ocasionado pela oviposição.

Quadro 3 - Mortalidade semanal de *Tribolium castaneum* (Herbst.) em relação as respectivas taxas as quais estiveram submetidos os insetos irradiados com a dose de 7500 rad de radiação gama.

| Semana | Taxa de irradiação (rad/hora) | | | | | | | |
|--------|-------------------------------|-------|-------|------|-----|-----|----|----|
| | test | 59580 | 15750 | 2750 | 532 | 154 | 63 | 35 |
| 1 | 3 | 2 | 3 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 |
| 2 | 4 | 1 | 3 | 1 | 4 | 2 | 2 | 3 |
| 3 | 0 | 1 | 0 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| 4* | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| 5 | 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 6 | 1 | 2 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 |
| 7 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 4 | 2 | 2 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 |
| 11 | 2 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 12* | 0 | 1 | 1 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 4 | 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 |
| 14 | 3 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 |
| 15 | 6 | 2 | 2 | 0 | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 16* | 5 | 4 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 3 |
| 17 | 3 | 4 | 2 | 4 | 0 | 3 | 1 | 2 |
| 18 | 5 | 4 | 3 | 5 | 3 | 1 | 1 | 1 |
| 19* | 2 | 3 | 5 | 3 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 20 | 12 | 11 | 5 | 5 | 7 | 3 | 5 | 3 |
| 21 | 7 | 5 | 4 | 6 | 2 | 5 | 4 | 1 |
| 22* | 1 | 2 | 1 | 3 | 0 | 1 | 2 | 1 |
| 23 | 4 | 5 | 6 | 6 | 6 | 5 | 2 | 3 |
| 24 | 0 | 1 | 2 | 8 | 6 | 2 | 3 | 2 |

(cont.)

(continuação)

| Semana | Taxas de irradiação (rad/hora) | | | | | | | |
|----------------|--------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 | 35 |
| 25* | 0 | 2 | 2 | 3 | 3 | 0 | 4 | 8 |
| 26 | 1 | 1 | 6 | 4 | 3 | 7 | 2 | 0 |
| 27 | 0 | 1 | 2 | 2 | 4 | 2 | 1 | 3 |
| 28* | 3 | 2 | 5 | 1 | 3 | 1 | 9 | 5 |
| 29 | 1 | 3 | 3 | 1 | 2 | 4 | 2 | 4 |
| 30 | - | 1 | 2 | 0 | 3 | 5 | 6 | 3 |
| 31* | - | 3 | 1 | 3 | 1 | 6 | 4 | 5 |
| 32 | - | 2 | 0 | 0 | 3 | 0 | 6 | 10 |
| 33 | - | - | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 34* | - | - | 1 | - | 0 | 0 | 3 | 3 |
| 35 | - | - | - | - | 0 | 0 | - | 1 |
| 36 | - | - | - | - | 0 | 0 | - | - |
| 37* | - | - | - | - | 0 | 0 | - | - |
| 38 | - | - | - | - | 0 | 1 | - | - |
| 39 | - | - | - | - | 0 | - | - | - |
| 40 | - | - | - | - | 2 | - | - | - |
| Total** | 70 | 69 | 64 | 70 | 70 | 70 | 70 | 69 |

* Houve troca de substrato alimentar

** O total difere em algumas taxas de 70 por ter havido fuga dos insetos. As tabelas de vida do Quadro 4 porém seguem a mortalidade do presente quadro.

Quadro 4 - Mortalidade de *Tribolium castaneum* (Herbst.) em relação as taxas as quais estiveram submetidos os insetos irradiados com a dose de 15000 rad de radiação gama, e sua respectiva testemunha.

| Semana | Taxas de irradiação (rad/hora) | | | | | | |
|--------|--------------------------------|-------|-------|------|-----|-----|----|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 2 | 1 | 2 | 2 | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 3 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 4* | 0 | 3 | 4 | 2 | 1 | 1 | 1 |
| 5 | 0 | 12 | 9 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| 6 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 7 | 0 | 16 | 11 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 8 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 9* | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 10 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 11 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 12* | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 0 |
| 13 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 |
| 14 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 15 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 |
| 16* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 17 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 18 | 0 | 1 | 1 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| 19* | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 20 | 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 21 | 0 | 3 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 22* | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 |
| 23 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

[cont.]

