



Revista Brasileira de Ciências Agrárias

ISSN: 1981-1160

editorgeral@agraria.pro.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Brasil

Barbosa, Douglas R. e S.; Fontes, Lúcia da S.

Radiação microondas para o controle de pupas de *Callosobruchus maculatus* em cultivares de feijão-caupi

Revista Brasileira de Ciências Agrárias, vol. 6, núm. 4, octubre-diciembre, 2011, pp. 551-556

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Pernambuco, Brasil

Disponível em: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=119021237001>

- ▶ Como citar este artigo
- ▶ Número completo
- ▶ Mais artigos
- ▶ Home da revista no Redalyc

redalyc.org

Sistema de Informação Científica

Rede de Revistas Científicas da América Latina, Caribe, Espanha e Portugal
Projeto acadêmico sem fins lucrativos desenvolvido no âmbito da iniciativa Acesso Aberto

Douglas R. e S. Barbosa¹Lúcia da S. Fontes²

Radiação microondas para o controle de pupas de *Callosobruchus maculatus* em cultivares de feijão-caupi

Resumo

Objetivou-se neste trabalho investigar os efeitos da radiação microondas em pupas de *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) nas cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) BRS Paraguá e BRS Xique-xique. Para a radiação, utilizou-se um forno microondas comercial, com frequência de 2.450 MHz, rendimento de potência de 800 W, em baixa potência (30%), sendo os tempos de exposição à radiação microondas 0, 60, 90, 120 e 150 segundos. Observou-se, para ambas as cultivares, redução no número de insetos emergidos por grão, número de insetos emergidos por tratamento e aumento do período ovo-adulto, com exposição a 60 segundos de radiação. Os tempos de 90, 120 e 150 segundos de exposição à radiação microondas foram letais para 100% das pupas de *C. maculatus*.

Palavras-chave: *Vigna unguiculata*, caruncho, irradiação, tempo de exposição.

Microwave radiation to control *Callosobruchus maculatus* pupae in cowpea cultivars

Abstract

The objective of this study was to investigate the effects of microwave radiation on *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) pupae in the cowpea (*Vigna unguiculata*) cultivars BRS Paraguá and BRS Xique-xique. The irradiation was made using a commercial microwave oven with a 2450 MHz frequency, 800 W power output, in low power (30%), with exposure periods to microwave radiation of 0, 60, 90, 120 and 150 seconds. It was observed, for both cultivars, reduction of the number of insects emerged per grain, number of insects emerged per treatment and increase in the egg to adult period, with 60 seconds exposure to microwave radiation. The 90, 120 and 150 seconds exposure periods to microwave radiation were lethal to 100% of the *C. maculatus* pupae.

Key words: *Vigna unguiculata*, bean weevil, irradiation, exposure period.

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Entomologia Agrícola, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife-PE, Brasil. Fone: (81) 3320-6234. Fax: (81) 3320-6205. E-mail: dougrsb@hotmail.com

² Universidade Federal do Piauí, Centro de Ciências da Natureza/Departamento de Biologia, Campus Ministro Petrônio Portela, Ininga, CEP 64049-550, Teresina-PI, Brasil. Fone: (86) 3215-5830 Ramal: 830. Fax: (86) 3215-5692. E-mail: lsfontes@uol.com.br

INTRODUÇÃO

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) (Fabaceae), também conhecido como feijão-macassar ou feijão-de-corda, é uma espécie de ampla distribuição mundial, principalmente nas regiões tropicais, em virtude de estas apresentarem condições edafoclimáticas semelhantes às do seu provável local de origem, a África (Brito et al., 2009). É um importante componente da dieta alimentar, especialmente em países subdesenvolvidos, devido ao alto teor de proteína nas sementes (Akande, 2007).

No Brasil, a cultura do feijão-caupi tem significativa importância socioeconômica como fixação de mão de obra no campo e como componente da produção agrícola, especialmente nas regiões Norte e Nordeste (Bezerra et al., 2008). Nos estados do Amazonas, Maranhão, Piauí, Ceará e Rio Grande do Norte, essa cultura representa de 95 a 100% do total das áreas cultivadas com feijão (Souza et al., 2005). Explorado tradicionalmente nos sistemas agrícolas familiares, em cultivo de sequeiro e com baixo nível tecnológico, o feijão-caupi tem sido pesquisado mais intensamente nas últimas décadas (Xavier et al., 2005).

