



AUTARQUIA ASSOCIADA À UNIVERSIDADE
DE SÃO PAULO

**EFEITOS DA RADIAÇÃO MICROONDAS NAS DIFERENTES
FASES DO CICLO EVOLUTIVO DE *SITOPHILUS ORYZAE*
(Linné, 1763) COLEOPTERA, CURCULIONIDAE EM ARROZ,
VISANDO O SEU CONTROLE**

JOSÉ GILMAR FRANCO

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

**Orientador:
Dr. Valter Arthur**

**São Paulo
2001**

INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES

Autarquia associada à Universidade de São Paulo

**EFEITOS DA RADIAÇÃO MICROONDAS NAS DIFERENTES
FASES DO CICLO EVOLUTIVO DE *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763)
(COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) EM ARROZ, VISANDO O
SEU CONTROLE.**

JOSÉ GILMAR FRANCO



**Dissertação apresentada como
parte dos requisitos para a
obtenção do Grau de Mestre em
Ciências na Área de Tecnologia
Nuclear - Aplicações**

Orientador:

Prof. Dr. Valter Arthur

SÃO PAULO

2001

Dedicatória

Aos meus pais Paulo Franco (in memorium) e Elza Maria, pelo apoio na concretização de minha formação profissional

A minha esposa Salumita e filhos Caio, Luisa e Maria pelo amor, carinho e dedicação na realização deste trabalho.

Ao Orientador Prof.º Dr. Valter Arthur, do Centro de Energia Nuclear na
Agricultura – CENA/USP

Pela sua dedicação e pelo apoio científico e profissional que recebi durante
a realização deste trabalho.

AGRADECIMENTOS

A DEUS pelo amparo e como guia em mais uma etapa de minha vida.

Ao Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares – IPEN pela oportunidade de realização do Curso de Mestrado.

A Fundação de Amparo a Pesquisa do Estado de São Paulo – FAPESP pela bolsa concedida durante a realização deste curso.

Ao professor Toniato Freire Rodrigues, pelas divertidas e proveitosas aulas.

A todos que diretamente ou indiretamente colaboraram para a realização deste trabalho.

E do amor gritou-se o escândalo
Do medo criou-se o trágico
No rosto pintou-se o pálido
E não rolou uma lágrima
Nem uma lástima
Pra socorrer
E na gente deu o hábito
De caminhar entre a trevas
De tirar leite das pedras
De ver o tempo correr
Mas sob o sono dos séculos
Amanheceu o espetáculo
Como uma chuva de pétalas
Como se o céu vendo as penas
Morresse de pena
E chovesse o perdão
E a prudência dos sábios
Nem ousou conter nos lábios
O sorriso e a paixão
Pois transbordando de flores
A calma dos lagos zangou-se
A rosa dos ventos danou-se
O leito dos rios fartou-se
E inundou de água doce
A amargura do mar
Numa enchente amazônica
Numa explosão atlântica
E a multidão vendo em pânico
E a multidão vendo atônita
Ainda que tarde
O seu despertar

ROSA DOS VENTOS
(Chico Buarque)

LISTA DE TABELAS

Tabelas	Páginas
1 - Número e média de insetos adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> L. provenientes de ovos no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.	24
2 - Número e média de insetos adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> L. provenientes de ovos no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.	26
3 - Número e média de insetos adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> L. provenientes de ovos no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.	28
4 - Número e média de insetos adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> L., provenientes de pupas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.	29
5 - Número e média de insetos adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> L. provenientes de larvas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.	32
6 - Número e média de insetos adultos de <i>Sitophilus oryzae</i> L., provenientes de pupas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.	33
7 - Número e média da longevidade em adultos emergidos de <i>Sitophilus oryzae</i> L. irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas em arroz e a temperatura do arroz para cada dose.	36

LISTA DE FIGURAS

Figura	página
Figura I – Tempo de exposição (segundos) para obter o controle com 100% de mortalidade de todas as fases do ciclo evolutivo do <i>S. oryzae</i> e temperatura (° C) da “massa” do arroz.	37

SUMÁRIO**Página**

LISTA DE TABELAS.....	
LISTA DE FIGURAS.....	
RESUMO.....	
ABSTRAT.....	
1. INTRODUÇÃO.....	01
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	04
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5. CONCLUSÕES.....	38
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

**EFEITOS DA RADIAÇÃO MICROONDAS NAS DIFERENTES
FASES DO CICLO EVOLUTIVO DE *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763)
(COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) EM ARROZ, VISANDO O
SEU CONTROLE.**

José Gilmar Franco

RESUMO

A presente pesquisa teve como objetivo avaliar os efeitos da radiação microondas nas diversas fases do ciclo evolutivo do gorgulho do arroz (*S. oryzae*), visando o seu controle. Os testes foram realizados em frascos de vidro com quantidades de 250 gramas de arroz integral e a irradiação foi feita em um forno microondas de 2.450 MH. Determinou-se o tempo de exposição necessário para o controle de cada uma das fases do ciclo evolutivo do inseto, concluindo-se que as fases imaturas (larva e pupa), presentes dentro do arroz, são mais sensíveis, necessitando de apenas 100 segundos para se obter controle de 100%; enquanto que a fase de ovo necessita de um tempo de exposição maior (130 segundos). Com relação à fase adulta, o tempo de exposição necessário para atingir a dose letal foi de 160 segundos. Todos os tempos de exposição foram irradiados com uma baixa potência (240 W). Também determinou-se que para quantidades maiores de arroz (1 kg) com a presença do ovo e formando uma camada de

2 centímetros na superfície do prato do microondas, necessitou de um tempo de exposição de 180 segundos. Portanto, de uma forma prática, podemos recomendar esse tempo de exposição de 180 segundos para o controle de todas as fases do ciclo evolutivo do inseto.

**MICROWAVE RADIATION EFFECTS ON THE DIFFERENT
PHASES OF THE EVOLUTIVE CYCLE OF *Sitophilus oryzae* (Linné,
1763) (COLEOPTERA, CURCULIONIDAE) IN RICE, FOCUSING
ITS CONTROL**

José Gilmar Franco

ABSTRAT

The current research had the aim to evaluate the microwave radiation effects on several phases of the rice weevil evolutive cycle (*S. Oryzae*) focusing its control. The tests have been done in glass vials with 250 grams of integral rice and the irradiation was done in a 2.450 MH microwave oven. It determined the exposure time needed to each phase control for the insect evolutive cycle, concluding that the immature phases (larvae and pupae), contained inside the rice, are more sensitive, requiring only 100 seconds to obtain 100% control while the egg phase requires a longer exposure (130 seconds). Referring to the grown phase, the time required to

attain the lethal dose was 160 seconds. All the exposure time have been irradiated with a low potency (240 W). It also displayed that to greater quantities of rice (1 kg), with egg presence and forming a 2 centimeter layer on the microwave plate surface, it required an exposure time of 180 seconds. Therefore, in a more effective way, we can recommend these 180 seconds exposure time to the control of all phases concerning the insect evolutive cycle.

