

## Influência da Temperatura e da Umidade Relativa na Toxicidade de Deltametrina a Populações Resistente e Susceptível de *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae)

Raul N. C. Guedes<sup>1</sup> e Carla J. Heyde<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Departamento de Biologia Animal, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

<sup>2</sup>Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem-CENTREINAR, Universidade Federal de Viçosa, 36570-000, Viçosa, MG.

---

An. Soc. Entomol. Brasil 25(3): 521-528 (1996)

Influence of Temperature and Relative Humidity on Toxicity of Deltamethrin to Resistant and Susceptible Populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae)

**ABSTRACT** - Impregnated filter paper bioassays were used to estimate the toxicity of deltamethrin to resistant and susceptible populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. in different combinations of temperature ( $t^{\circ}$ ) (25, 30 and 35  $^{\circ}$ C) and relative humidity (RH) (from 50 to 90%). Higher toxicity was observed at higher  $t^{\circ}$  and toxicity decreased with the decrease in  $t^{\circ}$ . For the susceptible population the toxicity increased at the lowest  $t^{\circ}$  (25  $^{\circ}$ C) after reaching a minimum toxicity at 26.7  $^{\circ}$ C. Higher toxicities were observed for intermediate levels of RH (ca. 60% for the resistant and ca. 75% for the susceptible population) decreasing toward extreme values of RH (50% and 90%).

**KEY WORDS:** Insecta, maize weevil, deltamethrin, insecticide resistance.

**RESUMO** - Bioensaios com papéis de filtro impregnados com inseticida foram utilizados para estimar a toxicidade de deltametrina a populações resistente e susceptível de *Sitophilus zeamais* Motsch. em diferentes combinações de temperatura (25, 30 e 35  $^{\circ}$ C) e umidade relativa (UR) (de 50% a 90%). Maiores toxicidades foram observadas a temperaturas mais elevadas (35  $^{\circ}$ C) decrescendo com o decréscimo de temperatura. Para a população susceptível a toxicidade elevou-se a temperaturas mais baixas (25  $^{\circ}$ C) após atingir um ponto de toxicidade mínima a 26,7  $^{\circ}$ C. Maiores toxicidades foram também observadas em níveis intermediários de UR (cerca de 60% para a população resistente e cerca de 75% para a susceptível) decrescendo em direção aos valores mais extremos da faixa de UR (i.e. 50% e 90%).

**PALAVRAS-CHAVE:** Insecta, caruncho do milho, deltametrina, resistência a inseticidas.

---

O controle químico é a principal medida de combate a insetos de grãos armazenados (Braga *et al.* 1992). Contudo, quando inseticidas são aplicados visando o controle de

insetos em grãos armazenados, o nível de controle obtido é frequentemente inferior ao esperado baseado em testes de laboratório, normalmente conduzidos a temperatura de

20 ou 25 °C e umidade relativa (UR) de 70%.

A toxicidade de inseticidas é normalmente afetada por vários fatores com destaque para temperatura, UR, a espécie de inseto e o tipo de inseticida (Barson 1983, Subramanyam & Cutkomp 1987, Kobayashi *et al.* 1989, Soderlund & Bloomquist 1989). O efeito da temperatura sobre a toxicidade de inseticidas a pragas de grãos armazenados vem sendo objeto de estudos (Desmechelier 1977, Subramanyam & Cutkomp 1987, Guedes *et al.* 1992) e algumas generalizações sobre o fenômeno vem sendo feitas (Eto, 1990). A UR do ar e seu efeito na atividade biológica de inseticidas, apesar de relegados a um plano secundário, vem despertando interesse, principalmente no que refere a pragas de grãos armazenados (Samson & Keating 1987, Samson & Hall 1989, Guedes *et al.* 1992).

A espécie de inseto também é um fator importante para a atividade biológica de inseticidas tornando difíceis as previsões de efeitos inseticidas em diferentes condições de temperatura e UR para insetos não estudados previamente. Devido a isso e aos efeitos biológicos controvertidos de piretróides verificados em diferentes condições de temperatura e UR, buscou-se com este trabalho investigar o efeito da temperatura e UR na ação tóxica de depósitos de deltametrina a uma população de *Sitophilus zeamais* Motsch. susceptível a este inseticida e outra população desta espécie resistente a este composto.