(continuação)

| Semana | Taxa de irradiação (rad/hora) | | | | | | |
|--------|-------------------------------|-------|-------|------|-----|-----|----|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 24 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 |
| 25* | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| 26 | 1 | 1 | 1 | 3 | 1 | 2 | 2 |
| 27 | 2 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 |
| 28* | 2 | 2 | 1 | 2 | 1 | 1 | 0 |
| 29 | 1 | 2 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 30 | 0 | 1 | 2 | 4 | 2 | 1 | 0 |
| 31 | 0 | 0 | 3 | 1 | 1 | 1 | 0 |
| 32 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 33 | 1 | 1 | 0 | 2 | 1 | 0 | 0 |
| 34* | 2 | 2 | 3 | 3 | 2 | 0 | 0 |
| 35 | 1 | 1 | 5 | 4 | 2 | 2 | 0 |
| 36 | 1 | 0 | 4 | 2 | 3 | 4 | 2 |
| 37* | 3 | 0 | 3 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 38 | 2 | 0 | 0 | 3 | 1 | 2 | 1 |
| 39 | 1 | 0 | 2 | 2 | 1 | 4 | 1 |
| 40* | 3 | 2 | 0 | 2 | 4 | 4 | 7 |
| 41 | 3 | 1 | 0 | 5 | 4 | 4 | 4 |
| 42 | 3 | 0 | 1 | 3 | 7 | 5 | 6 |
| 43* | 3 | 1 | 1 | 1 | 6 | 5 | 5 |
| 44 | 5 | 0 | - | 1 | 4 | 5 | 5 |
| 45 | 3 | 2 | - | 0 | 4 | 5 | 1 |
| 46* | 2 | 0 | - | 0 | 4 | 5 | 3 |
| 47 | 4 | 0 | - | 0 | 2 | 2 | 5 |
| 48 | 1 | 0 | - | 0 | 2 | 2 | 4 |
| 49* | 2 | 0 | - | 0 | 1 | 0 | 5 |
| 50 | 0 | 0 | - | 0 | 2 | 2 | 2 |

(cont.)

(continuação)

| Semana | Taxa de irradiação (rad/hora) | | | | | | |
|--------|-------------------------------|-------|-------|------|-----|-----|----|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 51 | 2 | 0 | - | 0 | 0 | 1 | 2 |
| 52* | 3 | 1 | - | 0 | 1 | 1 | 1 |
| 53 | 1 | 0 | - | 0 | 1 | 2 | 0 |
| 54 | 1 | 0 | - | 1 | 0 | - | 2 |
| 55* | 2 | 0 | - | - | 1 | - | 0 |
| 56 | 1 | 0 | - | - | 1 | - | 0 |
| 57 | 0 | 0 | - | - | - | - | 0 |
| 58* | 1 | 1 | - | - | - | - | 0 |
| 59 | 0 | - | - | - | - | - | 1 |
| 60 | 0 | - | - | - | - | - | 0 |
| 61* | 2 | - | - | - | - | - | 1 |
| 62 | 0 | - | - | - | - | - | 1 |
| 63 | 2 | - | - | - | - | - | 0 |
| 64* | 1 | - | - | - | - | - | 0 |
| 65 | 0 | - | - | - | - | - | 0 |
| 66 | 0 | - | - | - | - | - | 0 |
| 67* | 0 | - | - | - | - | - | 0 |
| 68 | 0 | - | - | - | - | - | 0 |
| 69 | 1 | - | - | - | - | - | 0 |
| 70* | 0 | - | - | - | - | - | 0 |
| 71 | 1 | - | - | - | - | - | 0 |
| 72 | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 73* | - | - | - | - | - | - | 1 |
| 74 | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 75 | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 76* | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 77 | - | - | - | - | - | - | 0 |

(cont.)

(continuação)

| Semana | Taxa de irradiação (rad/hora) | | | | | | |
|--------|-------------------------------|-------|-------|------|-----|-----|----|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 78 | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 79* | - | - | - | - | - | - | 0 |
| 80 | - | - | - | - | - | - | 1 |
| TOTAL | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 | 70 |

* Houve troca do substrato alimentar.