1. INTRODUÇÃO

Os problemas que surgem na agricultura causados por insetos, tanto no campo como nos armazéns, são bastante consideráveis, contendo uma diversidade muito grande de insetos pragas, que danificam os produtos armazenados.

Os gorgulhos e as traças são os insetos apontados como os principais responsáveis pelas grandes perdas causadas aos grãos armazenados, principalmente aqueles considerados gêneros de primeira necessidade, como feijão, arroz, café, trigo, milho e sub-produtos (farinhas, farelos e fubás).

No Brasil, o *Sitophilus oryzae* segundo Rosseto (1966), está incluído entre um dos sete insetos que causam os maiores prejuízos em grãos armazenados.

Na conservação de grãos e produtos armazenados, vários tipos de radiações continuam sendo estudados: radiações infravermelhas, gama, X, elétron acelerado, etc, sendo que ainda o método mais amplamente utilizado é o químico.

Pela necessidade de uma melhor conservação com tecnologia moderna e avançada de alta eficiência, baixo custo e ausência de efeitos colaterais, a irradiação vem se tornando uma solução óbvia. Consiste em se desinfestar os grãos com uma determinada dose de radiação, inibindo a reprodução dos insetos, ou causando a morte de população infestante.

Segundo Singh & Liles (1972) e Arthur (1977), a irradiação é o método efetivo facilmente incorporado na prática moderna de manuseio de grãos, sendo suas principais recomendações à absoluta inocuidade e total eficiência.

Apesar de total eficiência, produtos tratados com radiação gama, X e elétrons acelerados sofrem muito com o problema de reinfestação, justamente porque não deixam resíduos, ao contrário do tratamento químico que deixam resíduos, mas o tratamento nunca atinge um controle de 100% dos insetos, sendo que essas duas metodologias de controle são aplicadas a grandes quantidades de produtos. E, devido a estes problemas,

que quando compramos esses produtos nos supermercados, após alguns dias estocados, deparamos com insetos no interior dos mesmos.

Devido aos problemas apresentados pelos dois métodos de controle para pragas de produtos armazenados, a presente pesquisou os efeitos da radiação microondas em todas as fases do ciclo evolutivo do *S. oryzae* como uma alternativa de controle para pequenas quantidades de grãos, visando seu controle a nível domiciliar (consumidor), já que o forno microondas, comercializado a partir de 1967, tornou-se um utensílio padrão presente nas residências, em quase todas as partes do mundo, sendo encontrado em mais de 90% das habitações nos Estados Unidos da América. No Brasil, registrou-se grande aumento do número de unidades nos últimos anos, com comercialização de 209.500 fornos de microondas em 1990; 250.000 em 1992; 600.000 em 1994; e cifra superior a 900.000 a partir de 1995 (Nunes et al, 1996).

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A Bibliografia sobre aplicação de radioisótopos e radiação em entomologia é vastíssima. Considerando-se aplicação de radiação, somente para grãos armazenados no período de 1950 a 2000 enumeram-se aproximadamente mais de 500 trabalhos. Os trabalhos anteriores a 1950 não apresentam valores reais de informações e sim de sentido histórico.

Os resultados obtidos junto a vários autores seguem abaixo, com ênfase para as irradiações com microondas e suas devidas propriedades e características.

Temperatura de 39°C e umidade relativa de 60% controlaram 99% de *Sitophilus* em trigo, já temperatura de 43°C e umidade relativa de 50% foi necessário para controlar *Rhyzopertha*, não afetando a qualidade do

trigo mas sim da farinha (especialmente quando o trigo foi armazenado por 2 meses) que assumiu uma coloração castanha avermelhada (Kirkpatrick, 1975).

No Japão, o microondas foi utilizado em estudos de laboratório, para controlar o besouro do cigarro (*Lasioderma serricorne*) e a traça do tabaco (*Ephestia elutella*); a efetividade do microondas no controle de insetos em tabaco resultou em 100% de mortalidade quando a temperatura foi elevada de 20 a 57°C. O Besouro apresentou maior resistência que a traça (Hirose et al, 1975).

Estudos na Malásia com diversos tipos e número de pragas de arroz ensacado em polietileno e armazenado, visando descobrir os efeitos dos insetos na qualidade do arroz indicaram que o *Tribolium castaneum* e o *S. oryzae* causam os maiores danos na qualidade do arroz. Também vários métodos de controle foram estudados quanto à efetividade e limitação aplicados antes de empacotar e armazenar o arroz. Os métodos examinados foram: “frying” (aquecimento em panelas por 4 minutos, mexendo o arroz manualmente até atingir a temperatura de 45°C), irradiação com microondas (2450 MHz) por 60 segundos e fumigação com brometo de

metila. A vida útil de armazenamento do arroz sem tratar era de quatro meses; pelo método Frying, sete meses; pelo microondas um ano e pelo método químico, dois anos. Conclui-se que cada método possui uma limitação, como o alto custo das microondas e o possível desenvolvimento de resistência dos insetos, ao tratamento químico (Lim et al, 1978).

O possível uso do aquecimento com microondas foi explorado visando controle do *S. oryzae*. Foi obtido 100% de mortalidade para adultos com tempo de exposição de 180 segundos. No entanto, mortalidade completa de larvas dentro e fora do grão só foi alcançado com exposições por 180 e 240 segundos respectivamente. A temperatura da “massa” do arroz com esses tempos de exposição foi levemente acima de 60° C na camada superior (0-3 cm) e 90° C na camada inferior (3-6 cm). No geral foi observado que para cada tempo de exposição, a mortalidade aumentou proporcional a profundidade do arroz no recipiente irradiado (Tee & Lim, 1978).

No Reino Unido, microondas de 896 MHz, com uma dose de 800W, controlou apenas 30% dos insetos (*Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium*

castaneum e *Sitophilus granarius*) em feijão. Já a mortalidade de *Ephestia cautella* foi de 80% (Hurlock et al, 1979).

Um estudo usando medidas físicas com ar quente e irradiação com microondas no controle do *S. oryzae* demonstrou que as vantagens das microondas são a elevação rápida da temperatura e a seletividade do calor, com exposições de aproximadamente 60 segundos para radiação de 800W, os grãos são aquecidos a 65°C, destruindo os insetos dentro de amostras de 500 gramas de trigo (Fleurat, 1981).

