

CÉSAR AUGUSTE BADJI

**IMPACTO DA DELTAMETRINA E DO PLANTIO DIRETO NA COMUNIDADE
DE ARTRÓPODES ASSOCIADA À CULTURA DO MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de "Doctor Scientiae".

**VIÇOSA
MINAS GERAIS - BRASIL
2004**

CÉSAR AUGUSTE BADJI

**IMPACTO DA DELTAMETRINA E DO PLANTIO DIRETO NA COMUNIDADE
DE ARTRÓPODES ASSOCIADA À CULTURA DO MILHO**

Tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Entomologia, para obtenção do título de “Doctor Scientiae”.

Aprovada: 10 de fevereiro de 2004.

Prof. Antônio Alberto da Silva
(Conselheiro)

Prof. Marcelo Coutinho Picanço

Profa. Terezinha Maria Castro Della Lucia

Márcio da Silva Araújo

Prof. Raul Narciso Carvalho Guedes
(Orientador)

A Deus, pelas oportunidades que me abriram os caminhos, ofereço.

Dedico esta tese

Aos meus pais Mathias Badji e Yolande Sambou, pela educação recebida.

Aos meus irmãos Brigitte, Aurelie, Jeanne, Michel, Claude e Leopold pelo amor fraterno e apoio incondicional em todas as circunstâncias.

Aos meus filhos Jean David, Yolande e ao Lucas.

À minha esposa, Íris.

À família Jerôme Manga de Kolda onde se iniciou esta longa caminhada.

AGRADECIMENTO

À Universidade Federal de Viçosa e ao Programa de pós-graduação em Entomologia, pela oportunidade de realização do curso.

Ao programa PEC-PG da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e do Ministério das Relações Exteriores pela concessão da bolsa de estudos.

À minha esposa Íris e aos meus filhos.

Ao professor Raul N.C. Guedes, pela orientação, pela amizade e pela confiança depositada nestes anos de convivência.

Ao professor Marcelo Coutinho Picanço que me iniciou na pesquisa, por seu incentivo e sua amizade.

À Dona Paula secretária da Pós-graduação em Entomologia, pela paciência, amizade e principalmente pela competência inquestionável. Aos funcionários Francisco Ribeiro e José Evaristo Lopes, pela amizade, momentos de desconcentrações e pelos auxílios na condução dos experimentos.

Aos conselheiros, Professora Maria Eliana e Professor Antônio Alberto.

Aos amigos do Laboratório de Química da vila Gianetti: Professor Antônio Augusto, Guilherme, Raquel, Robson, Anizio, Fábio, Flavia, Elenice pelo convívio agradável.

Aos amigos desta caminhada: Carvalho e Edilene, Momade e Paula, Alfredo e Daniela, Mpanzo e Ilma, Tozé e Carminha, Pedro e Ju, Cristina e Fábio, Marcos Rafael, Flavio, Marcelo baiano e Adriana, Leandro Bacci, André Crespo, Márcio Araújo e Ivan baiano.

Aos irmãos e amigos do Laboratório de Toxicologia de Inseticidas: Berghem e Raquel, Daniel e Cleuma, Sérgio, Pedro e Rose, Eugênio, Nelsa, Jamile, Rúbia e Alberto.

A minha sogra Dona Zilda e a toda família Barbosa de Souza.

Aos taxonomistas Anibal Ramadam, Jefferson Mineiro, Ivan Cardoso do Nascimento e Carlos Sperber pelo auxílio inestimável na condução deste trabalho e todos aqueles que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização do presente trabalho.

CONTEÚDO

	Página
RESUMO.....	Vi
ABSTRACT.....	Viii
1. INTRODUÇÃO	1
REFERÊNCIAS.....	4
2. Impacto da deltametrina nos artrópodes da parte aérea do milho em sistema de plantio convencional e plantio direto.....	10
ABSTRACT.....	11
RESUMO.....	12
INTRODUÇÃO	13
MATERIAL E MÉTODOS.....	14
RESULTADOS.....	18
DISCUSSÃO.....	21
CONCLUSÕES.....	24
AGRADECIMENTOS.....	24
REFERÊNCIAS.....	25
3. Impacto de deltametrina e do sistema de plantio na comunidade de artrópodes da superfície do solo sob cultivo de milho.....	40
ABSTRACT.....	41
RESUMO.....	42
INTRODUÇÃO	44
MATERIAL E MÉTODOS.....	45
RESULTADOS.....	50
DISCUSSÃO.....	53

AGRADECIMENTOS.....	56
REFERÊNCIAS.....	57
4. Impacto da deltametrina em formicídeos associados a cultivos de milho sob dois sistemas de plantio	69
ABSTRACT.....	70
RESUMO.....	71
INTRODUÇÃO	72
MATERIAL E MÉTODOS.....	74
RESULTADOS.....	76
DISCUSSÃO.....	79
CONCLUSÃO.....	82
AGRADECIMENTOS.....	82
REFERÊNCIAS.....	83
5. RESUMO E CONCLUSÕES	99

RESUMO

BADJI, César Auguste, D.S., Universidade Federal de Viçosa, fevereiro de 2004. **Impacto da deltametrina e do plantio direto na comunidade de artrópodes associada à cultura do milho.** Orientador: Raul Narciso Carvalho Guedes. Conselheiros: Antônio Alberto da Silva e Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz.