4. ANÁLISE DOS RESULTADOS

A fim de possibilitar uma análise correta dos dados obtidos nos Quadros 3 e 4, de mortalidade, estes foram utilizados para a elaboração de tabelas de vida, segundo *BARCLEY (1966)* e que exprimem com clareza a esperança de vida dos insetos em cada período de contagem. Constam assim do Quadro 5 as esperanças de vida calculadas para os insetos do primeiro ensaio, enquanto que no Quadro 6 estão as esperanças de vida calculadas para o segundo ensaio.

A fim de poder avaliar com maior clareza os resultados obtidos nas tabelas de vida dos Quadros 5 e 6, fizemos o Quadro 7, onde constam resumidamente, os dados mais importantes. Assim relaciona-se a esperança de vida e_0^x da primeira semana dos dois ensaios, as respectivas taxas; assim como o número de semanas em que houve morte total dos insetos na respectiva taxa de irradiação. Para o mesmo efeito encontram-se na Figura 1 as esperanças de vida em relação as respectivas taxas de irradiação, conforme os dois ensaios.

Quadro 5 - Esperanças de vida e_0^x em dias calculados para *Tribolium castaneum* irradiado com a dose de 7500 rad sob diferentes taxas de radiação.

| Sema- nas | Taxas de radiação gama (rad/hora) | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 | 35 |
| 1 | 108,16 | 131,08 | 137,09 | 137,36 | 145,50 | 161,36 | 160,16 | 164,46 |
| 2 | 105,58 | 127,88 | 136,65 | 132,36 | 143,07 | 154,36 | 153,16 | 159,81 |
| 3 | 104,67 | 122,76 | 136,52 | 127,31 | 145,70 | 151,79 | 150,55 | 160,02 |
| 4 | 97,67 | 117,59 | 129,52 | 124,18 | 138,70 | 144,79 | 145,74 | 155,45 |
| 5 | 92,09 | 110,59 | 122,52 | 117,18 | 131,70 | 137,79 | 138,74 | 153,35 |
| 6 | 85,09 | 105,25 | 117,61 | 111,98 | 124,70 | 132,79 | 133,79 | 146,35 |
| 7 | 79,34 | 101,53 | 110,61 | 104,98 | 119,32 | 127,75 | 126,79 | 139,35 |
| 8 | 74,74 | 94,53 | 103,61 | 97,98 | 112,82 | 121,75 | 119,79 | 132,35 |
| 9 | 67,74 | 87,53 | 96,61 | 90,98 | 105,82 | 113,75 | 112,79 | 125,35 |
| 10 | 60,74 | 80,53 | 91,27 | 83,98 | 98,82 | 106,75 | 105,79 | 118,35 |
| 11 | 57,62 | 76,09 | 87,51 | 78,77 | 91,82 | 101,33 | 100,35 | 111,35 |
| 12 | 52,51 | 70,32 | 80,51 | 72,49 | 84,82 | 95,85 | 93,35 | 104,35 |
| 13 | 45,51 | 64,47 | 74,97 | 67,83 | 79,26 | 88,85 | 86,35 | 97,35 |
| 14 | 41,68 | 58,53 | 69,34 | 63,08 | 75,07 | 86,04 | 83,36 | 93,47 |
| 15 | 36,97 | 52,51 | 62,34 | 57,14 | 69,42 | 80,41 | 80,41 | 86,47 |
| 16 | 34,53 | 47,33 | 57,69 | 50,14 | 67,79 | 76,06 | 76,10 | 79,47 |
| 17 | 31,51 | 43,87 | 50,69 | 43,98 | 62,13 | 70,33 | 70,39 | 76,47 |
| 18 | 26,84 | 40,35 | 45,65 | 40,16 | 55,13 | 67,04 | 64,61 | 72,11 |
| 19 | 23,60 | 36,84 | 41,46 | 37,14 | 51,58 | 61,24 | 58,73 | 66,38 |
| 20 | 17,97 | 32,41 | 39,21 | 32,49 | 44,58 | 55,34 | 52,77 | 60,58 |
| 21 | 21,21 | 36,76 | 37,31 | 29,30 | 45,14 | 51,51 | 50,90 | 56,99 |
| 22 | 26,60 | 38,99 | 34,87 | 27,13 | 40,45 | 49,97 | 48,21 | 51,08 |
| 23 | 22,17 | 33,17 | 28,70 | 22,57 | 33,45 | 44,04 | 43,34 | 45,07 |
| 24 | 30,10 | 35,44 | 28,00 | 20,55 | 32,44 | 42,38 | 38,33 | 40,84 |

(cont.)