Foi estudada a combinação da irradiação microondas (exposição por 10 minutos) com vácuo no controle de quatro insetos: *Sitotroga cerealella* (100% de controle em centeio e milho e 96,8% em trigo), *Rhyzopertha dominica* (100% de controle em milho, 99,4% em centeio e 95,6% em trigo), *Sitophilus oryzae* (100% de controle em centeio e 99,2% em trigo) e *Sitophilus zeamais* (100% de controle de milho) (Tilton & Vardell, 1982).

Na Itália, resultados preliminares mostraram que exposição de larvas de *Sitophilus oryzae* a 2450 MHz durante 10 segundos suprimiu o

aparecimento dos adultos e causou aumento de 30°C no macarrão, sem alterar suas características organolépticas (D'Ambrosio, 1982).

Uma técnica de controle de pragas de silos com microondas leva alguns segundos e pode ser usado para um fluxo contínuo de grãos. Não há risco de ocorrer resistência e um dispositivo de segurança é aplicado, sendo o procedimento inofensivo ao ambiente. O procedimento foi usado para tratar trigo, aveia, centeio e cevada infestada com várias fases de desenvolvimento por *Rhyzopertha dominica*, *Cryptolestes ferrugineus*, *Sitophilus oryzae*, *Plodia interpunctella* e *Oryzaephilus surinamensis*. Os produtos tratados e os não tratados apresentaram a mesma qualidade (Hertelendy & Pinter, 1985).

Outro teste em laboratório usou as microondas para controlar pragas de nozes armazenadas infestadas com *Oryzaephilus surinamensis*, *Tribolium castaneum*, *Ephesia cautella* e *Plodia interpunctella*. Os resultados mostraram que exposições durante 15 minutos a 55°C controlou 100% de todas as espécies. Aquecimento a 60°C foi mais recomendado como margem de segurança. Esta temperatura não afetou o sabor das nozes adversamente (Wilkin & Nelson, 1987).

A irradiação com microondas no controle de insetos, no tocante a susceptibilidade, varia de acordo com as espécies e a fase de desenvolvimento, adultos são mais sensíveis que fases imaturas. Coleópteros são mais resistentes que Lepidópteros. Arroz empacotado teve que ser aquecido a uma temperatura superior a 80°C para controlar *Sitophilus oryzae*, *Oryzaephilus surinamensis* e *Rhyzopertha dominica* (Locatelli & Traversa, 1989).

Efeitos de microondas em pragas de grãos armazenados (trigo e arroz), foram estudados, nas diferentes fases de desenvolvimento do *Sitophilus oryzae*, *S. zeamais*, *R. dominica*, *O. surinamensis*, *T. castaneum* e *P. interpunctella* e na qualidade do arroz. Os insetos morreram efetivamente quando a temperatura atingiu 60°C, embora a suscetibilidade variou dependendo da espécie e da fase de desenvolvimento. Todas as espécies em todas as fases examinadas morreram com 2,5 kW durante 55 segundos. O sabor e a qualidade do arroz irradiado durante 60 segundos, quando a temperatura do arroz atingiu aproximadamente 75°C, não foi afetado quando o mesmo foi armazenado durante quatro meses a 30°C. Porém, depois de seis meses, o sabor do arroz irradiado e armazenado a

25°C se tornou menos aceitável que a testemunha (sem tratamento) (Nakakita et al, 1989).

Um estudo com o uso do microondas foi realizado visando o controle de fitopatógenos em sementes de soja, trigo, milho pipoca, amendoim e feijão. As sementes foram submetidas às potências máxima, média e mínima, em diferentes tempos de tratamento. Conclui-se que o uso do tratamento foi prejudicial às sementes, quando potências mais altas foram empregadas ou quando o tempo de tratamento foi mais prolongado. O nível de radiação correspondente à potência mínima, provocou menores danos, viabilizando o uso do tratamento com microondas na eliminação de fungos associados às sementes (Cavalcante, 1991)

Larvas de *Corcyra cephalonica* e adultos de *Rhyzopertha dominica* e *Callosobruchus chinensis* foram expostos à irradiação microondas durante 2,5 a 10 minutos. A mortalidade variou de 0 a 54%, conforme o aumento do tempo de exposição e da frequência (12 a 18 GHz). Os efeitos de tempo e exposição e frequência foram significativos a 5% para *C. chinensis* e *R. dominica*, enquanto só a frequência foi significativo a 5% para *Corcyra cephalonica*. (Bedi & Major, 1992).

A taxa de mortalidade de *Tribolium confusum* e *Plodia interpunctella* expostas com intermitência ou continuamente à irradiação microondas (2450 MHz) foi avaliado em função do tempo e poder de exposição e também nas diferentes fases de desenvolvimento dos insetos. Ambos os insetos morreram com temperatura média de 80°C. Exposições intermitentes a 1 ou 5 minutos de intervalo foram mais efetivas que as irradiações contínuas. Observou-se que os insetos se moviam para a superfície, se enrolavam e em alguns casos foi observado agregação dos mesmos durante a exposição (Shayesteh & Barthakur, 1996).

Foram realizados estudos sobre a mortalidade das várias fases dos insetos (*Sitophilus zeamais* e *Tribolium castaneum*) com uma fonte de microondas de alta potência (9 a 20 KW e frequência de 10,6 GHz) para irradiar amostras de trigo. Os resultados confirmaram a hipótese de que a razão de dispersão entre o hospedeiro e o inseto aumenta com frequências superiores a 2,45 GHz. A média de mortalidade de todas as fases do *S. zeamais* foi de 93% enquanto que para o *T. castaneum*, esta média foi de 94% para as fases de larva e adulto. Extrapolando os resultados para o custo do tratamento em volumes maiores, considerando o custo da energia elétrica a U\$0,05 por Kw/h, resultou um custo unitário de somente

U\$0,056 para cada 35 litros de trigo infestados com essas pragas. (Halverson et al, 1997).

Foram estudados os efeitos da irradiação de microondas em *Sitophilus zeamais* em diferentes freqüências (12, 15, 17 e 55 GHz) e concluiu-se que 15 GHz efetuou maior controle entre adultos. Porém, 55 GHz mostrou um melhor controle em todas as fases de desenvolvimento estudadas (Plarre et al, 1997).

Arthur & Arthur (1998) irradiaram adultos de *Rhyzopertha dominica* em arroz com radiação microondas e a dose de 75 segundos induziu a letalidade total dos adultos dessa espécie.