Na região Nordeste do Brasil, o caupi é o feijão com maior área plantada e sofre grande infestação pelo caruncho *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae), principalmente durante o armazenamento (Mota et al. 2002). O controle efetivo da infestação desse inseto-praga pode ser realizado com o uso de inseticidas convencionais. Entretanto, esses inseticidas podem provocar efeitos adversos ao ambiente (Kawuki et al., 2005). Assim, é importante o desenvolvimento de métodos alternativos de controle, como o desenvolvimento de variedades resistentes e a utilização de plantas inseticidas, além de métodos físicos, como o uso de radiação ionizante, raios X e microondas.

A viabilidade do controle de insetos através de métodos físicos tem sido verificada em diversos trabalhos tais como: Fontes & Arthur (1994), usando radiação gama em ovos de *Tribolium castaneum* (Herbst) (Coleoptera: Tenebrionidae); Halverson et al. (1996), com radiação microondas no controle de insetos-praga de produtos armazenados; Wang et al. (2001), com radiofrequência em *Cydia pomonella* (L.) (Lepidoptera: Tortricidae); Cleghorn et al. (2002), com feixes de elétrons em insetos de produtos armazenados; Rami Reddy et al. (2006), usando elétrons acelerados para o controle de *Callosobruchus chinensis* (L.) (Coleoptera: Chrysomelidae: Bruchinae); Vadivambal et al. (2008b), avaliando a mortalidade de insetos de grãos armazenados expostos à energia microondas e Shim et al. (2009), com radiação gama contra *Plodia interpunctella* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae).

Assim, objetivou-se neste trabalho investigar os efeitos da radiação microondas em pupas de *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1775) nas cultivares de feijão-caupi (*Vigna unguiculata*) BRS Paraguaçu e BRS Xique-xique.

MATERIAL E MÉTODOS

Para realização do experimento foram utilizados espécimes de *C. maculatus* provenientes da criação-estoque mantida no próprio laboratório, em vidro fechado de 5 L com tampas revestidas com lenço de papel, sob temperatura de $30 \pm 2^\circ\text{C}$ e $70 \pm 5\%$ de umidade relativa.

Foram utilizados grãos de feijão-caupi das cultivares BRS Xique-xique e BRS Paraguaçu, provenientes da Embrapa Meio-Norte. Para que não houvesse interferência de outros insetos que por acaso se encontrassem no interior dos grãos, estes foram mantidos em baixa temperatura (-5°C em freezer) por um período de aproximadamente 30 dias, a fim de se eliminar uma infestação latente (Franco et al., 2004).

O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2×5 sendo duas cultivares de feijão-caupi (BRS Xique-xique e BRS Paraguacu) e cinco tempos de exposição à radiação microondas: 0, 60, 90, 120 e 150 segundos, com cinco repetições. Utilizaram-se placas de Petri medindo 2 cm de altura por 15 cm de diâmetro, cobertas com filme de PVC com pequenos orifícios, contendo 50 grãos de cada cultivar. Em cada placa foram colocados 15 adultos de *C. maculatus* com idade de 24 h, sem determinação do sexo, deixados por um período de 48 h, para acasalamento e oviposição. Em seguida, os insetos adultos foram retirados e realizou-se aplicação única de radiação quando no interior dos grãos os insetos atingiram o estágio pupal (pupas de cerca de três dias de idade), com um intervalo de 15 min nas aplicações de um tratamento a outro.

Para a irradiação foi utilizado um forno de microondas comercial, com frequência de 2.450 MHz, rendimento de potência de 800 W, utilizado na baixa potência (30%), correspondendo a 240 W, com prato giratório, que proporciona uma melhor distribuição da temperatura no grão irradiado. A distância da fonte de irradiação até os grãos de feijão caupi foi de 17 cm, com as placas de Petri dispostas de maneira circular no prato.

Após 28 dias da infestação, avaliou-se o número de insetos emergidos (número de orifícios) por grão, número de insetos emergidos por tratamento e período ovo-adulto.