A deltametrina está entre os principais inseticidas utilizados para o controle da lagarta-do-cartucho *Spodoptera frugiperda*, além de outras pragas importantes da cultura do milho. Apesar da importância desse composto e de seu uso freqüente, pouco se sabe sobre seus efeitos em artrópodes não-alvo de aplicação. Estudos de avaliação ecotoxicológica desses inseticidas são muito raros e provenientes de regiões temperadas. Normalmente são explorados apenas aspectos de seletividade em favor de inimigos naturais ou os estudos concentram-se na quantificação de resíduos na planta, solo e água da localidade sem identificarem o impacto destes em sistemas biológicos relevantes. Contudo, sob o aspecto ecotoxicológico, esses estudos são de valor restrito por não possibilitarem a avaliação dos efeitos, a campo, do inseticida aplicado na comunidade alvo primário da ação inseticida (i.e., a comunidade de insetos peculiar ao ecossistema sob investigação) e sua recuperação frente a este fator de estresse ambiental. Esse tipo de estudo feito aqui contempla não apenas o complexo de insetos fitófagos e predadores/parasitóides associados a determinado cultivo, mas também outros elementos da comunidade que possuem grande importância na estruturação da mesma, como artrópodes detritívoros. Além do impacto inseticida, avaliou-se também a influência dos sistemas de plantio na estrutura e abundância de artrópodes. Métodos multivariados como análise de variáveis canônicas (CVA), análise de componentes principais (PCA) e curvas de respostas principais

(PRC), que permitem uma visão global da estrutura da comunidade, foram utilizados. Este tipo de análise propicia uma visão ao nível de comunidade levando em conta as relações intra e interespecíficas, além da influência exercida por fatores ambientais. Na parte aérea, detectou-se efeito significativo do sistema de cultivo na comunidade de artrópodes. Em relação ao impacto do inseticida, ele foi significativo apenas no sistema de plantio convencional. Quanto ao sistema de plantio direto, ele foi capaz de tamponar o impacto do inseticida na comunidade de artrópodes minimizando o seu efeito. Na avaliação dos artrópodes do solo, foi dada atenção particular aos identificados como bioindicadores. A avaliação dos artrópodes, em nível taxonômico maior, não detectou impacto significativo do inseticida nos grupos de artrópodes avaliados. Para alguns grupos como as formigas, não foi detectado nem efeito do sistema de plantio. No entanto, o sistema de plantio exerceu influência nas comunidades de Collembola e de ácaros. Avaliando-se a comunidade de formiga em nível de espécie, foi possível detectar efeito nítido do sistema de plantio o que não foi possível quando se fez o agrupamento das formigas por subfamília. Quanto ao inseticida, aparentemente não causa efeito significativo nos artrópodes do solo. A análise de resíduo por cromatografia gasosa não detectou presença de inseticida nas amostras de solo colhidas a campo 24 h após a aplicação do inseticida nas linhas de cultivo. De forma geral, encontrou-se mais efeitos do sistema de plantio do que efeitos do inseticida com uma tendência do plantio direto mitigar os efeitos do inseticida principalmente na parte aérea.

ABSTRACT

BADJI, César Auguste, D.S., Universidade Federal de Viçosa, February 2004.
Impact of deltamethrin and no tillage system in the arthropod community associated with maize. Advisor: Raul Narciso Carvalho Guedes. Committee members: Antônio Alberto da Silva and Maria Eliana Lopes Ribeiro de Queiroz.

Deltamethrin is among the main insecticides used for controlling the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* besides other important maize pests. Despite the importance and frequent use of this insecticide, little is known about its effect on non-target arthropods. Ecotoxicological assessments of such compounds are scarce e from temperate regions. Natural enemy selectivity and residue quantification on the plant, soil and water are usually the main objectives of these studies, which do not assess the impact of the compounds in relevant biological systems. However, this studies are of restricted value by the ecotoxicological standpoint since the do not allow the field assessment of the insecticide impact on the primary target community of its action (i.e., the insect community peculiar to the system under investigation) and the community recovery after this environmental stress. The kind of study here reported encompasses not only the complex of phytophagous insects and their natural enemies, but also other community elements that show relevant in its structuring, as detritivorous arthropods. Besides insecticide impact, the influence of the crop system in the structure and abundance of arthropods was also assessed. Multivariate techniques, such as canonical variate analysis (CVA), principal component analysis (PCA) and principal response curves (PRC) were employed for providing an overall view of the community structure. This sort of analysis allows community-level assessment taking into account intra and interespecific relationships, considering the influence of environmental

variables. There was significant effect of crop system in the arthropod community associated to the plant canopy. Insecticide impact was significant only on the conventional crop system. The no-tillage crop system was able to buffer the insecticide impact on the arthropod community minimizing its effect. Particular attention was given to the arthropods recognized as bioindicators of community stress in the soil assessments. Analysis of high taxonomic levels was not able to detect significant impact of the treatments. However, the crop system showed significant influence on the assemblages of springtails (Collembola) and soil mites (Oribatida and Gamasida)). The ant assemblage was very abundant and diverse and was therefore assessed at the species level where a significant effect of the crop system was evident, what did not take place when considered at the level of subfamily. The insecticide deltamethrin did not showed significant impact on the soil arthropod community. Insecticide residue analysis by gas chromatography did not detect insecticide in soil samples field collected 24 h after insecticide application. The overall trend of the experiment was of a more drastic impact caused by the crop system than the insecticide application and the crop system can actually mitigate insecticide impact in the arthropod community associated with the plant canopy.

1. INTRODUÇÃO GERAL

A cultura de milho vem crescendo no Brasil, especialmente devido ao aumento de seu cultivo na época de safrinha. A CONAB (2004) estimou a produção do milho na safra 2003/2004 em 42,76 milhões de toneladas sendo 9,06 milhões de toneladas colhidas na safrinha. Apesar das temperaturas menores registradas nesta época da safrinha, ataques por vários insetos-pragas são freqüentes (Cruz et al., 1986; Gallo et al., 2002). Em nossa região, o ataque pela lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e pela cigarrinha *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae) é particularmente sério. O controle químico por deltametrina (piretróide) tem sido utilizado com freqüência para reduzir os danos causados por estes insetos, principalmente pela lagarta do cartucho até 45 dias após a emergência. Esse inseticida é relatado como muito tóxico a insetos, mas o impacto dele em comunidades de artrópodes foi muito pouco investigado (Cockfield & Potter, 1983; Croft, 1990). O fato de ser rapidamente degradados no ambiente, principalmente no solo, pode ser um atenuante fundamental do impacto potencial dele em ambientes tropicais (Kaufman & Kayser, 1979ab; Chapman & Harris, 1981; Chapman *et al.*, 1981; Hill, 1983; Wiles & Frampton, 1996)

Apesar dos benefícios do controle químico, têm-se verificado drástico impacto de inseticidas sobre componentes dos agroecossistemas não-alvos da aplicação (Andrewartha & Birch, 1984; Landis & Yu, 1999). Os inimigos naturais de pragas e os artrópodes detritívoros, por exemplo, podem ser afetados por inseticidas ocasionando problemas ambientais sérios além de efeitos adversos ao próprio manejo de pragas como o desenvolvimento de resistência a inseticidas, erupção de pragas secundárias e ressurgência de pragas (Waage, 1989; Koehler, 1992; Frampton, 1994, 1999; Guedes &

Fragoso, 1999; Maltby, 1999; Wiktelius *et al.*, 1999; Siqueira *et al.*, 2000; Fragoso *et al.*, 2002).