(continuação)

| Sema- nas | Taxas de radiação gama (rad/hora) | | | | | | | |
|--------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 | 35 |
| 25 | 23,10 | 30,57 | 23,23 | 22,63 | 32,67 | 37,53 | 34,15 | 35,57 |
| 26 | 16,10 | 27,73 | 18,20 | 20,42 | 29,84 | 30,53 | 30,87 | 35,90 |
| 27 | 12,25 | 22,75 | 17,50 | 21,88 | 27,23 | 30,05 | 25,63 | 28,90 |
| 28 | 5,75 | 17,50 | 12,84 | 21,00 | 27,00 | 25,02 | 19,37 | 24,28 |
| 29 | 3,50 | 13,61 | 12,50 | 17,50 | 26,41 | 18,85 | 19,17 | 21,13 |
| 30 | - | 11,67 | 12,25 | 14,00 | 24,50 | 14,64 | 13,82 | 17,20 |
| 31 | - | 6,30 | 14,00 | 7,00 | 28,00 | 10,91 | 11,58 | 12,25 |
| 32 | - | 3,50 | 17,50 | 10,50 | 25,90 | 7,96 | 8,17 | 8,17 |
| 33 | - | - | 10,50 | 3,50 | 52,50 | 21,00 | 10,50 | 10,50 |
| 34 | - | - | 3,50 | - | 45,50 | 31,50 | 3,50 | 5,25 |
| 35 | - | - | - | - | 38,50 | 24,50 | - | 3,50 |
| 36 | - | - | - | - | 31,50 | 17,50 | - | - |
| 37 | - | - | - | - | 24,50 | 10,50 | - | - |
| 38 | - | - | - | - | 17,50 | 3,50 | - | - |
| 39 | - | - | - | - | 10,50 | - | - | - |
| 40 | - | - | - | - | 3,50 | - | - | - |

Quadro 6 - Esperanças de vida e_0^x calculadas para *Tribolium castaneum* (Herbst.) irradiado com a dose de 15000 rad sob diferentes taxas de radiação.

| Sema nas | Taxas de radiação gama (rad/hora) | | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 1 | 295,33 | 109,34 | 127,54 | 200,48 | 297,91 | 271,60 | 301,89 |
| 2 | 288,33 | 102,34 | 120,54 | 193,48 | 260,91 | 264,60 | 294,89 |
| 3 | 385,43 | 98,24 | 116,98 | 186,48 | 257,62 | 261,36 | 292,09 |
| 4 | 278,43 | 91,24 | 109,98 | 179,48 | 250,62 | 254,36 | 285,09 |
| 5 | 271,43 | 88,28 | 109,63 | 177,64 | 247,23 | 251,03 | 282,20 |
| 6 | 264,43 | 100,48 | 119,99 | 184,45 | 243,86 | 244,03 | 275,20 |
| 7 | 257,43 | 103,57 | 124,64 | 177,46 | 236,86 | 237,03 | 268,20 |
| 8 | 250,43 | 146,60 | 151,81 | 176,15 | 229,86 | 230,03 | 261,20 |
| 9 | 243,43 | 149,15 | 148,70 | 169,15 | 222,86 | 223,03 | 254,20 |
| 10 | 236,43 | 147,16 | 145,63 | 162,15 | 215,86 | 216,03 | 247,20 |
| 11 | 232,83 | 145,28 | 142,57 | 155,15 | 208,86 | 209,03 | 240,20 |
| 12 | 229,25 | 138,28 | 135,57 | 148,15 | 201,86 | 202,03 | 233,20 |
| 13 | 222,25 | 131,28 | 128,57 | 148,62 | 194,86 | 195,03 | 228,20 |
| 14 | 215,25 | 124,28 | 121,57 | 144,16 | 187,86 | 190,88 | 219,20 |
| 15 | 208,25 | 117,28 | 117,93 | 137,16 | 180,86 | 183,88 | 212,20 |
| 16 | 201,25 | 110,28 | 110,93 | 130,16 | 173,86 | 179,61 | 205,20 |
| 17 | 194,25 | 103,28 | 107,09 | 123,16 | 166,86 | 172,61 | 198,20 |
| 18 | 187,25 | 99,97 | 103,22 | 116,16 | 159,86 | 165,61 | 191,20 |
| 19 | 180,25 | 96,68 | 99,34 | 113,25 | 152,86 | 158,61 | 184,20 |
| 20 | 173,25 | 93,40 | 92,34 | 106,25 | 146,12 | 151,61 | 177,20 |
| 21 | 166,25 | 86,40 | 88,20 | 101,14 | 141,12 | 144,61 | 170,20 |
| 22 | 159,25 | 90,71 | 84,02 | 94,14 | 134,12 | 137,61 | 163,20 |
| 23 | 152,25 | 97,47 | 79,79 | 88,85 | 127,12 | 130,61 | 156,20 |
| 24 | 145,25 | 95,68 | 75,51 | 81,85 | 120,12 | 123,61 | 149,20 |