### Material e Métodos

Os insetos utilizados nos bioensaios, provenientes de Viçosa (MG) e Santa Cruz do Sul (RS), foram mantidos no Centro Nacional de Treinamento em Armazenagem-CENTREINAR a temperatura de 25 °C e UR de 70%. A população de insetos de Viçosa foi caracterizada como susceptível a deltametrina e a de Santa Cruz do Sul foi caracterizada como resistente a deltametrina e outros piretróides além de ser também resistente ao DDT provavelmente devido a insensibilidade do sítio de ação destes compostos (Guedes *et al.* 1995). Essa resistência a deltametrina

parece ser monogênica e recessiva em *S. zeamais* (Guedes *et al.* 1994, 1995).

Deltametrina em grau técnico foi utilizada nos bioensaios usando-se acetona como solvente para o estabelecimento das diferentes concentrações inseticidas. A técnica de impregnação de papel de filtro, recomendada pela FAO (Anônimo 1974, 1980), foi utilizada na avaliação da atividade inseticida da deltametrina. Os papéis de filtro, tratados com 0,5 ml das soluções inseticidas, após secos ao ar, foram transferidos para placas de Petri e 40 insetos adultos não sexados foram colocados em cada placa, sobre seu respectivo papel de filtro impregnado com inseticida, confinados em anéis de vidro (4,5 cm x 2,5 cm) revestidos com talco na face interna para impedir os insetos de subirem nas paredes dos anéis. Como precaução, para evitar fuga por vôo, os anéis foram recobertos com organza presa por elásticos na sua borda superior. Após 24 horas de exposição aos inseticidas, os papéis de filtro tratados foram retirados das placas e sobre elas foram colocados grãos de milho para os insetos sobreviventes. A mortalidade dos insetos foi avaliada 48 horas após a exposição dos insetos aos papéis de filtro impregnados com inseticida.

Foram estimadas as concentrações letais para 50% (CL50) dos indivíduos de cada população de insetos, para cada combinação de temperatura e UR do ar em que foram conduzidos os ensaios. Essas concentrações letais foram obtidas por meio das curvas concentração-resposta, utilizando-se, pelo menos, quatro concentrações de deltametrina para cada combinação temperatura-UR e três repetições com 40 insetos cada, para cada concentração do inseticida.

As CL50 foram determinadas através da análise de próbite adotando-se o nível de significância de 5% e utilizando-se o procedimento PROC PROBIT do SAS (SAS Institute 1985) para efetua-la. Em todos os bioensaios foram utilizadas testemunhas (papéis de filtro tratados com acetona). A mortalidade na testemunha foi usada para corrigir as mortalidades observadas nos outros tratamentos. Os valores de CL50 estimados para cada

combinação temperatura-UR e cada população de insetos foram usados na construção de modelos de regressão múltipla através do procedimento PROC REG do SAS (SAS Institute 1985). Esses modelos permitiram a obtenção de superfícies de resposta relacionando os valores de CL50 com a temperatura e a UR para cada uma das duas populações de *S. zeamais* estudadas.

### Resultados e Discussão

Baseando-se nos valores de CL50 estimados através das curvas concentração-resposta obtidas nos bioensaios, a atividade inseticida da deltametrina foi até 2,6 x superior as demais, a 70% de UR a 25 e 35 °C de temperatura para a população de insetos proveniente de Viçosa (Tabela 1). Para a população de insetos de Santa Cruz do Sul, a atividade biológica da deltametrina foi superior a 35 °C e 50% de UR e a 30 °C com 70% de UR (Tabela 2). A análise dos dados, plotados na forma de superfície de resposta relacionando os valores de CL50 com

Através da derivação da equação de superfície de resposta dos insetos de Viçosa (Fig. 1), verificou-se um ponto de valor máximo de CL50 à temperatura de 26,7 °C. Assim, a toxicidade de deltametrina à população de *S. zeamais* coletada em Viçosa foi menor a 26,7 °C. Temperaturas entre 25 e 30 °C tiveram efeito negativo na atividade de deltametrina sobre os insetos de Viçosa em comparação a temperatura de 35 °C, para toda a faixa de UR investigada. A deltametrina foi mais tóxica a essa população de insetos na faixa de 70-80% de UR, reduzindo sua toxicidade em direção aos extremos da faixa de UR estudada. Para a população gaúcha de *S. zeamais*, a deltametrina foi mais tóxica a temperaturas maiores (Fig. 2). Valores intermediários de UR (60%) foram mais benéficos a atividade biológica da deltametrina sobre os insetos resistentes a este inseticida (i.e., provenientes de Santa Cruz do Sul) que UR's nos extremos da faixa estudada, apesar deste inseticida ter apresentado efeito tóxico ótimo em temperatura e UR elevadas (35 °C e 90%).