Em experiências administradas na Polônia, tratamento com microondas em exposição durante 15 a 180 segundos resultou em algumas mudanças estatisticamente significantes na umidade e no conteúdo de proteína solúvel em grãos de trigo. Esses grãos de trigo irradiados com microondas encurtam a vida de duas espécies de insetos que são alimentados com esses grãos (*Tribolium confusum* e *Ephestia kuehniella*). A irradiação com microondas também alterou índices de mortalidade,

intensidade de alimentação, fertilidade, número de progênes e tempo de desenvolvimento da larva do *Sitophilus granarius*. As experiências mostraram que irradiação durante 90 segundos reduziu a habilidade reprodutiva a uma taxa mínima (Pradzynska & Warchalewski, 1999).

Com relação às propriedades e características das microondas, segundo Nunes et al. (1996), as denominadas microondas constituem-se em ondas eletromagnéticas compreendidas entre o infravermelho e as ondas de rádio de espectro eletromagnético, cujas frequências específicas podem ser encontradas a 915 ou 2.450 MHz. São geradas através de magnetrons, que convertem energia elétrica a baixas frequências, 60 Hz, em campo eletromagnético com centros de cargas positivas e negativas, que mudam de direção bilhões de vezes por segundo. À medida que as microondas penetram no produto, interagem com os dipolos elétricos das moléculas de água e, por forças de atração e repulsão entre regiões opostamente carregadas, promovem a sua rotação no campo elétrico, resultando no rompimento das pontes de hidrogênio das moléculas vizinhas de água, gerando aquecimento por fricção molecular: o calor é transferido ao longo do produto por condução térmica convencional. Íons positivos e negativos dos sais dissolvidos nos alimentos geram aquecimento adicional pela

interação com o campo elétrico, por migração através das regiões opostamente carregadas do campo, promovendo também o rompimento das pontes de hidrogênio das moléculas de água. O nível de força e a taxa de aquecimento necessária para promover o aquecimento uniforme dependem, em grande parte, da composição, temperatura inicial, forma, estrutura e tamanho do produto alimentício, assim como da frequência do forno. A profundidade de penetração e a uniformidade do aquecimento são reguladas pelos conteúdos em umidade, sólidos e sais, determinantes das propriedades dielétricas do alimento. A absorção de energia pelos constituintes sólidos dos alimentos está condicionada, por sua vez, ao teor de umidade; em produtos com teores elevados ou intermediários de umidade não há absorção de energia microondas; o contrário se dá com os produtos desidratados. Assim, os alimentos pobres em umidade, por possuírem baixa capacidade térmica, aquecem-se mais uniformemente. De forma equivalente, o grau de umidade e a temperatura afetam a condução interna e a convecção superficial, influenciando as taxas de transferência de calor no processo convencional, que são determinadas pela difusibilidade térmica. As interações entre o produto alimentício e a fonte de potência das microondas são decisivas na absorção e transferência de energia nos alimentos, afetando a uniformidade da distribuição do calor durante o

aquecimento. Normalmente, há reflexão de um certo percentual de energia, a partir das superfícies do produto, sem que a mesma seja absorvida, o que ocasiona oscilação nos níveis de força incidente no interior do forno, resultando em sua distribuição irregular na superfície e originando pontos quentes e frios no interior dos produtos. A energia não refletida é absorvida por interações com os constituintes ativos do produto, diminuindo no seu interior à medida em que a penetração se acentua. A frequência do forno constitui outro fator capaz de influenciar a penetração das microondas; nos fornos com frequência de 915 MHz (uso industrial) a profundidade alcançada é duas a três vezes superior aos 2.450 MHz (uso doméstico). Em geral, a espessura do alimento pode ser limitada em função da força de penetração, ou seja, à profundidade em que cerca de 67% da energia transmitida é absorvida, a fim de se obter uniformidade no aquecimento. Diferenças na espessura ocasionam falta de uniformidade do aquecimento, notadamente nos produtos com formato irregular, ressaltando-se que, quanto mais próxima da força da profundidade de penetração estiver a espessura, mais uniforme será a distribuição do calor: isso, geralmente, se verifica nos produtos com formas regulares. Por outro lado, o aquecimento desigual é observado com maior frequência nas bordas da superfície, cantos e centros dos alimentos.

3. MATERIAL E MÉTODOS

A pesquisa foi realizada nos Laboratórios de Entomologia da Escola Superior de Agronomia de Paraguaçu Paulista (SP), com a espécie de inseto *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) (Coleóptera), Curculionidae), em condições de ambiente controlado de $25 \pm 2^\circ\text{C}$ de temperatura e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa.

A colônia inicial de *Sitophilus oryzae* foi obtida da Seção de Entomologia do CENA/USP, criada em arroz integral a diversas gerações.

Durante o desenvolvimento de experimento, a criação de insetos foi mantida em frascos de vidros transparentes com boca de oito centímetros de diâmetro e capacidade para 3.000 ml, contendo 500 gramas de arroz integral. Na tampa foi adaptada uma tela de metal revestida com lenço de papel, tipo “Yes”, a fim de permitir as trocas gasosas e evitar a penetração de ácaros ou inimigos naturais.

O substrato utilizado foi arroz integral *Oryza sativa* cv. IAC-201. Para que não houvesse interferência de outros insetos, que por acaso se encontrassem no interior dos grãos, estes foram mantidos em baixas temperaturas (-15°C) por um período de aproximadamente 30 dias, a fim de se eliminar uma possível infestação latente.

O experimento foi dividido nas seguintes etapas: ensaios com ovos, larva, pupa e adultos. Para isso, foi determinado o período em dias de todas as fases do ciclo evolutivo do inseto, nas condições climáticas já descritas.

Utilizou-se um forno de microondas comercial marca Sharp, modelo Corousel II, com frequência de 2.450 MHz, rendimento de potência de 800 W, sendo utilizado na baixa potência (30%), correspondendo a 240 W, com prato giratório, que proporciona uma melhor distribuição da temperatura no arroz irradiado. A distância da fonte de irradiação até o arroz foi de 17 cm.

a) Ensaio com ovos

Os insetos foram colocados sobre os grãos e deixados por um período de 24 horas, para que realizassem a oviposição; posteriormente, os insetos foram retirados e os grãos irradiados com microondas com os seguintes tempos de exposição: inicialmente com 0 (test.), 15, 30, 45 e 60 segundos; e posteriormente com 0 (test.), 75, 100, 115, e 130 segundos,

ambos na potência baixa (30%). Cada tratamento constou de cinco repetições com 50 gramas de grãos infestados, num total de 250 gramas de grãos, por tratamento, que foram colocados em potes de plástico medindo 10 centímetros de altura por 5 centímetros de diâmetro.