A eficiência da deltametrina é amplamente reconhecida. Todavia, poucos estudos foram realizados para verificar o impacto desse composto sobre artrópodes não-alvo da parte aérea e no solo sob cultivo. Estes organismos não-alvos são basicamente representados pelos inimigos naturais e detritívoros. No primeiro grupo, temos os predadores *Orius* spp. (Heteroptera: Anthocoridae) (Clemments & Yeargan, 1997; Armer *et al.*, 1998); *Anthicus* spp. (Coleoptera: Anthicidae) (Sigsgaard & Ersboll, 1999); *Calosoma granulatum* (Coleoptera: Carabidae); formigas predadoras *Crematogaster* sp. (Hymenoptera: Formicidae) e parasitóides Hymenoptera da família Eulophidae (Patt *et al.*, 1999). Os detritívoros que compoem o segundo grupo de artrópodes, são importantes na decomposição da matéria orgânica do solo e atuam como agentes controladores de nematóides e doenças do sistema radicular, além de compoem um nível trófico fundamental à sustentabilidade do agroecossistema (Behan-Pelletier, 1999; Guedes & Guedes, 2001).

O estudo do impacto sobre artrópodes não-alvo é feito principalmente por bioindicadores ambientais. Eles se caracterizam por responderem rapidamente a mudanças ocorridas no ambiente, por apresentarem uma ampla distribuição geográfica e serem capazes de demonstrar um gradiente de resposta em função do grau da perturbação (Noss, 1990). Van Straalen (1998) avalia que basicamente dois critérios são usados na escolha de um bioindicador: a especificidade de seu comportamento a um determinado fator e a sua sensibilidade ao agente estressante. Respondendo a estes critérios temos entre outros artrópodes, as formigas (Delabie & Fowler, 1993; Majer, 1994,1996; Peck *et al.*, 1995), os ácaros (Vadakepuram & Chakravorty, 1991) e

os Collembola (Hexapoda) (Vadakepuram & Chakravorty, 1991) que são cosmopolitas e comumente encontrados em solos com umidade que permita o desenvolvimento de alguma vegetação (Mendonça, 1980; Petersen & Luxton, 1982). No estudo dos impactos de inseticidas em organismos não alvos, colêmbolos têm sido usados como bioindicadores (Wiles & Frampton, 1996; Frampton & Çilgi, 1996; Frampton, 1997). Contudo, a identificação de bioindicadores potenciais para avaliação de impactos inseticidas em regiões tropicais ainda necessita ser feita. A fauna de Collembola da região neotropical, por exemplo, é pouco conhecida, entretanto Mari Mutti & Berllinger (1990) catalogaram 161 gêneros oriundos de 20 famílias, afirmando ser esta, provavelmente, a mais diversificada do planeta.

Além do impacto por inseticidas, pode ocorrer um impacto devido ao sistema de cultivo. De forma geral, o plantio direto favorece populações de microartrópodes, principalmente de ácaros e Collembola (Stinner & House, 1990; MacLaughlin & Mineau, 1995; Guedes & Guedes, 2001). No entanto, o fato desses organismos se concentrarem próximo à superfície do solo, em cultivos sob plantio direto, os torna particularmente sensíveis a pesticidas quando estes são aplicados na folhagem das plantas podendo ser, portanto, mais afetados neste sistema do que no sistema convencional de plantio (Edwards & Lofty, 1978; Brust *et al.*, 1985).

Nas pesquisas sobre impacto de inseticidas na entomofauna associada aos agroecossistemas, um dos assuntos mais relevantes é a avaliação da comunidade alvo-primário da ação inseticida e sua recuperação frente a este fator de estresse ambiental. Além desta comunidade alvo-primário, o presente estudo avaliou o impacto da combinação inseticida/sistema de cultivo (plantio direto e convencional) em artrópodes da parte aérea e do solo, alguns deles

considerados como bioindicadores de distúrbios ambientais. Tal proposta supre a carência que se tem com relação à amplitude desses efeitos, em função do sistema de cultivo, particularmente no que se refere a condições tropicais onde tais estudos são praticamente inexistentes.

Referências

- ANDREWARTHA, H.G.; BIRCH, L.C. The ecological web - more on the distribution and abundance of animals. Chicago: University of Chicago, 1984. 506p.
- ARMER, C.A., WIEDENMANN, R.N., BUSH, D.R.. Plant feeding site selection on soybean by the facultatively phytophagous predator *Orius insidiosus*. Entomol. Exp. Appl., 86: 109-111 S. 1998
- BEHAN-PELLETIER, V.M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role for bioindication. Agric. Ecosyst. Environ. 74: 441-453, 1999.
- BRUST, G.D., STINNER, B.R., MCCARTNEY, D.A. Tillage and soil insecticide effects on a predator-black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) interactions in corn agroecosystems. J. Econ. Entomol. 78:1389-1392, 1985.
- CHAPMAN, R.A. & HARRIS, C.R. Persistence of four pyrethroid insecticides in a mineral and organic soil. J. Environ. Sci. Health B16: 605-615, 1981.
- CHAPMAN, R.A., TU, C.M., HARRIS, C.R., COLE, C. Persistence of five pyrethroid insecticides in sterile and natural, mineral and organic soil. Bull. Environ. Contam. Toxicol. 26: 513-519, 1981.
- CLEMENTS, D.J., YEARGAN, K.V. Comparison of *Orius insidiosus* (Heteroptera: Anthracoridae) and *Nabis roseipennis* (Heteroptera: Nabidae) as predators of the green cloverworm (Lepidoptera: Noctuidae). Environ. Entomol. 26: 1482-1487.