Tabela 1. Resultados de análise de próbite mostrando a toxicidade de deltametrina à população de *Sitophilus zeamais* proveniente de Viçosa (MG) em diferentes condições de temperatura e umidade relativa.

Temp. (°C)	Umidade relativa(%)	Inclinação (± EP)	CL50 (IC 95%) (mg/ml)	X <sup>2</sup>	Prob.
25	65	0,5231(±0,0388)	0,0596(0,0273-0,2391)	3,53	0,06
25	70	0,2070(±0,0560)	0,0079(0,0036-0,0125)	2,11	0,35
25	75	0,4978(±0,0274)	0,0512(0,0158-0,1067)	4,38	0,11
30	50	0,4748(±0,0366)	0,1025(0,0677-0,1625)	7,32	0,06
30	70	0,5156(±0,0297)	0,0523(0,0446-0,0614)	9,02	0,11
30	90	0,4066(±0,0248)	0,0686(0,0385-0,1402)	7,79	0,05
35	50	0,4265(±0,0466)	0,0304(0,0068-0,0545)	8,26	0,05
35	70	0,4133(±0,0429)	0,0157(0,0128-0,0190)	4,11	0,25
35	80	0,4908(±0,0281)	0,0265(0,0216-0,0325)	4,27	0,12

temperatura e UR, verifica-se a tendência dos efeitos da temperatura e da UR na atividade biológica da deltametrina (Figs. 1, 2).

Os resultados encontrados são interessantes em relação aos encontrados na literatura em que os inseticidas organo-

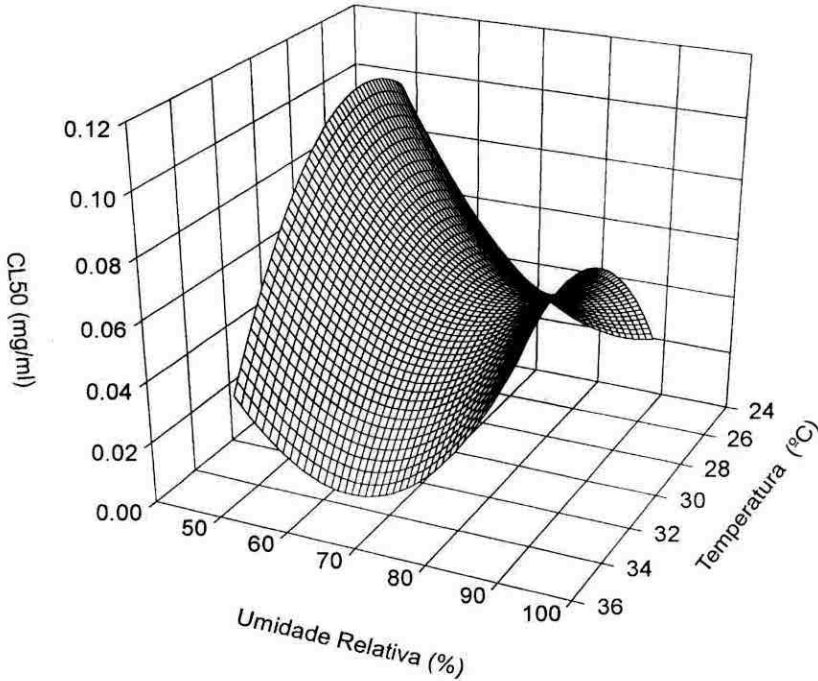


Figura 1. Efeitos da temperatura e umidade relativa sobre a toxicidade de deltametrina para a população de *Sitophilus zeamais* proveniente de Viçosa (MG). ( $z = -0,512850 + 0,068508x - 0,001284x^2 - 0,007448y + 0,000020851y^2 + 2,833789(10^{-10})x^2y$  onde  $z = \text{CL50 (mg/ml)}$ ,  $x = \text{temperatura (}^\circ\text{C)}$  e  $y = \text{umidade relativa (\%)}; R^2 = 0,78$ ).