Após a irradiação, foi verificado a temperatura da “massa” do arroz através de um termômetro de mercúrio e os grãos foram colocados em uma câmara climática, já citada anteriormente, onde foram observadas as emergências dos insetos adultos.

b) Ensaio com larvas

Os insetos foram colocados sobre os grãos e deixados por um período de 24 horas, para que realizassem a oviposição; posteriormente, os insetos foram retirados e os grãos deixados em câmara climática até que ocorresse eclosão das larvas e essas, após atingirem o desenvolvimento completo dentro dos grãos durante 21 dias, foram irradiados com tempos de exposição: inicialmente com 0 (test.), 130, 160, 190 e 210 segundos; e posteriormente com 0 (test.), 85, 100, 115 e 130 segundos, ambos na potência baixa (30%). Cada tratamento constou de cinco repetições com 50 gramas de grãos infestados, num total de 250 gramas de grãos infestados, por tratamento, colocados nos potes plásticos já descritos.

Após a irradiação, foi verificado a temperatura da “massa” do arroz através de um termômetro de mercúrio e os grãos foram colocados em uma câmara climática, já citada anteriormente, onde foram observadas as emergências dos insetos adultos.

c) Ensaio com pupas

Os insetos foram colocados sobre os grãos e deixados por um período de 24 horas, para que realizassem a oviposição; posteriormente, foram retirados os insetos e os grãos deixados em câmara climática até eclosão das larvas e transformação completa das pupas dentro dos grãos (32 dias); sendo então irradiados com tempos de exposição: inicialmente com 0 (test.), 160, 190, 210 e 240 segundos; e posteriormente com 0 (test.), 80, 100, 120 e 140 segundos, ambos na potência baixa (30%). Cada tratamento constou de cinco repetições com 50 gramas de grãos infestados, num total de 250 gramas de grãos infestados, por tratamento, colocados em potes plásticos já descritos.

Após a irradiação, foi verificado a temperatura da “massa” do arroz através de um termômetro de mercúrio e os grãos foram colocados em uma câmara climática, já citada anteriormente, onde foram observadas as emergências dos insetos adultos.

d) Ensaio com adultos

Os insetos com idade variável foram colocados sobre os grãos e deixados por 24 horas, para que houvesse adaptação da população e posteriormente irradiados junto com os grãos com tempo de exposição de 0 (test.), 40, 80, 140 e 160 segundos em baixa potência (30%). Cada tratamento constou de cinco repetições com 50 gramas de grãos e mais 10 insetos adultos, num total de 250 gramas de grãos e 50 insetos por tratamento, colocados em potes plásticos já descritos.

Após a irradiação, foi verificada a temperatura da “massa” do arroz através de um termômetro de mercúrio e os grãos foram colocados em uma câmara climática, já citada anteriormente, onde se observou a mortalidade dos adultos e a emergência da sua geração filial.

Em cada ensaio utilizou-se o delineamento experimental inteiramente casualizado com cinco repetições por tratamento.

Os dados originais foram submetidos à análise exploratória (observação de valores discrepantes e da normalidade) pelo teste de Harley (homogeneidade de variâncias) e quando necessário a análise de regressão linear para verificar a existência de uma relação entre a média e a variância, indicando o tipo de transformação adequada para estabilização dos dados.

A transformação utilizada foi a raiz quadrada; em seguida foi realizada a análise de variância tendo continuidade com o teste de Tuckey ($\alpha = 0,05$), quando o teste F foi significativo ao nível de 5%.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Constam na Tabela 1 o número total de insetos emergidos por repetição dentro de cada tratamento e suas respectivas médias, quando os ovos de *S. oryzae* foram irradiados com doses crescentes de radiação microondas.

Pelos resultados da Tabela 1, podemos observar que com doses de até 30 segundos de exposição, a irradiação de microondas não induziu efeitos deletérios aos ovos no interior dos grãos de arroz, portanto, não afetaram a emergência dos insetos adultos quando comparados com a testemunha. Com a dose de 60 segundos, a radiação microondas aumentou a viabilidade dos ovos em 42% em relação à testemunha. Isto provavelmente está relacionado, com efeito, estimulante da radiação do microondas, ou seja, radioestimulação que faz parte de uma área de estudos denominada “Hormese”, definida como sendo a estimulação positiva de um

sistema biológico por quantidades subdanosas de qualquer agente físico, químico ou biológico. Com essas doses baixas, não foi possível atingir a letalidade dos ovos (que foram utilizadas em decorrência de experimentos realizados por Arthur & Arthur-1998, com *Rhyzopertha dominica*, que apesar de ser outra espécie de inseto, determinaram que dose/tempo acima de 1 minuto nas potências alta e média foi suficiente para eliminar 100% da população) já para *S. oryzae*, as alterações induzidas não chegaram a danificar o organismo, sendo assim um novo ensaio com doses/tempos maiores, seguindo a mesma metodologia, foi necessário para detectar a dose letal.

Tabela 1 – Número e média de insetos adultos de *Sitophilus oryzae* L. provenientes de ovos no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	Temperatura do arroz °C	RP	Nº DE INSETOS EMERGIDOS
0	25	1	21
		2	22
		3	23
		4	21
		5	19
Média			21,2 b
15	36	1	18
		2	23
		3	18
		4	23
		5	28
Média			22,0 b
30	37	1	23
		2	23
		3	18
		4	24
		5	18
Média			21,2 b
45	50	1	17
		2	22
		3	26
		4	23
		5	35
Média			24,6 a b
60	53	1	25
		2	23
		3	35
		4	32
		5	36
Média			30,2 a

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Pela Tabela 2, com a dose/tempo de 75 segundos, observamos que também aumentou a viabilidade dos ovos em 38% em relação a testemunha, apresentando diferença significativa ao nível de 5%. Isto também provavelmente esteja relacionado com a radioestimulação (Hormese). Já com dose/tempo de 115 segundos a irradiação induziu efeitos deletérios aos ovos no interior dos grãos de arroz, afetando a emergência dos insetos adultos em mais de 50%, quando comparados com a testemunha. Mas somente a dose de 130 segundos foi a que induziu a letalidade total nos ovos irradiados no interior dos grãos de arroz. Estando esses resultados semelhantes aos de Tilton & Vardell (1982), Tee & Lim (1978), Hurlock et al (1979) e Lim et al (1978).

Tabela 2 – Número e média de insetos adultos de *Sitophilus oryzae* L. provenientes de ovos no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	Temperatura do arroz °C	RP	Nº DE INSETOS EMERGIDOS
0	25	1	27
		2	22
		3	25
		4	24
		5	20
Média			22,6 b
75	62	1	26
		2	25
		3	32
		4	36
		5	38
Média			31,4 a
100	70	1	22
		2	23
		3	19
		4	18
		5	15
Média			19,4 b
115	74	1	10
		2	11
		3	09
		4	08
		5	07
Média			9,4 c
130	77	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 d

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Constam nas Tabelas 3 e 4 o número total de insetos emergidos por repetição dentro de cada tratamento e suas respectivas médias, quando larvas e pupas de *S. oryzae* foram irradiados com doses crescentes de radiação microondas no interior dos grãos de arroz.