Os dados originais, quando necessário, foram transformados para $(x+1)^{1/2}$, analisados quanto à variância, pelo teste F a 5% de probabilidade, e as médias comparadas pelo teste de SNK a 5% de probabilidade. Para o estudo de fator quantitativo, quando avaliado isoladamente, utilizou-se análise de regressão.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na cultivar BRS Paraguaçu, houve diferença significativa entre a testemunha e o tempo de exposição à radiação microondas de 60 segundos, com um número médio de insetos emergidos por tratamento 96,63% menor que o tratamento sem aplicação de microondas (Tabela 1).

Tabela 1. Número médio de adultos de *Callosobruchus maculatus* emergidos de pupas irradiadas com microondas em grãos de cultivares de feijão-caupi**Table 1.** Mean number of *Callosobruchus maculatus* adults emerged from pupae radiated with microwaves in cowpea cultivars grains

Cultivares	Tempo de exposição à radiação microondas (segundos)				
	0	60	90	120	150
BRS Paraguáçu	291,20aA	9,80aB	0,00aC	0,00aC	0,00aC
BRS Xique-xique	147,40bA	6,60aB	0,00aC	0,00aC	0,00aC
CV (%) = 21,18					

Dados originais; para análise foram transformados em $(x + 1)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma coluna e maiúscula dentro da mesma linha, não diferem entre si, pelo teste SNK a 5% de probabilidade

Tabela 2. Número médio de adultos de *Callosobruchus maculatus* emergidos por grão, provenientes de pupas irradiadas por diferentes tempos de exposição, com microondas em cultivares de feijão-caupi**Table 2.** Mean number of *Callosobruchus maculatus* adults emerged per grain, from pupae radiated with microwave under different exposure times, in cowpea cultivars

Cultivares	Tempo de exposição à radiação microondas (segundos)				
	0	60	90	120	150
BRS Paraguáçu	5,82aA	0,19aB	0,00aB	0,00aB	0,00aB
BRS Xique-xique	2,95bA	0,13aB	0,00aB	0,00aB	0,00aB
CV (%) = 7, 70					

Dados originais; para análise foram transformados em $(x + 1)^{1/2}$. Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma coluna e maiúscula dentro da mesma linha, não diferem entre si, pelo teste SNK a 5% de probabilidade

Vadivambal et al. (2007) obtiveram 100% de mortalidade em pupas de *T. castaneum*, aplicando um tempo de exposição à radiação microondas de 28 segundos, com uma potência de 500W em grãos com grau de umidade de 14%. No presente trabalho, para ambas as cultivares, os tempos de exposição de 90, 120 e 150 segundos proporcionaram uma inviabilidade de 100% das pupas irradiadas em potência de 240 W, não apresentando diferença significativa entre si, porém diferindo significativamente do tempo de 60 segundos e do tratamento testemunha.

Na cultivar BRS Xique-xique, obteve-se o maior número de insetos emergidos sem a exposição à radiação, com emergência 98,88% maior que os demais tempos. Franco et al. (2004), estudando efeitos da radiação microondas em pupas de *Sitophilus oryzae* (L.) (Coleoptera: Curculionidae), observaram que tempos de exposição a partir de 100 segundos provocam a morte de 100% das pupas irradiadas; já o tempo de 80 segundos de exposição, reduz em, aproximadamente, 95% a emergência de adultos na geração filial em relação à testemunha.

Verificou-se que os tempos de exposição a partir de 90 segundos mataram 100% das pupas no interior dos grãos, já o tempo de 60 segundos de radiação microondas reduziu em 96,07% a emergência média por tratamento em relação à testemunha, levando-se em conta as duas cultivares.

Não houve diferença significativa entre o número médio de insetos emergidos por grão nas duas cultivares, quando aplicados tempos de exposição à radiação microondas de 60, 90, 120 e 150 segundos (Tabela 2).

Vadivambal et al. (2008a), aplicando radiação microondas em pupas de *T. castaneum*, observaram que um tempo de 56 segundos em potência de 400W ocasionou 100% de mortalidade. Pode-se inferir que somente a partir do tempo de exposição de 90 segundos não houve emergência de insetos nos grãos das duas cultivares, sendo que todos os tratamentos, de 60 a 150 segundos, diferiram significativamente da testemunha, com emergência por grão 99,18% menor que esta. As duas cultivares diferiram entre si apenas nos tratamentos sem aplicação de radiação microondas.