fosforados tem sido objeto de estudos mais intensos (Barson 1983, Subramanyam & Cutkomp 1987). Quanto ao efeito da temperatura na atividade biológica de inseticidas, Barson (1983) verificou que o fosforado clorpirifós metílico é mais tóxico ao coleóptero de grãos armazenados *Oryzaephilus surinamensis* (L.) em temperatura mais elevadas, padrão distinto do que é normalmente relatado para piretróides. Contudo, tanto efeitos positivos quanto negativos da temperatura sobre a toxicidade de piretróides a insetos de grãos armazenados têm sido verificados (Subramanyam & Cutkomp 1987). Piretróides tipo I (e.g., aletrina e resmetrina) não possuem o grupo ciano (CN) na porção alcoólica da molécula, ao contrário dos piretróides tipo II (e.g., deltametrina e cipermetrina) que possuem a porção  $\alpha$ -cianofeno-

xibenzil em suas moléculas (Kobayashi *et al.* 1989, Soderlund & Bloomquist 1989, Eto 1990). Piretróides tipo I, bem como DDT, são geralmente mais tóxicos aos insetos a temperaturas mais baixas, mas pelo menos alguns piretróides tipo II tem se mostrado mais tóxicos a temperaturas mais elevadas (Eto 1990), que parece ser o caso aqui verificado para deltametrina e *S. zeamais*. Apesar da diferença estrutural dos dois grupos de piretróides, esta não é suficiente para explicar a atividade biológica distinta de ambos (Kobayashi *et al.* 1989).

Desmechelier (1977), em estudo com os coleópteros *Rhyzopertha dominica* (F.), *Tribolium castaneum* (Herbst), *Sitophilus oryzae* (L.) e *S. zeamais*, verificou que piretrinas e bioresmetrina foram mais tóxicas a 20 °C do que a 30 °C. Esses resultados

Tabela 2. Resultados de análise de próbite mostrando a toxicidade de deltametrina à população de *Sitophilus zeamais* proveniente de Santa Cruz do Sul (RS) em diferentes condições de temperatura e umidade relativa.

Temp. (°C)	Umidade relativa(%)	Inclinação (±EP)	CL50 (IC 95%) (mg/ml)	X <sup>2</sup>	Prob.
25	65	0,1893(±0,0262)	1,1815(0,0546-0,3324)	1,20	0,55
25	70	0,0686(±0,0286)	0,3466(0,1856-0,4966)	0,95	0,62
25	75	0,1135(±0,0155)	1,1456(0,4324-2,8864)	0,53	0,91
30	50	0,2127(±0,0412)	1,0386(0,6426-1,8992)	3,63	0,16
30	70	0,0916(±0,0258)	0,0065(0,0000-0,0633)	0,63	0,73
30	90	0,1948(±0,0322)	0,1919(0,0632-0,3427)	2,87	0,24
35	50	0,1136(±0,0351)	0,0065(0,0001-0,0344)	2,97	0,22
35	70	0,1345(±0,0303)	0,0176(0,0005-0,0620)	1,94	0,38
35	80	0,1650(±0,0232)	0,0696(0,0078-0,1665)	1,53	0,46

corroboram os resultados encontrados e reforçam o relato de Eto (1990). Contudo, a temperaturas > 30 °C (para os insetos

minneiros) e para toda a faixa de temperatura (para os insetos gaúchos), a atividade da deltametrina, ao invés de reduzir, aumentou até