Pelos resultados das Tabelas, podemos observar que já com as doses de 130 e 160 segundos de exposição, a irradiação de microondas induziu efeitos deletérios letais para essas fases do ciclo evolutivo do inseto, matando 100% da população, apresentando diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos. Estando esses resultados semelhantes aos de Tilton & Vardel (1982), Tee & Lim (1978), Hurlock et al (1979) e Lim et al (1978).

Como podemos observar, os experimentos foram realizados com doses/tempos maiores que 120 e 150 segundos, isto porque baseados nos resultados obtidos com ovos, achamos que as fases de larva e pupa fossem mais resistentes, o que, na realidade não ocorreu, então, esses ensaios foram repetidos com doses/tempos de exposição menores que 130 e 160 segundos para se determinar a dose letal para essas fases.

Tabela 3 – Número e média de insetos adultos de *Sitophilus oryzae* L. provenientes de larvas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	Temperatura do arroz °C	RP	Nº DE INSETOS EMERGIDOS
0	25	1	23
		2	24
		3	21
		4	29
		5	25
Média			24,4 a
130	77	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
160	93	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
190	109	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
210	121	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Tabela 4 – Número e média de insetos adultos de *Sitophilus oryzae* L., provenientes de pupas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	Temperatura do arroz °C	RP	Nº DE INSETOS EMERGIDOS
0	25	1	16
		2	23
		3	20
		4	25
		5	15
Média			19,8 a
160	93	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
190	109	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
210	121	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
240	136	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Nas Tabelas 5 e 6 constam os números de insetos emergidos por repetição dentro de cada tratamento e suas respectivas médias, quando larvas e pupas foram irradiadas com doses crescentes de radiação microondas no interior dos grãos de arroz, previamente infestados.

Pelos resultados dessas Tabelas, podemos observar que a dose (tempo) de 100 segundos de exposição à radiação microondas induziram a letalidade para essas duas fases do ciclo evolutivo do inseto, controlando em 100% a população e apresentaram diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos. Nos testes anteriores foram usadas doses mais elevadas (tempos maiores) para essas duas fases, iniciando-se os ensaios com doses maiores que 120 e 150 segundos de radiação microondas, isto porque se tomou como referência os resultados obtidos com a irradiação de ovos, onde a dose letal determinada experimentalmente foi de 130 segundos. Diante deste resultado, achamos que as fases de larva e pupa fossem mais resistentes, o que na realidade não ocorreu. Geralmente com radiação gama do Cobalto-60, que também é uma onda eletromagnética, a radioresistência aumenta gradativamente nas fases de ovo, larva, pupa e adulto. Provavelmente, essa maior resistência dos ovos em relação às fases de larva e pupa, esteja relacionada com uma perda de umidade ou dissecação dos mesmos, isto porque o contato da radiação

microondas sobre o arroz desencadeia um processo vibratório nas moléculas, provocando atrito e, conseqüentemente, gerando calor, perdendo umidade; mas como os ovos são colocados no interior dos grãos de arroz e cobertos com uma camada gelatinosa excretada pela fêmea para proteção do mesmo, provavelmente isto torne-os um pouco mais resistentes. Ao contrário, acontece com as larvas e pupas, isto porque após a eclosão, as larvas começam a se alimentar dos grãos e quanto mais desenvolvidas, fica praticamente somente a película externa, facilitando a perda de umidade (dissecação) e quando estão para se transformarem em pupas, constroem o orifício de saída dos adultos após a emergência, ficando essas fases então mais vulneráveis à dissecação. Esses resultados também estão semelhantes aos de Tilton & Vardel (1982), Tee & Lim (1978), Hurlock et al (1979) e Lim et al (1978).

Tabela 5 – Número e média de insetos adultos de *Sitophilus oryzae* L. provenientes de larvas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	Temperatura do arroz °C	RP	Nº DE INSETOS EMERGIDOS
0	25	1	12
		2	18
		3	36
		4	16
		5	11
Média			18,6 a
85	70	1	11
		2	05
		3	00
		4	00
		5	01
Média			3,4 b
100	72	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 c b
115	74	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 c b
130	77	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 c b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

Tabela 6 – Número e média de insetos adultos de *Sitophilus oryzae* L., provenientes de pupas no interior de grãos de arroz, irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	Temperatura do arroz °C	RP	Nº DE INSETOS EMERGIDOS
0	25	1	31
		2	25
		3	32
		4	31
		5	27
Média			29,2 a
80	68	1	6
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			1,2 b
100	70	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
120	76	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b
140	81	1	0
		2	0
		3	0
		4	0
		5	0
Média			0,0 b

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

O número de insetos emergidos e a longevidade por repetição dentro de cada tratamento e suas respectivas médias são apresentados na Tabela 7, quando insetos adultos de *Sitophilus oryzae* foram irradiados com doses crescentes de radiação microondas. Pelos resultados dessa Tabela, podemos observar que com o tempo de exposição de 160 segundos a radiação induziu a letalidade total nos insetos adultos logo após a irradiação. Observamos ainda que os efeitos da radiação foram proporcionais ao aumento da dose, e já com dose de 80 segundos, a radiação induziu um efeito muito drástico na longevidade e reprodução dos insetos, diminuindo em aproximadamente 50% a longevidade e 90% a reprodução. Comprovando assim que, realmente, a fase mais resistente do ciclo evolutivo do inseto a radiação microondas é a fase adulta, apresentando diferenças significativas entre a testemunha e os demais tratamentos. Estando esses resultados semelhantes aos de Tilton & Vardel (1982), Tee & Lim (1978), Hurlock et al (1979) e Lim et al (1978).

No caso de quantidades maiores (1 kg), que deverão ser comumente utilizados ao nível de consumidor domiciliar, por medida de segurança, a dose deverá ser de 180 segundos, pois com essa quantidade forma-se uma camada de arroz de aproximadamente dois centímetros por toda a extensão

do prato do microondas, necessitando com isso de um tempo maior, já que a irradiação é contínua e não intermitente; e portanto, não possibilitando que se misture o produto no ato da irradiação, ocorrendo alguns pontos onde a temperatura pode ser menor e desuniforme na extensão do prato do microondas. Para todas as irradiações foram utilizadas na potência baixa, 30% da potência (240 W).