Comparando-se as duas cultivares, houve tendência dos grãos da cultivar BRS Xique-xique serem mais resistentes em relação aos da cultivar BRS Paraguáçu, pois apresentaram emergência por tratamento de 48,84% e por grão de 48,75%, respectivamente. Pode-se sugerir que a resistência encontrada neste caso seja do tipo antibiose já que os insetos não tiveram chance de escolha pelas cultivares. Segundo Lima et al. (2002), nos países produtores de caupi, o uso de cultivares resistentes constitui uma alternativa promissora, com o objetivo de reduzir os danos e as perdas no armazenamento.

Nas duas cultivares de feijão-caupi, observou-se um aumento do período médio ovo-adulto no tempo de 60 segundos em relação ao tratamento testemunha, diferindo significativamente deste (Tabela 3).

Na cultivar BRS Xique-xique este aumento foi de 4,76% e na cultivar BRS Paraguáçu de 7,5%. As duas cultivares diferiram entre si em relação ao período ovo-adulto, tendo a cultivar BRS Xique-xique apresentado um período de desenvolvimento 6,09% maior que a outra cultivar.

Warchalewski et al. (2000), estudando efeitos da radiação microondas e gama em algumas pragas de grãos armazenados, observaram para grãos de trigo quando tratados com microondas que houve o encurtamento do tempo larval de *Tribolium confusum* Jacquelin du Val (Coleoptera: Tenebrionidae) e *Ephestia kuehniella* (Zeller) (Lepidoptera: Pyralidae). Já no presente trabalho, observou-se que para cultivares de feijão-caupi quando tratadas com radiação microondas houve a elevação do período de desenvolvimento de *C. maculatus*, prolongando o período pupal, uma vez que a aplicação de microondas foi feita neste estágio de desenvolvimento.

A frequência utilizada nessa pesquisa foi de 2450 MHz, suficiente para causar a morte de 100% das pupas no interior dos grãos de feijão-caupi a partir de 90 segundos. Ikediala et al. (1999), estudando efeitos da radiação na mortalidade de

C. pomonella e na qualidade de frutas, usaram a frequência de 915 MHz de microondas, conseguindo uma mortalidade de larvas de terceiro ínstar de até 98%, com dois dias de armazenamento a frio após o tratamento com microondas.

Por meio de regressão quadrática, determinou-se que o tempo de exposição que resulta em emergência mínima é de 110,16 segundos para o número de insetos emergidos por tratamento (Figura 1A) e de 111,9 segundos para o número de insetos por grão (Figura 1B), na cultivar BRS Paraguaçu. Para a cultivar BRS Xique-xique estes valores são de 110,81 (Figura 1C) e 93,83 (Figura 1D) segundos.

Bhaskara et al. (1998) estudaram o efeito do tratamento com microondas na qualidade de sementes de trigo contaminadas com *Fusarium graminearum* e verificaram que a eliminação deste fungo patogênico aumentou com a energia microondas total, contudo, a viabilidade e o vigor