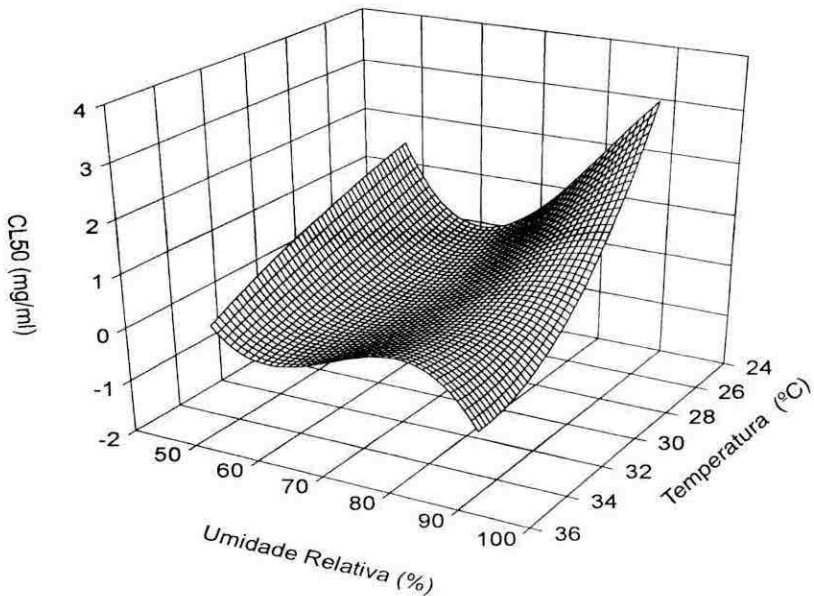


Figura 2. Efeitos da temperatura e umidade relativa sobre a toxicidade de deltametrina para a população de *Sitophilus zeamais* proveniente de Santa Cruz do Sul (RS). ( $z=64,419368-0,000282x-2,394434y+0,02561y''+0,000008201x''y''-0,00004956xy$  onde  $z=CL50$  (mg/ml),  $x=temperatura$  (°C) e  $y=umidade$  relativa (%);  $R''=0,95$ ).

35 °C, assemelhando-se ao padrão de comportamento dos fosforados e alguns piretróides tipo II (Eto 1990). Essa maior atividade biológica de inseticidas em temperaturas maiores é atribuída a maior penetração do inseticida no inseto devido ao aumento da atividade destes (Subramanyam & Cutkomp 1987).

Quanto ao efeito da UR na atividade biológica de inseticidas, o seu aumento leva a um aumento da eficiência de fosforados no controle de pragas de grãos armazenados (Barson 1983, Samson & Keating 1987, Samson & Hall 1989). Para Samson & Keating (1987) e Samson & Hall (1989), altas UR's aumentam a biodisponibilidade de inseticidas para os insetos. Os piretróides não tem sido objeto desses estudos e a relação UR-toxicidade da deltametrina difere, em parte, do que tem sido verificado para inseticidas fosforados. A toxicidade de deltametrina para a população mineira (susceptível) de *S. zeamais* aumentou com a UR até atingir 75 - 80% de UR, experimentando um ligeiro decréscimo de toxicidade a 90% de UR. Mesmo assim, as explicações de Barson (1983), Samson & Keating (1987) e Samson & Hall (1989) podem ser válidas também para deltametrina agindo sobre *S. zeamais*.

A população gaúcha de *S. zeamais* foi menos afetada pela UR a temperaturas mais elevadas, mas a temperaturas mais baixas o efeito da UR sobre a toxicidade da deltametrina a esta população de insetos foi acentuada, apresentando toxicidade máxima a 60% UR e decrescendo a medida que se afasta deste ponto. Tanto para a população de *S. zeamais* resistente a piretróides (proveniente de Santa Cruz do Sul) quanto para a população susceptível (proveniente de Viçosa), o efeito da UR sobre a toxicidade de deltametrina a estes insetos pareceu excessivo. Resultados de mensuração de potência de inseticidas usando papéis filtro não são aplicáveis a outras superfícies, pois este substrato potencia a atividade relativa de inseticidas em até 81x em comparação a outras superfícies como verificado por Samson & Hall (1989).

O solvente aqui usado (i.e., acetona) também favoreceu essa maximização da atividade inseticida em testes envolvendo impregnação de papel filtro (Samson & Keating 1987). Materiais celulósicos como papel filtro absorvem água e acumulam umidade entre suas microfibrilas elevando a mobilidade do inseticida absorvido pelo papel filtro e favorecendo o efeito tóxico deste (Samson & Keating 1987). O uso de solventes oleosos e/ou outras superfícies para impregnação de inseticida (e.g., vidro) são recomendações úteis para estudos futuros sobre efeito de UR na atividade biológica de inseticidas.

Trabalhos relacionando simultaneamente os efeitos de temperatura e UR sobre a atividade biológica de inseticidas são raros, porém de grande importância principalmente considerando-se o ambiente de armazenamento (e.g., Barson 1983). Na armazenagem, a aplicação de inseticidas protetores como a deltametrina é normalmente feita após a secagem dos grãos, quando estes encontram-se entre 30 e 45 °C. Nesse caso, à 30 °C a atividade da deltametrina seria menor e, tanto ela quanto os fosforados, devem ter sua ação inseticida aumentada à 35 °C, devendo-se atentar para a importância do manejo na operação de secagem e resfriamento dos grãos. Em graneleiros, onde é feita a pulverização na correia transportadora, a temperatura do ar fica frequentemente entre 40-50 °C podendo comprometer a ação dos inseticidas, pois muitos deles são instáveis nessas temperaturas.