Para melhor visualizar os resultados construiu-se a Figura I onde estão representados os tempos de exposição (dose) necessários para o controle de 100% de todas as fases do ciclo evolutivo do *S. oryzae* e as respectivas temperaturas da “massa” do arroz.

Todavia, no momento, a imediata aplicação desse método para controle desse inseto apresenta questionamento do ponto de vista econômico. Pesquisa neste aspecto em larga escala visando a uniformidade do aquecimento pelas microondas deverá certamente ser realizada.

Também estudos adicionais com temperatura e frequência das propriedades dielétricas dos grãos e dos insetos serão necessários para melhoria de cada método de controle.

Tabela 7 – Número e média da longevidade em adultos emergidos de *Sitophilus oryzae* L. irradiados com doses (tempos) crescentes de radiação microondas em arroz e a temperatura do arroz para cada dose.

TEMPO EM SEGUNDOS	TEMPERATURA DO ARROZ ° C	RP	LONGEVIDADE	EMERGÊNCIA DA GERAÇÃO F1
0	25	1	68	70
		2	105	94
		3	87	125
		4	70	191
		5	85	119
Média			83,0	123,8 a
40	48	1	66	108
		2	71	55
		3	69	68
		4	86	83
		5	103	59
Média			79,0	74,6 b
80	68	1	54	44
		2	58	01
		3	72	23
		4	15	00
		5	00	00
Média			39,8	13,6 c
120	76	1	10	0
		2	12	0
		3	13	0
		4	09	0
		5	05	0
Média			9,8	0,0 d
160	85	1	0	0
		2	0	0
		3	0	0
		4	0	0
		5	0	0
Média			0,0	0,0 d

Médias seguidas pelas mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tuckey a 5% de probabilidade.

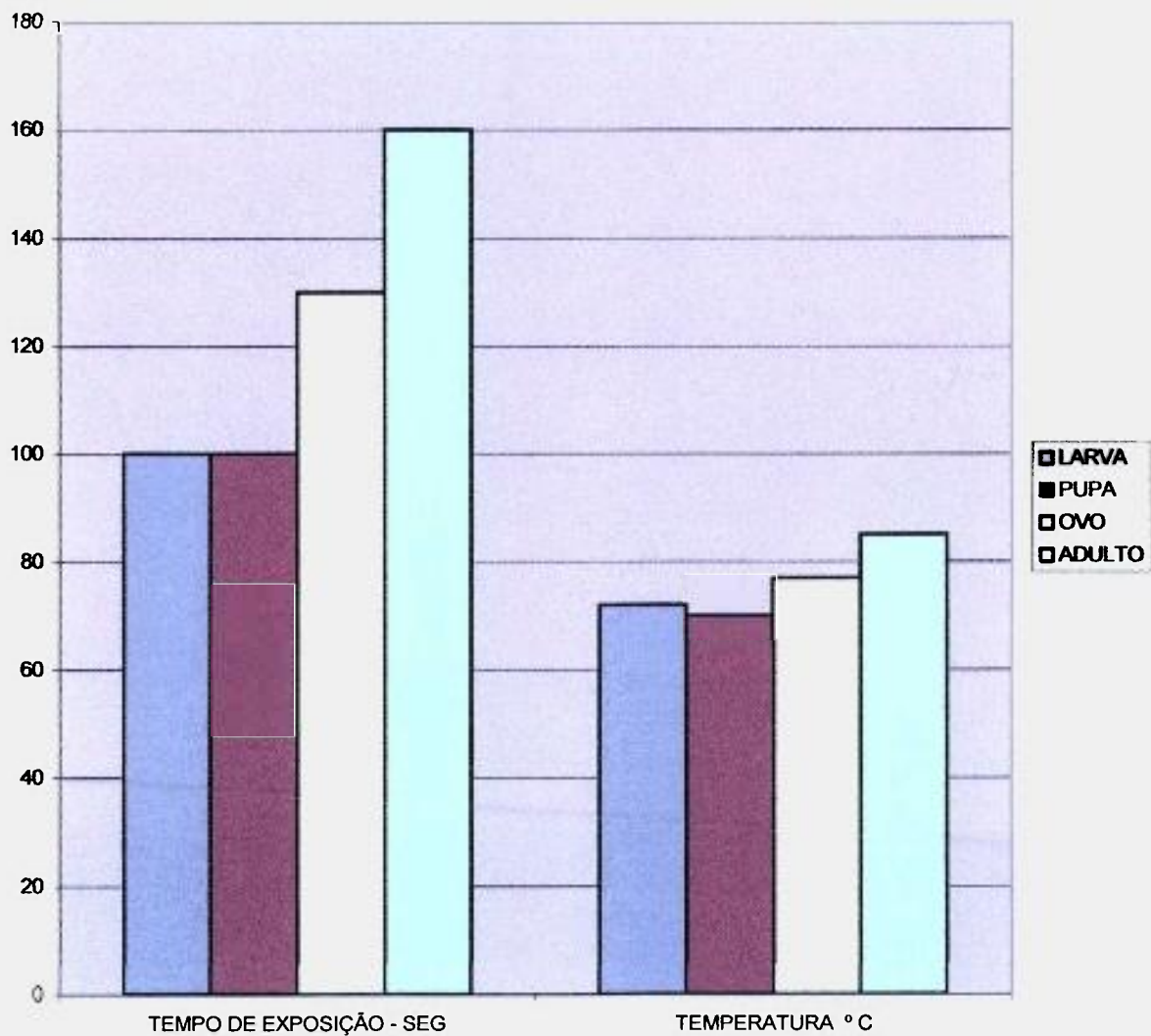


FIGURA I – Tempo de exposição (segundos) para obter o controle com 100% de mortalidade de todas as fases do ciclo evolutivo do *S. oryzae* e as respectivas temperaturas (° C) da “massa” do arroz.

5. CONCLUSÃO

Pelos resultados obtidos no experimento podemos concluir que:

- As fases de larva e pupa são as mais sensíveis, necessitando de apenas 100 segundos de exposição, na potência baixa, para efetuar um controle de 100%.
- Já a fase de ovo, necessita de um tempo de exposição de 130 segundos, também na potência baixa.
- E finalmente, a fase adulta, necessita de 160 segundos de exposição, na potência baixa, para causar mortalidade total da população de insetos no arroz.

Como medida de segurança, podemos recomendar, um tempo de 180 segundos em baixa potência para controlar todas as fases do ciclo evolutivo do *S. oryzae* em arroz.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTHUR, V. Controle de insetos-pragas por radiações ionizantes.

Biológico – São Paulo, v. 59,n. 1, p. 77 – 79, jan/jun 1997.