- COCKFIELD, A.G., POTTER, D.A. Short-term effects of insecticidal applications on predaceous arthropods and oribatid mites in Kentucky bluegrass turf. *Environ. Entomol.* 12: 1260-1264, 1983.
- CONAB. <http://www.conab.gov.br/safras.asp>. Consultado em 03 / 02 / 2004.
- CROFT, B.A. *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York: Wiley, 1990.
- CRUZ, I., WAQUIIL, J.M., SANTOS, J.P., VIANA, P.A., SALGADO, L.O. *Pragas da cultura do milho em condições de campo: métodos de controle e manuseio de defensivos*. Circular Técnica, 10 EMBRAPA, Sete Lagoas, Minas Gerais. 1986. 75 p.
- DELABIE, J.H.C., FOWLER, H.G. Physical and biotic correlates of population fluctuations of dominant soil and litter ant species (Hymenoptera: Formicidae) in Brazilian cocoa plantations. *J. N. Y. Entomol. Soc.* 101: 135-140, 1993.
- EDWARDS, C.A., LOFTY, J.R. The influence of arthropods and earthworms upon root growth of direct drilled cereals. *J. Appl. Ecol.* 15: 789-795, 1978.
- FRAGOSO, D.B., GUEDES, R.N.C., PICANÇO, M.C., ZAMBOLIM, L. Insecticide use and organophosphate resistance in the coffee leaf miner *Leucoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae). *Bull. Entomol. Res.* 92: 203-212, 2002.
- FRAMPTON, G.K. Sampling to detect effects of pesticides on epigeal Collembola (springtails). *Asp. Appl. Biol.* 37: 121-130, 1994.
- FRAMPTON, G.K. Spatial variation in non-target effects of the insecticides chlorpyrifos, cypermethrin and pirimicarb on Collembola in winter wheat. *Pestic. Sci.* 55: 875-886, 1999.

- FRAMPTON, G.K. The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: Evidence and methods from the UK arable ecosystem. *Pedobiologia* 41: 1679-184, 1997.
- FRAMPTON, G.K., ÇILGI, T. How do arable rotations influence pesticide side-effects on arthropods? *Asp. Appl. Biol.* 47:127-135, 1996.
- GALLO, D., NAKANO, O., SILVEIRA NETO, S., CARVALHO, R.L.P., BATISTA, G.C., BERTI FILHO, E., PARRA, J.R.P., ZUCCHI, R.A., ALVES, S.B., VENDRAMIM, J.D., MARCHINI, L.C., LOPES, J.R.S., OMOTO, C. Manual de entomologia agrícola. Piracicaba: FEALQ, 2002. 920p.
- GUEDES, R.N.C., FRAGOSO, D.B. Resistência a inseticidas: bases gerais, situação e reflexões sobre o fenômeno em insetos-pragas do cafeeiro. In ZAMBOLIM, L., ed. Encontro sobre produção de café com qualidade. Viçosa: UFV, 1999. p. 99- 120.
- GUEDES, R.N.C., GUEDES, N.M.P. Limitações e perspectivas do manejo integrado de pragas em culturas sob plantio direto, pivô central e cultivo protegido. In: ZAMBOLIM, L. ed. Manejo integrado-fitossanidade: Cultivo protegido, pivô central e plantio direto. Viçosa: UFV, 2001. p. 543-581.
- HILL, B.D. Persistence of deltamethrin in a Lethbridge sandy clay loam. *J. Environ. Sci. Health B18*: 691-703, 1983.
- KAUFMAN, D.D. & KAYSER, A.J. Degradation of ¹⁴C-phenoxy- and ¹⁴C-cyano-decamethrin in soil (Unpublished proprietary report USDA-I-23.04.79/A2, submitted to WHO by Roussel Uclaf), 1979a.
- KAUFMAN, D.D. & KAYSER, A.J. The effect of soil temperature on the degradation of ¹⁴C-cyano-decamethrin in soil (Unpublished proprietary report USDA-II-24.04.79/A2, submitted to WHO by Roussel Uclaf), 1979b.

- KOEHLER, H.H., The use of soil mesofauna for the judgement of chemical impact on ecosystems. In PAOLETTI, M.G., PIMENTEL, D., eds. Biotic diversity in agroecosystems. Amsterdam: Elsevier, 1992. p. 193-205.
- LANDIS, W.G.; Yu, M.-H. Introduction to environmental toxicology - impacts of chemicals upon ecological systems. Boca Raton, FL: Lewis, 1999. 390p.
- MAJER, J.D., Arboreal ant community patterns in Brazilian farms. *Biotropica* 26: 73-83, 1994.
- MALTBY, L. Studying stress: the importance of organism-level responses. *Ecol. Applic.* 9: 431-440, 1999.
- MARI MUTTI, J. A., BERLLINGER, P.F. A catalog of the neotropical Collembola. Gainesville, Sandhil Crane, 1990. 237p.
- MCLAUGHLIN, A., MINEAU, P. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agric. Ecosyst. Environ.* 55: 201-212, 1995.
- MENDONÇA, M. C. Contribuição para o conhecimento de Collembola *Entomobryomorpha* (Insecta) do Parque Nacional da Tijuca, Rio de Janeiro, Brasil. Rio de Janeiro, RJ: UFRJ, 1980. 105p. Dissertação (Mestrado em Entomologia).
- NOSS, R.F. Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.* 4: 355-364, 1990.
- PATT, J.M., HAMILTON, G.C. & LASHOMB, J.H.. Responses of two parasitoid wasps to nectar odors as a function of experience. *Entomol. Exp. Appl.* 90:1-8, 1999.
- PECK, S.L., MCQUAID, B. CAMPBELL, C.L. Using ant species (Hymenoptera: Formicidae) as a biological indicator of agroecosystem condition. *Environ. Entomol.* 27: 1102-1110, 1995.