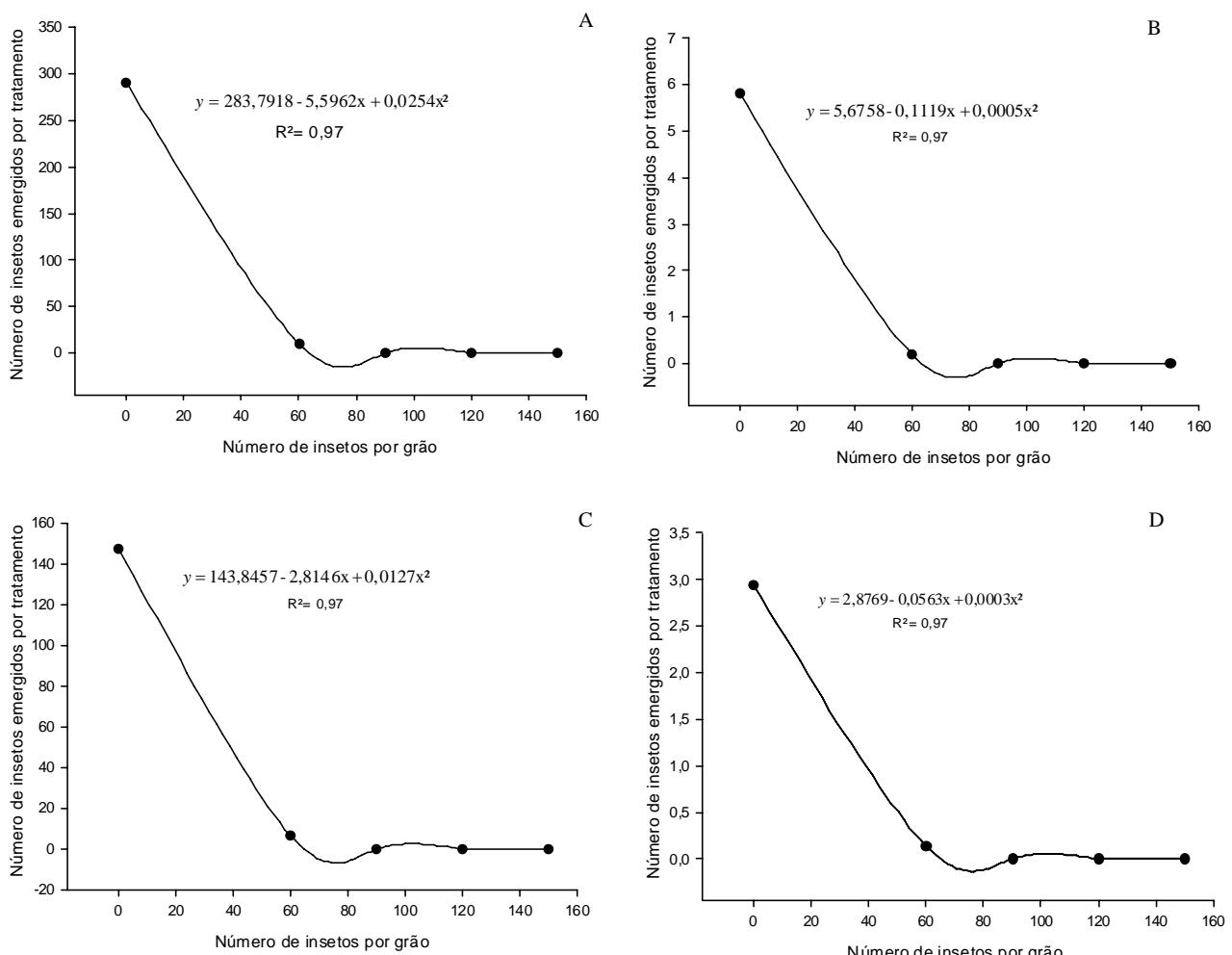


Figura 1. Efeitos da radiação microondas em pupas de *Callosobruchus maculatus* nas cultivares de feijão-caupi. A) Número de insetos emergidos por tratamento na cultivar BRS Paraguaçu. B) Número de insetos por grão na cultivar BRS Paraguaçu. C) Número de insetos emergidos por tratamento na cultivar BRS Xique-xique. D) Número de insetos por grão na cultivar BRS Xique-xique

Figure 1. Effects of the microwave radiation on *Callosobruchus maculatus* pupae in cowpea cultivars. A) Number of insects emerged per treatment in BRS Paraguaçu cultivar. B) Number of insects per grain in BRS Paraguaçu cultivar. C) Number of insects emerged per treatment in BRS Xique-xique cultivar. D) Number of insects per grain in BRS Xique-xique cultivar

Tabela 3. Período médio ovo-adulto de *Callosobruchus maculatus* provenientes de pupas irradiadas com microondas em grãos de cultivares de feijão-caupi**Table 3.** Mean duration of the egg-adult period of *Callosobruchus maculatus* emerged from pupae radiated with microwave in cowpea cultivars grains

Cultivares	Tempo de exposição à radiação microondas (segundos)				
	0	60	90	120	150
BRS Paraguaçu	22,20bB	24,00bA	-	-	-
BRS Xique-xique	24,00aB	25,20aA	-	-	-
CV (%) = 3,25					

Médias seguidas pela mesma letra minúscula dentro da mesma coluna e maiúscula dentro da mesma linha, não diferem entre si, pelo teste SNK a 5% de probabilidade

da semente diminuíram. Em vista disso, para um uso de radiação microondas como meio alternativo de controle eficiente, devem-se conhecer, além dos efeitos nos insetos-praga, as alterações nos produtos irradiados resultantes da elevação da temperatura, que pode afetar características como sabor, odor, coloração e outras.