ARTHUR, V.; ARTHUR, P. B. Controle de *Rhyzopertha dominica*

(Coleóptera: Bostrichidae) em arroz através da radiação

microondas. *In: CONGRESSO BRASILEIRO DE*

ENTOMOLOGIA, 17, Rio de Janeiro, 1998, resumos, Rio

de Janeiro, 1998, p. 200.

BEDI, S.S.; MAJOR, S. Microwaves for control of stored grain insects.

National Academy Science Letters. 1992, 15: 6, 195-197; 6 ref.

CAVALCANTE, M.J.B. Uso de Microondas visando o controle de fitopatógenos em sementes. Viçosa (MG), 1991. 49p. *(Dissertação) Mestrado, Universidade Federal de Viçosa.*

D'AMBROSIO, G.; FERRARA, G.; TRANFAGLIA, A. Desinfestation of food commodities with microwaves: experiments with *Tenebrio molitor* (L.) (Coleoptera, Tenebrionidae) and *Sitophilus granarius* (L.) (Coleoptera, Curculionidae) [Control of stored food pests]. *Boll Lab Entomol Agrar Portici*. Napoli: Instituto di Entomologia Agraria. 1982 (pub. 1983). v. 39 p. 31-36.

FLEURAT, L.F. Medidas físicas com ar quente ou frequências altas contra insetos de grãos e produtos de cereais. *Boletim Técnico de Informação*, p. 349 – 352 - França, 1981.

HALVERSON, S.L.; PLARRE, R.; BURKHOLDER, W.E.; BOOSKE, J.H.; BIGELOW, T.S.; MISENHEIMER, M.E. Recent advances in the control of insects in stored products with microwaves. ASAE Annual International Meeting, Minneapolis, Minnesota, USA, 10-14] August, 1997. *Paper American Society of Agricultural Engineers*, 1997, N°. 976098, 16 pp.; 11 Hasset, C.C. Lethal Radiation for Stored Insects. *Pest Control*, v.25, n.11, p.13.

HERTELENDY, L.; PINTER, A. Microwave control technique for granary pests. *Zala megyei Novenyvedelmi es Agrokemiai Allomas*, Zalaegerszeg, Hungary. *Novenyvedelem*, 1985, 21: 5, 215, Hungarian.

HIROSE, T.; ABE, I.; KOHNO, M.; SUZUKI, T.; OSHIMA, K.; OKAKURA, T. The use of microwave heating to control insects in cigarette manufacture. Central Research Institute, Japan Tobacco and Salt Public Corporation, Japan. *Journal of Microwave Power*. 1975.

HURLOCK, E.T.; LLEWELLING, B.E.; STABLES, L.M. Microwaves can kill insect pests. Agricultural Science Service, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, UK. *Food Manufacture*. 1979, 54: 8, 37, 39; 2 fig.

KIRKPATRICK, R.L. Infrared radiations for control of lesser grain borers and rice walis in bulk wheat (Coleoptera, Bostrichidae & Curculionidae). *Journal of Kansas Entomology Society*, v.48, n.1, p.100-104, 1975.

LOCATELLI, D.P.; TRAVERSA, S. Microwaves in the control of rice infestants. *Italian Journal of Food Science*, 1989, 1: 2, 53-62.

LIM, G.S.; TEE, S.P.; ONG, I.M.; LEE, B.T. Problems and control of insects in rice packing. *Malaysian Agric. . Res. & Development Inst.* (Mardi), PO Box 202, Serdan, Selangor, Malaysia, 1978, 6 (2), 119-128, 16 ref.

NAKAKITA, H.; IMURA, O.; NABETANI, H.; WATANABE, A.; WATANABE, S.; CHIKUBU, S. Application of eletromagnetic waves for stored-product insects. Effects of mocrowaves on susceptibilities of insects and quality of rice. **Journal of Japanese Society of Food Science and Technology**, Japan; 36 (4) 267-273, 10 ref., 1989.

NUNES, I.A.; GERMANO, M.I.S.; GERMANO, P.M.L. Forno microondas: solução ou problema para a saúde pública? Faculdade de Saúde Pública, USP, **Higiene Alimentar**, vol.10, n.42, p.10-13, 1996.

PLARRE, R.; HALVERSON, S.L.; BURKHOLDER, W.E.; BIGELOW, T.S.; MISENHEIMER, M.E.; BOOSKE, J.H.; NORDHEIM, E.V. Effects des microondes de forte puissance et de differences frequencis sur *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). **Conference internationale sur les ravageurs en agriculture**. Montpellier (France). 6-8 Jan 1997.

PRADZYNSKA, A.; WARCHALEWSKI, J.R. Insect development in stored wheat grain irradiated with microwaves. **Ochrona Roslin**. 1999, 43:9, 33.

ROSSETO, C.J. Sugestão para o armazenamento de grãos no Brasil. **O Agrônômico**, v.18, n.9/10, p. 169-248, 1966.

SHAYESTEH, N.; BARTHAKUR, N.N. Mortality and behavior of two stored-product insect species during microwave irradiation. **Journal of Stored Products Research**, United Kingdom, 1996, v. 32, p. 239-246.

SING, H.; LILIES, J.N. Effects of gamma rays on the adult's lethality and reproductive potential of lesser grain bores adults. **Journal of Economic Entomology**, v.65, n.3, p.656-659, 1972.

TEE, S.P.; LIM, G.S. Effect of microwave (2450 MHz.) on *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae) in stored rice. **MARDI Research Bulletin (Malaysia)**. (Jun 1977). v. 5(1) p. 23-28.
Received at University Pertanian Malaysia Library, Jul 1978.

TATEYA, A.; TAKANO, T. Effects of microwave radiation on two species of stored-product insects *Tribolium confusum*, *Sitophilus oryzae*. **Chosa Kenkyu Hokoku Res Bull Plant Prot Serv Jap Shokubutsu Boeki Sho Yokohama**. Yokohama, The Service. Mar 1977. (14) p. 52-59. ill.

TILTON, E.W.; VARDELL, H.H. An evaluation of a pilot-plant microwave vacuum drying unit for stored-product insect control (*Rhyzopertha dominica*, *Sitophilus oryzae*). **Journal of the Georgia Entomological Society (USA)**. (Jan 1982). v. 17(1) p. 133-138.

WILKIN, D.R.; NELSON, G. Control of insects in confectionery walnuts using microwaves. Ministry of Agric., Fisheries & Food, Slough Lab., London Road, Slough, Berks, UK. **Monograph, British Crop Protection Council**. 1987, N°. 37, 247-254; In Stored Products Pest Control, Proceedings of a Symposium held at the University of Reading, 25-27 March, 1987.