- PETERSEN, H., LUXTON, M. A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* 39:287-388, 1982.
- SIGSGAARD, L., ERSBOLL, A.K. Effects of cowpea intersowing and insecticide application on *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies in pigeonpea intercropped with sorghum. *Int. J. Pest Manag.* 45: 61-67, 1999
- SIQUEIRA, H.A.A., GUEDES, R.N.C., PICANÇO, M.C. Insecticide resistance in populations of *Tuta absoluta* (Lepidoptera: Gelichiidae). *Agric. For. Entomol.* 2: 147-153, 2000.
- STINNER, B.R., HOUSE, G.J. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 35: 299-318, 1990.
- VADAKEPURAM, C.J., CHAKRAVORTY, P.P. Impact of insecticides on non-target microarthropod fauna in agricultural soil. *Ecotoxicol. Environ. Safety* 22: 8-16, 1991.
- VAN DEN BRINK, P.J.; TER BRAAK, C.J.F. Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environ. Toxicol. Chem.* 18: 138-148, 1999.
- VAN STRAALLEN, N.M. Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Appl. Soil Ecol.* 9: 429-437, 1998.
- WAAGE, J. The population ecology of pest-pesticide-natural enemy interactions, In: JEPSON, P.C. *Pesticides and non-target invertebrates*, Winibom, Intercept. 1989. p.81- 193.
- WIKTELIUS, S., CHIVERTON, P.A., MEGUENNI, H., BENNACEUR, M., GHEZAL, F. UMEH, E.D.N., EGWAUTU, R.I. MINJA, R., MAKUSI, R. TUKAHIRMA, E., TINZAARA, W., DEEDAT, Y. Effects of insecticides on

non-target organisms in african agroecosystems: a case for establishing regional testing programmes. *Agric. Ecos. Environ.* 75: 121-131, 1999.

WILES, J.A., FRAMPTON, G.K. A field bioassay approach to assess the toxicity of insecticide residues on soil to *Collembola*. *Pestic. Sci.* 47: 273-285. 1996.

No prelo: *Crop Protection*

Impacto da deltametrina nos artrópodes da parte aérea do milho em sistema de plantio convencional e de plantio direto

Abstract

Insecticides are frequently applied to tropical maize crops, but little is known about their impact on the associated arthropod assemblage. The response of the arthropod assemblage to deltamethrin application was assessed in three maize fields subjected to either conventional and no-tillage cultivation, with or without deltamethrin application. Arthropods were sampled before and after insecticide application and there was a significant effect of the cultivation system on the arthropod assemblage. The no-tillage cultivation system was able to buffer the impact of the insecticide on the arthropod assemblage minimizing its effect, this did not occur in the conventional cultivation system where deltamethrin treatment significantly decreased arthropod abundance in the maize canopy. Among the 23 taxa collected, the herbivore species *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) and *Lagria villosa* (Coleoptera: Lagriidae), and the predators *Orius* sp. (Heteroptera: Anthocoridae), *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) and *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) were the main contributors to the existing variance. Among these six species, only *D. speciosa* showed negligible contribution for the divergence among treatments. There was significant correlation between herbivores and predators, with the earwig *D. luteipes* showing a significant negative correlation with *S. frugiperda* and *D. maidis*.

Keywords: Conservation tillage; Environmental impact; Pyrethroid insecticide; Corn; Brazil.

Resumo

Os inseticidas são freqüentemente usados no cultivo do milho em áreas tropicais, mas pouco se sabe a respeito do impacto que eles causam na comunidade de artrópodes associados a esse cultivo. A resposta da comunidade de artrópodes à aplicação de deltametrina foi avaliada em três campos de milho sob sistemas de plantio convencional e plantio direto, com ou sem aplicação da deltametrina. Os artrópodes foram amostrados antes e depois da aplicação inseticida. Foi encontrado efeito significativo do sistema de cultivo na comunidade de artrópodes. O sistema de plantio direto foi capaz de tamponar o impacto do inseticida na comunidade de artrópodes minimizando o seu efeito, o que não foi observado no plantio convencional onde a aplicação da deltametrina provocou redução significativa da abundância dos artrópodes da parte aérea do milho. Entre os 23 taxa coletados, os herbívoros das espécies *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), *Dalbulus maidis* (Homoptera: Cicadellidae), *Diabrotica speciosa* (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Lagria villosa* (Coleoptera: Lagriidae), e os predadores *Orius* sp. (Heteroptera: Anthocoridae), *Doru luteipes* (Dermaptera: Forficulidae) e *Cycloneda sanguinea* (Coleoptera: Coccinellidae) foram os que mais contribuíram na explicação da variância encontrada. Dentre dessas espécies, somente a *D. speciosa* apresentou contribuição mínima para que haja divergência entre os tratamentos. Foi encontrada correlação significativa entre herbívoros e predadores. A tesourinha *D. luteipes* apresentou correlação negativa significativa com *S. frugiperda* e *D. maidis*.

Palavras chaves: Cultivo conservacionista; impacto ambiental; inseticida piretróide; milho; Brasil.

1. Introdução

O milho é uma das mais importantes culturas no Brasil e o seu cultivo na safrinha (janeiro a março) vem aumentando desde da última década (Fornasieri, 1992). Em 2002, cinco de um total de 38,7 milhões de toneladas no ano foram colhidas nesta época (Companhia Nacional de Abastecimento, 2002), que coincide a época seca. Durante a safrinha, há maior incidência de perdas devido à ação da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e da cigarinha *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae) (Cruz, 1997; Waquil, 1997). Em consequência desta presença de pragas, há um aumento do uso de inseticidas.

O plantio direto está também aumentando de área no Brasil devido as vantagens que ele traz ao agroecossistema, dentro dos quais podem ser citados a redução da erosão do solo, da perda de nutrientes por lixiviação, a redução dos custos de plantio e a conservação da água no sistema (Gebhardt *et al.*, 1985; Quintela, 2001). As primeiras experiências com o sistema de plantio direto no Brasil começaram em torno de 1970 e as áreas foram se expandindo até atingir 13 milhões de hectares em 1998/1999 (Quintela, 2001). O impacto do plantio direto nos insetos-praga e nos seus inimigos naturais tem sido melhor explorado do que seu impacto na fauna detritívora do solo, provavelmente, pelo fato de existirem maiores consequências diretas dos inimigos naturais no manejo dos insetos-pragas (Guedes & Guedes, 2001). Todavia, a resposta antagônica de diferentes espécies ao sistema de plantio direto tem consequências distintas no manejo de pragas levando Tonhasca (1993) e Cárcamo *et al.* (1995) a sugerirem que se concentre a atenção nas espécies de artrópodes mais relevantes para aumentar a capacidade preditiva de estudos de impactos neste sistema.