A importância da UR reside em sua interação com a temperatura, aumentando ou reduzindo o efeito desta e provendo informações relevantes de como deve-se proceder o controle de pragas de produtos armazenados em dada região, de acordo com suas características climáticas, principalmente sua flutuações anuais de temperatura e UR. É importante enfatizar ainda o risco das generalizações a respeito do efeito da temperatura e UR sobre a atividade biológica de inseticidas, que podem levar a conclusões equivocadas e erros na utilização destes compostos.

### Agradecimentos

Ao CENTREINAR, por ter possibilitado a condução desse trabalho em suas instalações; ao Dr. Jamilton P. Santos (EMBRAPA/CNPMS) pelo fornecimento da população de insetos provenientes de Santa Cruz do Sul (RS); e aos colegas Dr. Marcelo Picanço (DBA/UFV) e Dra. Leda R. D'A. Faroni (DEA/UFV) pelas sugestões dadas.

### Literatura Citada

- Anônimo. 1974.** Recommended methods for the detection and measurement of resistance of agricultural pests to pesticides. Tentative method for adults of some major beetle pests of stored cereals with malathion and lindane-FAO method no. 15. *FAO Plant Prot. Bull.* 22: 127-137.
- Anônimo. 1980.** Recommended methods for measurement of pest resistance to pesticides. Method for adults of some major pests of stored cereals with malathion or lindane-FAO method no. 15. *FAO Plant Prot. Paper* 21: 77-89.
- Barson, G. 1983.** The effects of temperature and humidity on the toxicity of three organophosphorus insecticides to adult *Oryzaephilus surinamensis* (L.). *Pestic. Sci.* 14: 145-152.
- Braga, G.C., R.N.C. Guedes, F.A.P. Silva & L.H. Castro. 1992.** Avaliação da eficiência de inseticidas, isolados e em misturas, no controle de *Sitophilus zeamais* Motschulsky (Coleoptera: Curculionidae) em milho armazenado. *Rev. Ceres* 38: 522-528.
- Desmechelier, J.M. 1977.** Selective treatments, including combinations of pyrethroids and organophosphorus insecticides, for control of stored product Coleoptera at two temperatures. *J. Stored Prod. Res.* 13: 129-137.
- Eto, M. 1990.** Biochemical mechanisms of insecticidal activities, p.65-107. In *Chemistry of plant protection*. Berlin, Springer-Verlag, v.6.
- Guedes, R.N.C., C.J. Heyde, F.A.P. Silva & M.C. Picanço. 1992.** Efeito da temperatura e da umidade relativa do ar na toxicidade de deltametrina a *Sitophilus zeamais* (Coleoptera: Curculionidae). *Rev. Bras. Armaz.* 17: 44-48.
- Guedes, R.N.C., J.O.G. Lima, J.P. Santos & C.D. Cruz. 1994.** Inheritance of deltamethrin resistance in a Brazilian strain of maize weevil. *Int. J. Pest Manag.* 40: 103-106.
- Guedes, R.N.C., J.O.G. Lima, J.P. Santos & C.D. Cruz. 1995.** Resistance to DDT and pyrethroids in Brazilian populations of *Sitophilus zeamais* Motsch. (Coleoptera: Curculionidae). *J. Stored Prod. Res.* 31: 145-150.
- Kobayashi, T., K. Nishimura & T. Fujita. 1989.** Effects of the cyano group in the benzyl moiety on insecticidal and neurophysiological activities of pyrethroid esters. *Pestic. Biochem. Physiol.* 35: 231-243.
- Samson, P.R. & J.A. Keating. 1987.** Effect of relative humidity on the biological activity of insecticides in impregnated paper assays. *J. Stored Prod. Res.* 23: 177-181.
- Samson, P.R. & E.A. Hall. 1989.** Effect of relative humidity on the biological activity of fenitrothion residues on different surfaces. *J. Stored Prod. Res.* 25: 243-246.
- SAS Institute. 1985.** SAS user's guide: statistics, version 2, 5 ed. SAS Institute, Cary, N.C., USA.

**Soderlund, D.M. & J.R.Bloomquist. 1989.**  
Neurotoxic actions of pyrethroid insecticides. *Annu. Rev. Entomol.* 34: 77-96.

perature on toxicity of pyrethroids to five species of stored-product insects. *J. Econ. Entomol.* 80: 9-12.

**Subramanyam, B.H. & L.K.Cutkomp. 1987.** Influence of posttreatment tem-

*Recebido em 05/10/95. Aceito em 25/11/96.*

---