(cont.)

(continuação)

| Sema nas | Taxas de radiação gama (rad/hora) | | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 25 | 140,40 | 88,68 | 68,51 | 74,85 | 114,91 | 116,61 | 142,20 |
| 26 | 135,50 | 81,68 | 63,92 | 69,21 | 109,64 | 111,34 | 137,27 |
| 27 | 130,55 | 79,28 | 59,24 | 66,23 | 104,32 | 107,76 | 134,38 |
| 28 | 127,64 | 72,28 | 52,24 | 59,23 | 98,94 | 100,76 | 129,41 |
| 29 | 124,77 | 74,44 | 47,18 | 54,60 | 93,50 | 95,32 | 122,41 |
| 30 | 119,82 | 78,35 | 40,18 | 49,87 | 88,00 | 88,32 | 115,41 |
| 31 | 112,82 | 77,59 | 36,37 | 47,39 | 83,91 | 62,71 | 108,41 |
| 32 | 105,82 | 70,59 | 34,30 | 41,48 | 78,31 | 77,02 | 101,41 |
| 33 | 100,58 | 69,69 | 27,30 | 36,48 | 72,65 | 70,02 | 94,41 |
| 34 | 95,27 | 62,68 | 21,56 | 38,27 | 66,90 | 64,14 | 87,41 |
| 35 | 91,60 | 68,84 | 17,94 | 35,14 | 62,29 | 57,14 | 80,41 |
| 36 | 86,22 | 70,00 | 17,50 | 33,64 | 57,59 | 52,02 | 73,41 |
| 37 | 80,79 | 63,00 | 18,50 | 29,51 | 53,97 | 48,68 | 68,67 |
| 38 | 78,43 | 56,00 | 22,75 | 26,84 | 49,16 | 45,36 | 64,97 |
| 39 | 74,54 | 49,00 | 15,75 | 24,50 | 43,17 | 40,14 | 59,03 |
| 40 | 69,05 | 42,00 | 21,00 | 20,73 | 37,07 | 36,35 | 53,00 |
| 41 | 66,52 | 47,84 | 14,00 | 16,87 | 33,43 | 32,94 | 52,93 |
| 42 | 64,13 | 49,70 | 7,00 | 21,00 | 29,76 | 29,30 | 50,23 |
| 43 | 61,91 | 42,70 | 3,50 | 31,50 | 29,09 | 26,60 | 50,24 |
| 44 | 59,91 | 45,50 | - | 38,50 | 28,76 | 24,22 | 49,91 |
| 45 | 62,31 | 38,50 | - | 66,50 | 27,08 | 22,40 | 50,64 |
| 46 | 61,84 | 66,50 | - | 59,50 | 26,37 | 21,70 | 45,27 |
| 47 | 59,50 | 59,50 | - | 52,50 | 27,68 | 23,80 | 43,08 |
| 48 | 63,17 | 52,50 | - | 45,50 | 26,06 | 21,88 | 45,51 |
| 49 | 59,15 | 45,50 | - | 38,50 | 25,50 | 21,00 | 48,39 |
| 50 | 58,34 | 38,50 | - | 31,50 | 22,17 | 14,00 | 60,09 |
| 51 | 51,34 | 31,50 | - | 24,50 | 24,50 | 12,25 | 64,40 |

(cont.)