No Brasil, os inseticidas são usados contra as pragas do milho tanto no plantio convencional como no plantio direto, especialmente na safrinha (Michereff-Filho et al., 2002 ab). Muitos estudos avaliaram o efeito de inseticidas nos inimigos naturais das pragas do milho (Faleiro et al., 1995; Cruz, 1997; Simões et al., 1998). Infelizmente, estes estudos se restringem a uma ou poucas espécies não contemplando a influência das variáveis ambientais nas interações biológicas, que podem ser afetadas pelo impacto do inseticida. Os estudos de Michereff-Filho (2002 ab) não consideraram diferentes sistemas de plantio do milho, mas chamaram a atenção para a possibilidade do sistema de plantio direto tamponar o impacto do inseticida na comunidade de artrópodes (Stinner & House, 1990; MacLaughlin & Mineau, 1995).

O piretroide deltametrina foi muito usado no passado e continua sendo um dos inseticidas mais usados contra os insetos-praga do milho (Gallo et al., 1988; Cruz, 1997; Andrei, 1999). Este inseticida é muito tóxico a artrópodes em geral (Gallo et al., 1988; Croft, 1990), mas estudos ainda são necessários para avaliar seu impacto em agroecossistemas tropicais. O presente trabalho avalia o potencial mitigador do impacto de inseticida no plantio direto em condições tropicais.

2. Material e métodos

2.1. Local experimental

O estudo foi conduzido na estação experimental da Universidade Federal de Viçosa situada no município de Coimbra (Estado de Minas Gerais, Brasil; 20° 51' 24"S, 42° 48' 10"W), de janeiro a junho de 2001. O tipo de solo da área é classificado como "podzólico vermelho-amarelo distrófico fase terraço" sendo semelhante ao paleudult da classificação norte americana

(USDA, 1975; Lepsch et al., 1985; Resende et al., 1988). Esse solo é pobre em nutrientes com profundidade moderada e baixa permeabilidade a água. As sementes do híbrido AG 1051 foram semeadas no dia 26 de janeiro usando um espaçamento 0,9 x 0,2 m (i.e., 55.000 plantas/ha). Três campos contíguos entre 1,0 e 1,5 ha cada foram usado no experimento. As parcelas contendo os tratamentos em cada campo tinham tamanho de 40 x 15 m e eram separadas de 5 m uma das outras. Cada campo tinha todos os quatro tratamentos num arranjo fatorial 2 x 2 (plantio convencional e direto, com ou sem aplicação de deltametrina). As práticas culturais foram as usualmente feitas na região (Fancilli & Dourado Neto, 1997). O herbicida glyphosate (1080 g i.a./ha) e 2,4-D (720 g i.a./ha) foram aplicados como dessecantes 10 dias antes do plantio no sistema de plantio direto e seu efeito não foi avaliado.

2.2. Aplicação de Inseticida

Uma aplicação de inseticida foi feita 27 dias após o plantio quando a infestação da lagarta do cartucho ultrapassou o nível de dano econômico de 20% de plantas atacadas (média dos três campos) (Gallo et al., 1988; Cruz, 1997). A deltametrina na dose de 5 g i.a./ha foi aplicada uma única vez com uma calda de 150 L/há. Na aplicação utilizou-se uma pressão de 3 bar na barra de pulverização equipada com bicos de jatos cônicos (XR80015 Teejetl) sendo o jato direcionado ao cartucho durante a aplicação.

2.3. Amostragem dos artrópodes e estimativa da produção

Os artrópodes foram amostrados na parte aérea das plantas antes e depois da aplicação inseticida em parcelas tratadas e não tratadas nos três campos, como recomendado por Green (1993). As amostras foram coletadas oito e três dias antes da aplicação e um, cinco, 17, 34, 54 e 74 dias após a aplicação de deltametrina. Uma primeira inspeção visual foi feita em dez

plantas por parcela para registrar os artrópodes. Essa primeira inspeção, feita sem contato com as plantas, foi realizada para permitir o registro de artrópodes de rápida movimentação (Michereff-Filho et al., 2002a). Após a inspeção visual, as mesmas plantas eram coletadas, dissecadas e os artrópodes coletados conservados em frascos contendo álcool 70% como descrito por Michereff-Filho et al. (2002a). As pessoas envolvidas na amostragem foram previamente treinadas para reconhecerem os artrópodes usando uma coleção de referência periodicamente atualizada pelas coletas de campo. Os espécimens coletados foram identificados em nível de família e, quando possível, até gênero e espécie usando chaves taxonômicas e a coleção de referência do museu de Entomologia da Universidade Federal de Viçosa.

A estimativa da produção de grãos foi feita em cada parcela colhendo 10 metros lineares de 10 fileiras (90 m²/parcela). As espigas colhidas foram secas e mecanicamente debulhadas antes de serem pesadas. A umidade dos grãos foi determinada e o peso final corrigido para 13% de umidade.

2.4. Análise estatística

A produção de grãos obtida foi submetida a análise de variância e ao teste de Tukey ($p < 0,05$). Após a verificação dos pressupostos de normalidade e homogeneidade das variâncias, não foi necessário proceder a transformação dos dados. O impacto do inseticida na comunidade de artrópodes foi determinado pela comparação da abundância relativa de cada espécie entre os tratamentos, antes e depois da aplicação de inseticida. Os dados foram inicialmente submetidos a um processo seletivo que determina quais espécies que mais explicam a variância observada (PROC STEPDISC com seleção STEPWISE; SAS Institute, 2001). As espécies foram selecionadas de acordo com dois critérios coincidentes no presente caso: 1) o nível de significância do

teste F da análise de covariância, onde as espécies escolhidas agem como covariáveis e os tratamentos como variáveis dependentes; e 2) a correlação quadrada parcial predizendo os efeito do tratamento a partir das espécies, controlada pelo efeito já causado pelas espécies já selecionadas pelo modelo (SAS Institute, 2001).