Segundo Wang & Tang (2001), as energias de radiofrequência e microondas não deixam resíduo químico nos produtos, são processos seguros aos operadores e causam pouco impacto ao ambiente. Este estudo representa um avanço da utilização de radiação de microondas em insetos, porém, os tratamentos de aquecimento dielétrico para aplicações práticas na indústria ainda precisam ser estudados para reduzir o custo de energia e resolver as questões de aquecimento desigual e danos na qualidade dos produtos, como modificações nas suas propriedades organolépticas.

CONCLUSÕES

Os tempos de exposição de 90, 120 e 150 segundos à radiação microondas, com frequência de 2.450 MHz, rendimento de potência de 800 W e baixa potência (30%) provocam a morte de 100% das pupas de *Callosobruchus maculatus*;

Com sessenta segundos de exposição, a mortalidade de pupas não chega a 100%, mas há redução no número de insetos emergidos por tratamento, por grão e aumento do período de desenvolvimento de ovo a adulto.

LITERATURA CITADA

- Akande, S.R. Genotype by environment interaction for cowpea seed yield and disease reactions in the forest and derived savanna agro-ecologies of south-west Nigeria. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Science, v.2, n.2, p.163-168, 2007.
- Bezerra, A.A. de C.; Távora, F.J.A.F.; Freire Filho, F.R.; Ribeiro, V.Q. Morfologia e produção de grãos em linhagens modernas de feijão caupi submetidas a diferentes densidades populacionais. Revista de Biologia e Ciências da Terra, v.8, n.1, p.85-93, 2008.
- Bhaskara, M.V.; Raghavan, G.S.V.; Kushalappa, A.C.; Paulitz, T.C. Effects of microwave treatment on quality of wheat seeds infected with *Fusarium graminearum*. Journal of Agricultural Engineering Research, v.71, n.2, p.113-117, 1998. <http://dx.doi.org/10.1006/jaer.1998.0305>
- Brito, M. de M.P.; Edson, T.M.; Silva, C. da. Marcha de absorção do nitrogênio do solo, do fertilizante e da fixação simbiótica em feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e feijão-comum (*Phaseolus vulgaris* L.) determinada com uso de ¹⁵N. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.33, n.4, p.895-905, 2009. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-06832009000400014>
- Cleghorn, D.A.; Nabolo, S.V.; Ferro, D.N.; Hagstrum, D.W. Electron beam treatment parameters for control of stored product insects. Radiation Physics and Chemistry, v.63, n.3-6, p.575-579, 2002. [http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X\(01\)00596-5](http://dx.doi.org/10.1016/S0969-806X(01)00596-5)
- Fontes, L.S.; Arthur, V. Efeitos da radiação gama do cobalto-60 em ovos de *Tribolium castaneum* (Herbst., 1797) (Coleoptera: Tenebrionidae). Scientia agricola, v.51, n.3, p.403-406, 1994. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90161994000300004>
- Franco, J.G.; Arthur, V.; Franco, S.S.H.; Arthur, P.B. Efeitos das radiações microondas em pupas de *Sitophilus oryzae* (Linné, 1763) (Coleoptera, Curculionidae) em Arroz, visando o seu controle. Arquivos do Instituto Biológico, v.71 (supl.), n.3, p.1-4, 2004.
- Halverson, S.L.; Burkholder, W.E.; Bigelow, T.S.; Nordheim, E.V.; Misenerheimer, M.E. High-power microwave radiation as an alternative insect control method for stored products. Journal of Economic Entomology, v.89, n.6, p.1638-1648, 1996.
- Ikediala, J.N.; Tang, J.; Neven, L.G.; Drake, S.R. Quarantine treatment of cherries using 915MHz microwave: temperature mapping, codling moth mortality and fruit quality. Postharvest Biology and Technology, v.16, n.2, p.127-137, 1999. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(99\)00018-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(99)00018-6)
- Kawuki, R.S.; Agona, A.; Nampala, P.; Adipala, E. A comparison of effectiveness of plant-based and synthetic insecticides in the field management of pod and storage pests of cowpea. Crop Protection, v.24, n.5, p.473-478, 2005. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2004.09.017>
- Lima, M.P.L. de.; Oliveira, J.V. de.; Barros, R.; Torres, J.B.; Gonçalves, M.E. de C. Estabilidade da resistência de genótipos de caupi a *Callosobruchus maculatus* (Fabr.) em gerações sucessivas. Scientia Agricola, v.59, n.2, p.275-280, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S0103-90162002000200011>
- Mota, A.C.; Fernandes, K.V.S.; Sales, M.P.; Flores, V.M.Q.; Xavier Filho, E. Cowpea vicilins: fraction of urea denatured sub-units and effects on *Callosobruchus maculatus* F. (Coleoptera: Bruchidae) development. Brazilian Archives of Biology and Technology. v.45, n.1, p.1-5, 2002. <http://dx.doi.org/10.1590/S1516-89132002000100001>