(continuação)

| Sema nas | Taxas de radiação gama (rad/hora) | | | | | | |
|-------------|-----------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-------|
| | test. | 59580 | 15750 | 2750 | 632 | 154 | 63 |
| 52 | 50,32 | 24,50 | - | 17,50 | 17,50 | 8,17 | 72,63 |
| 53 | 54,12 | 38,50 | - | 10,50 | 15,17 | 3,50 | 75,50 |
| 54 | 51,34 | 31,50 | - | 3,50 | 14,00 | - | 68,50 |
| 55 | 48,69 | 24,50 | - | - | 7,00 | - | 87,50 |
| 56 | 51,72 | 17,50 | - | - | 3,50 | - | 80,50 |
| 57 | 50,75 | 10,50 | - | - | - | - | 73,50 |
| 58 | 43,75 | 3,50 | - | - | - | - | 66,50 |
| 59 | 42,50 | - | - | - | - | - | 59,50 |
| 60 | 35,50 | - | - | - | - | - | 66,50 |
| 61 | 28,50 | - | - | - | - | - | 59,50 |
| 62 | 31,50 | - | - | - | - | - | 71,17 |
| 63 | 24,50 | - | - | - | - | - | 98,00 |
| 64 | 31,50 | - | - | - | - | - | 91,00 |
| 65 | 38,50 | - | - | - | - | - | 84,00 |
| 66 | 31,50 | - | - | - | - | - | 77,00 |
| 67 | 24,50 | - | - | - | - | - | 70,00 |
| 68 | 17,50 | - | - | - | - | - | 63,00 |
| 69 | 10,50 | - | - | - | - | - | 56,00 |
| 70 | 10,50 | - | - | - | - | - | 49,00 |
| 71 | 3,50 | - | - | - | - | - | 42,00 |
| 72 | - | - | - | - | - | - | 35,00 |
| 73 | - | - | - | - | - | - | 28,00 |
| 74 | - | - | - | - | - | - | 45,50 |
| 75 | - | - | - | - | - | - | 38,50 |
| 76 | - | - | - | - | - | - | 31,50 |
| 77 | - | - | - | - | - | - | 24,50 |
| 78 | - | - | - | - | - | - | 17,50 |
| 79 | - | - | - | - | - | - | 10,50 |
| 80 | - | - | - | - | - | - | 3,50 |

Quadro 7 - Esperanças de vida de *Tribolium castaneum* em relação a primeira semana e as diferentes taxas de radiação gama, em duas doses, e semana em que houve a morte do último indivíduo.

| Taxas (rad/hora) | Esperanças de vida (e_o^x) | | Semanas | |
|---------------------|--------------------------------|-----------|----------|-----------|
| | 7500 rad | 15000 rad | 7500 rad | 15000 rad |
| testemunha | 108,16 | 295,33 | 29 | 71 |
| 59580 | 131,08 | 109,39 | 32 | 58 |
| 15750 | 137,09 | 127,54 | 34 | 43 |
| 2750 | 137,36 | 200,48 | 33 | 54 |
| 632 | 145,50 | 297,91 | 40 | 56 |
| 154 | 161,36 | 271,60 | 38 | 53 |
| 63 | 160,16 | 301,89 | 34 | 80 |
| 35 | 164,48 | - | 35 | - |