Os dados das espécies selecionadas foram submetidos a análise de variáveis canônicas (CVA), que é uma técnica de ordenação indireta que reduz a dimensionalidade do conjunto dos dados originais em um conjunto de variáveis que podem ser usadas para ilustrar graficamente as posições relativas e as orientações das médias das respostas da comunidade em cada tratamento sob comparação (Kedwards et al., 1999). A significância da diferença (indicada pela ordenação) entre grupos devido ao tratamento foi determinada pela comparação dois a dois dos tratamentos pelo teste F aproximado ($p < 0,05$), usando a distância de Mahalanobis entre as respectivas classes de médias canônicas. As análises foram feitas usando o procedimento CANDISC do pacote estatístico do SAS (SAS Institute, 2001).

Os dados das principais espécies que levaram ao aparecimento de diferenças entre os tratamentos foram individualmente submetidos a análise de variância por medidas repetidas para ver por quanto tempo perdura o distúrbio e uma eventual recuperação das espécies ao estresse. Uma vez que a amostragem dos artrópodes foi realizada no mesmo campo várias vezes, a análise de variância por medida repetida é recomendada para evitar o problema de pseudo-replicação no tempo (Hurlbert, 1984; Stewart-Oater et al., 1986; Green, 1993; Paine, 1996). Essas análises foram feitas usando o procedimento ANOVA do SAS com a especificação PROFILE, como sugerido por von Ende (1993). As correlações canônicas (PROC CANCOR; SAS

Institute, 2001) e as correlações simples (PROC COR; SAS Institute, 2001) foram adicionalmente feitas para ver a interrelação das repostas entre herbívoros e predadores em função dos tratamentos. A normalidade e a homogeneidade das variâncias foram testadas usando o procedimento UNIVARIATE (SAS Institute, 2001) e todos os dados de abundância de espécies foram transformados por $\log_{10}(x + 1)$ para satisfazer aos pré-requisitos das análises de variância.

3. Resultados

Houve diferenças significativas na produtividade de grãos entre os tratamentos (g.l._{erro} = 8; F = 4,53; $p = 0,04$). A produção de grãos no sistema de plantio direto foi semelhante independentemente do uso do inseticida ($5,27 \pm 0,46$ toneladas/ha sem uso de deltametrina e $5,11 \pm 0,31$ toneladas/ha com uso da deltametrina) e também não diferiu significativamente da produção obtida no plantio convencional sem inseticida ($4,40 \pm 0,38$ toneladas/ha) pelo teste de Tukey ($p < 0,05$). No entanto, a produtividade de grão no tratamento de plantio convencional com inseticida ($3,60 \pm 0,23$ toneladas/ha) foi significativamente menor que a produção observada no plantio direto.

Um total de 23 taxa coletados durante o ciclo de cultivo do milho (Tabela 1) foi usado para selecionar o conjunto das espécies que permitiu melhor explicar a variação observada usando a seleção STEPWISE com o procedimento STEPDISC do SAS. Quatro espécies de herbívoros (*D. maidis*, *S. frugiperda*, *Diabrotica speciosa* (German) (Coleoptera: Chrysomelidae) e *Lagriia villosa* (Fabr.) (Coleoptera: Lagriidae)), e três predadores (*Doru luteipes* Eschs. (Dermaptera: Forficulidae), *Orius* sp. (Heteroptera: Anthocoridae) e *Cycloneda sanguinea* L. (Coleoptera: Coccinellidae) foram responsáveis pela

maior parte da variância encontrada (27%) e foram selecionados para as análises seguintes (Tabela 2).

A CVA para o sistema de plantio (convencional e direto) e aplicação de inseticida (com ou sem aplicação de deltametrina) indicou diferenças significativas entre tratamentos quanto à composição e abundância das espécies (Wilks' lambda = 0,30; F = 6,06; $gl_{(num/den)} = 21/247,5$; $p < 0,0001$). Somente um eixo canônico foi significativo ($p < 0,0001$) entre os três eixos calculados (Tabela 3). Baseado nos seus valores canônicos, (entre estrutura canônica), as espécies que mais contribuíram para a ocorrência de divergência entre os tratamentos foram: *D. maidis*, *D. luteipes*, *D. speciosa* e *L. vilosa*, com contribuição oposta de *S. frugiperda* e *Orius* sp. *Cycloneda sanguinea* apresentou pequena contribuição na divergência entre tratamentos (Tabela 3).

O diagrama de ordenação derivado da CVA mostrou clara distinção entre os sistemas de plantio quanto à composição e abundância das espécies. Quanto ao impacto da deltametrina, ele varia com o sistema de plantio (Fig. 1). O diagrama foi feito com os dois primeiros eixos canônicos, mas somente o primeiro eixo foi significativo e de interesse. A deltametrina não teve efeito na comunidade de artrópodes no plantio direto mas causou um distúrbio significativo na comunidade presente no plantio convencional (Fig. 1), resultando num substancial decréscimo na abundância de *D. luteipes*, *D. speciosa*, *L. villosa* e *C. sanguinea* em decorrência da aplicação de inseticida no sistema de plantio convencional (Tabela 1).

A análise da medida repetida permitiu a interpretação do efeito do tempo e de suas interações nos tratamentos. Todas as interações entre tratamentos (fatorial 2 x 2) e tempo (dias antes e após aplicação de inseticida) foram

significativas ($p < 0,05$), exceto para *D. speciosa*, *L. villosa* e *Orius* sp. ($p \geq 0,05$), tornando os outros testes sem sentido para a maioria das espécies. Estes resultados indicam efeito significativo do sistema de cultivo e da aplicação de inseticida ao longo do tempo, exceto para as três espécies acima citadas. Houve uma interação significativa apenas entre a aplicação de inseticida e o tempo para *L. villosa* ($p < 0,05$), sugerindo um efeito negligenciável do sistema de plantio sobre esta espécie ($p \geq 0,05$). Em contraste, *D. speciosa* foi afetada pelo sistema de plantio e a aplicação de inseticida ($p < 0,05$), independentemente do tempo ($p \geq 0,05$ para tempo e as interações com o tempo); *C. sanguinea* foi significativamente afetada somente pelo tempo ($p < 0,05$).