- Rami Reddy, P.V.; Todoriki, S.; Miyanoshita, A.; Imamura, T.; Hayashi, T. Effect of soft electron treatment on adzuki bean weevil, *Callosobruchus chinensis* (L.) (Col., Bruchidae). *Journal of Applied Entomology*, v.130, n.6-7, p.393-399, 2006. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1439-0418.2006.01074.x>
- Shim, J.K.; Aye, T.T.; Kim, D.W.; Kwon, Y.J.; Kwon, J.H.; Lee, K.Y. Gamma irradiation effects on the induction of three heat shock protein genes (piac25, hsc70 and hsp90) in the Indian meal moth, *Plodia interpunctella*. *Journal of Stored Products Research*, v.45, n.2, p.75-81, 2009. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2008.09.005>
- Souza, M. do S.M. de.; Bezerra, F.M.L.; Teófilo, E.M. Coeficientes de cultura do feijão caupi na região litorânea do Ceará. *Irriga*, v.10, n.3, p.241-248, 2005.
- Vadivambal, R.; Jayas, D.S.; White, N.D.G. Determination of mortality of different life stages of *Tribolium castaneum* (Coleoptera: Tenebrionidae) in stored barley using microwaves. *Journal of Economic Entomology*, v.101, n.3, p.1011-1021, 2008a. [http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493\(2008\)101\[1011:DOMODL\]2.0.CO;2](http://dx.doi.org/10.1603/0022-0493(2008)101[1011:DOMODL]2.0.CO;2)
- Vadivambal, R.; Jayas, D. S.; White, N. D. G. Mortality of stored-grain insects exposed to microwave energy. *Transactions of the ASABE*, v.51, n.2, p.641-647, 2008b.
- Vadivambal, R.; Jayas, D.S.; White, N.D.G. Wheat disinfestation using microwave energy. *Journal of Stored Products Research*, v.43, n.4, p.508-514, 2007. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jspr.2007.01.007>
- Wang, S., Tang, J. Radio frequency and microwaves alternative treatments for insect control in nuts. *Agricultural Engineering Journal*, v.10, n.3-4, p.105-120, 2001.
- Wang, S.; Ikediala, J.N.; Tang, J.; Hansen, J. D.; Mitcham, E.; Mao, R.; Swanson, B. Radio frequency treatments to control codling moth in in-shell walnuts. *Postharvest Biology and Technology*, v.22, n.1, p.29-38, 2001. [http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214\(00\)00187-3](http://dx.doi.org/10.1016/S0925-5214(00)00187-3)
- Warchalewski, J.R.; Pradzynska, A.; Gralik, J.; Nawrot, J. The effect of gamma and microwave irradiation of wheat grain on development parameters of some stored grain pests. *Nahrung*, v.44, n.6, p.411-414, 2000. [http://dx.doi.org/10.1002/1521-3803\(20001201\)44:6<411::AID-FOOD411>3.0.CO;2-L](http://dx.doi.org/10.1002/1521-3803(20001201)44:6<411::AID-FOOD411>3.0.CO;2-L)
- Xavier, G.R.; Martins, L.M.V.; Rumjanek, N.G.; Freire Filho, F.R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.40, n.4, p.353-359, 2005. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-204X2005000400006>