- não foi feito o ensaio

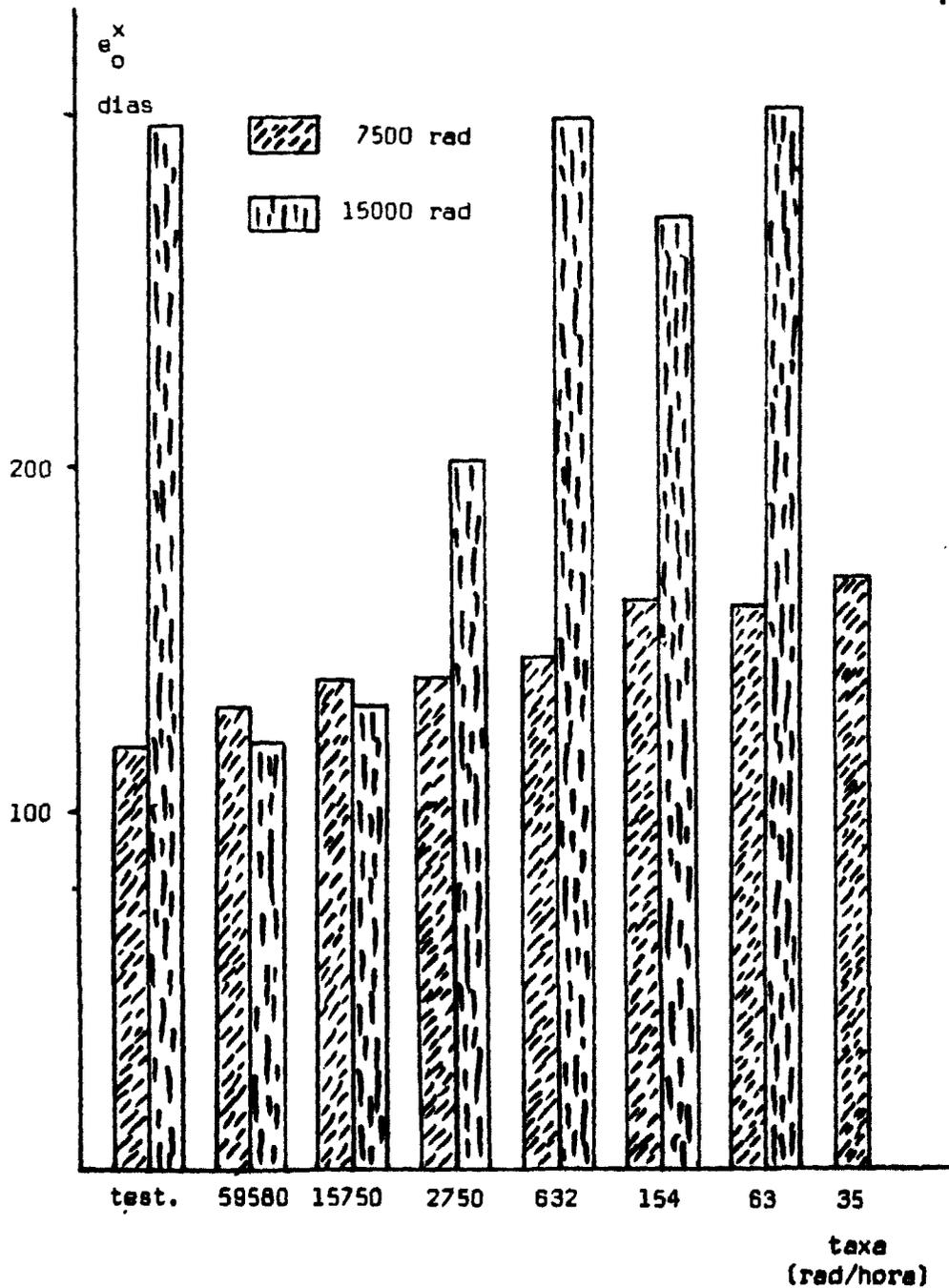


Figura 1 - Esperanças de vida e_0^x (em dias) de *Tribolium castaneum* para diferentes taxas de irradiação gama em duas doses, uma de 7500 rad e outra de 15000 rad.

5. INTERPRETAÇÃO DOS RESULTADOS E CONCLUSÕES

Conforme os resultados obtidos para os dois ensaios, podemos ter uma série de interpretações. Damos a seguir os mais prováveis, em vista dos experimentos realizados. Desta maneira, segundo os resultados obtidos para o primeiro ensaio, podemos observar a primeira vista que:

- a. a radiação gama causa o efeito de prolongar a vida dos insetos irradiados com a dose de 7500 rad.
- b. o efeito de prolongar a vida aumenta conforme a diminuição da taxa de irradiação.

Estes fatos, tais como *PURDOME McSHEEHY (1963)* e *ERDMAN (1965)* e outros estudiosos em radiobiologia, citados por *O'BRIEN & WOLFE (1964)* podem ser eventualmente explicados pelo seguinte:

- a. a dose de radiação gama de 7500 rad não foi capaz de esterilizar totalmente os insetos.
- b. os efeitos da radiação gama, sempre prejudiciais quanto a longevidade, são contrários aos efeitos subesterilizantes, que causam reabsorção dos óvulos e ovos (não postos), prolongando a vida dos insetos.
- c. as taxas mais elevadas, causando efeitos prejudiciais maiores, não permitiram haver o mesmo prolongamento da vida dos insetos.
- d. desta forma, uma vez que os efeitos negativos da irradiação gama são maiores com taxas mais elevadas, houve menor prolongamento da vida dos insetos.

Quanto aos resultados obtidos no segundo ensaio, pode-se concluir a primeira vista que:

- a. os efeitos das taxas elevadas de radiação gama são altamente prejudiciais a longevidade dos insetos.

- b. as taxas de irradiação maiores que 632 rad/hora parecem não causar efeitos negativos sobre a longevidade dos insetos, igualando a esperança de vida dos insetos irradiados com os da testemunha.

Estes fatos, porém, em comparação com trabalhos de radiobiologia feitos por outros autores, já citados e, principalmente em comparação com os obtidos pelo ensaio anterior, levam as seguintes conclusões:

- a. a dose de radiação gama de 15000 rad, sob uma taxa maior que 2750 rad/hora, tem efeitos esterilizantes.
- b. os efeitos esterilizantes da radiação gama sob taxas menores que 632 rad/hora são diminuídos, tornando-se subesterilizantes.
- c. A dose de 15000 rad causa sob taxas menores que 632 rad/hora uma longevidade semelhante a natural. Desta forma, o efeito de diminuir a longevidade da dose bastante elevada, é contrabalançada com os efeitos subesterilizantes que causam reabsorção de óvulos e ovos (não postos), o que por sua vez tem efeito de prolongar a vida dos insetos irradiados.

Como não podemos explicar as diferenças havidas entre as longevidades das duas testemunhas dos dois ensaios, levantamos apenas a hipótese de que os insetos:

- a. pertenceram a duas linhagens (o que é bastante improvável)
- b. dentro da câmara de criação havia diferenças de ambiente (o que é medianamente provável)
- c. os alimentos utilizados diferiram quanto aos teores nutritivos (o que é bastante provável)
- d. em uma das populações a maioria dos indivíduos se constituía de apenas um sexo, sendo que a outra população principalmente do outro sexo (o que é também bastante provável).

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao Eng^o.Agr^o. *Evoneo Berti Filho* pela primeira criação de *Tribolium* fornecida ao laboratório de Radioentomologia do CENA, sem o que não poderia ter sido realizado este trabalho.

7. BIBLIOGRAFIA

- BROWN, G.A. & R.DAVIS - 1973 - Sensitivity of red flour beetle eggs to gamma radiation as influenced by treatment age and dose rate. J. Georgia Entomol. Soc. 8(3) July, 153-157.
- BARCLEY, G.W. - 1966 - Techniques of population analyses. John Wiley Sons, Inc, London, 311 pp.
- ERDMAN, H.E. - 1965 - Dose ratio of X-rays to fast neutrons in producing dominant lethals in flour beetles, *Tribolium castaneum* Nature, 205 (4966) 99-100.
- JEFFERIES, D.J. & E.J.BANHAM - 1966 - The effect of dose-rate on the response of *Tribolium confusum* Duv., *Oryzaephilus surinamensis* and *Sitophilus granarius* (L.) to ^{60}Co gamma radiation, p. 177-85 In P.B. Cornwell (Ed.). The entomology of Radiation Disinfestation of Grain, Pergamon Press, New York. 236 pp.
- NAIR, K.K. & G.SUBRAMANYAM - 1963 - Effects of variable dose-rates on radiation damage in the rust-red flour beetle, *Tribolium castaneum* (Herbst.) in "Radiation and Radioisotopes in Entomology", IAEA, Vienna, Proceedings of an Symposium, Athens, 22-26/April, pp. 425-9.
- O'BRIEN, R.D. & L.S.WOLFE - 1964 - Radiation, Radioactivity, and Insects. Academic Press, New York, 211 pp.
- PURDOME, C.E. & McSHEEHY, T.W. - 1963 - Dose rate and the induction of mutation in *Drosophila*. Int. J. Radiat. Biol. 7, pp. 265-75.
- VEREECKE, A. & C.PELERENTS - 1967 - The influence of dose rate of gamma-irradiation on the reproducing capacity of adult females of *Tribolium confusum* Duv.. Mededelingen Rijksfaculteit Landbouwwetenschappen Gent, 32(3/4), 890-903.