A flutuação ao longo do tempo na abundância das espécies selecionadas está apresentada nas Figs. 2 e 3, mas não inclui os estágios imaturos de alguns insetos (p.e., pupa de *S. frugiperda* e imaturos de *D. speciosa*) não detectáveis nessa amostragem. *Lagria villosa* é encontrada esporadicamente somente no sistema de plantio convencional sem inseticida (Fig. 2d). *Diabrotica speciosa* apresentou baixa abundância e pequena variação ao longo do tempo (0 a 5,5 insetos/10 plantas), mas maiores populações foram encontradas no plantio convencional (Fig. 2b), ao contrário de *S. frugiperda*, que foi mais encontrada no plantio direto ($p < 0,05$) até o desaparecimento da espécie em torno de 30 dias após a aplicação inseticida (Fig. 2c). Tal desaparecimento de *S. frugiperda* é comum entre 30 a 60 dias após o plantio (e.g., Cruz, 1997; Michereff-Filho et al., 2002 a) e pode ter sido devido ao aumento simultâneo na incidência de *D. luteipes*, um dos principais predadores desta espécie no Brasil. Houve significativamente maiores populações de *S. frugiperda* ($p < 0,05$) nas parcelas sem inseticida no plantio

direto. A falta de inseticida beneficiou a *D. maidis* especialmente no plantio convencional mas populações desta espécie decrescem drasticamente 30 dias após a aplicação de inseticida (Fig. 2d). As tesourinhas foram favorecidas pelo plantio convencional e pela ausência de inseticida, enquanto não se visualizou interrelações claras entre fontes de variação sob consideração e abundância de *Orius* sp. e *C. sanguinea* (Fig. 3).

O efeito da aplicação de inseticida e do sistema de plantio na interação entre as quatro espécies de herbívoros e as três espécies de predadores mais importantes foi explorado através da análise de correlação canônica entre a abundância das espécies dos dois grupos. Houve uma correlação significativa entre a abundância dos herbívoros e dos predadores (Wilk's lambda = 0,54, F = 5,13, $gl_{num/den} = 12/235,76$, $p < 0,0001$). Somente a primeira correlação canônica foi significativa ($p < 0,0001$) com um coeficiente de correlação de 0,66. A correlação obtida nas matrizes das estruturas canônicas junto com os coeficientes canônicos indica a prevalência dos herbívoros *S. frugiperda* e *D. maidis* e a abundância do predador *D. luteipes* que mostrou uma contribuição oposta (Tabela 4). Análises de correlação adicionais complementando a correlação canônica mostraram uma correlação negativa e significativa entre o predador *D. luteipes* e os herbívoros *S. frugiperda* ($r = -0,41$, $p < 0,0001$) e *D. maidis* ($r = -0,47$, $p < 0,0001$). *Spodoptera frugiperda* e *D. maidis* foram significativamente correlacionados ($r = 0,41$, $p < 0,0001$).

4. Discussão

Somente duas espécies tiveram freqüências acima de 50% e foram desta forma dominantes em suas guildas – a cigarrinha *D. maidis* e a tesourinha *D. luteipes*. Cinco outras espécies, incluindo três herbívoras e duas predadoras, foram consideradas potencialmente relevantes para explicar as

diferenças entre tratamentos. Uma destas espécies que permitiu diferenciar os tratamentos (*L. villosa*) mostrou baixa frequência de captura (< 10%). Foi observado no estudo impacto significativo da deltametrina nos artrópodes da parte aérea do milho sob plantio convencional, contrariamente ao observado no plantio direto sugerindo que este último sistema exerce efeito tampão no impacto inseticida.

A análise de ordenação indica diferença substancial na composição e abundância de artrópodes entre os dois sistemas de plantio. O efeito benéfico do sistema de plantio direto sobre artrópodes do solo, especialmente ácaros e colembollas, já foi observado (Stinner & House, 1990; Crossley et al., 1992; MacLaughlin & Mineau, 1995; Wyland et al., 1996). Em contrapartida, relatos sobre os efeitos do plantio direto em insetos-pragas e seus inimigos naturais associados à parte aérea das plantas são controversos (Quintela, 2001; Guedes & Guedes, 2001). O plantio convencional favoreceu a incidência de *D. maidis*, *D. speciosa* e *D. luteipes* no presente estudo, como também relatado para a *D. speciosa* no sul do Brasil (Silva et al., 1994). A *S. frugiperda*, que é a praga do milho mais importante do Brasil, foi favorecida pelo plantio direto, enquanto as outras espécies não foram afetadas pelo sistema de plantio.

Os inseticidas são geralmente vistos como os maiores agentes estressantes de comunidades de artrópodes (Croft & Whalon, 1982; Gallo et al., 1988; Croft, 1990; Jepson, 1990). No entanto, estudos recentes em áreas tropicais sugerem que o impacto inseticida em comunidades de artrópodes pode ser menos severo que esperado, mesmo quando os inseticidas são de amplo espectro de ação (Marquini et al., 2002; Michereff-Filho et al., 2002 a e b). Os resultados obtidos no presente trabalho dão suporte a esta observação uma vez que não foi detectado o impacto de deltametrina em comunidade de

artrópodes da parte aérea do milho no sistema de plantio direto. Resultados similares foram também relatados com o clorpirifós, que é um outro inseticida de amplo espectro de ação, em cultura de milho sob sistema de plantio direto (Michereff-Filho et al., 2002 a e b).

O impacto significativo da deltametrina na comunidade de artrópodes associados a parte aérea do milho no sistema de plantio convencional sugere ainda que a falta de impacto observado no plantio direto é provavelmente devido ao efeito tampão que este sistema exerce mitigando o potencial estressante do piretróide. A maior diversidade de plantas levando a maior diversidade de habitat, típicos do plantio direto (Stinner & House, 1990; Moreby et al., 1994), pode ter propiciado maiores áreas de refúgio contra o inseticida minimizando os seus efeitos. No entanto, o plantio direto parece ter favorecido altas incidências de *S. frugiperda*, como observado aqui e em outros trabalhos (Cuz, 1997; Michereff-Filho et al., 2002 a), requerendo às vezes o uso de inseticidas para o seu controle.

A recuperação do impacto causado pela deltametrina parece ter acontecido 15 dias após a aplicação inseticida em *D. maidis* e *S. frugiperda*, e aos 74 dias na tesourinha *D. luteipes*, a espécie mais afetada por este agente estressante. Suas flutuações são significativamente correlacionadas, como esperado no caso de *S. frugiperda* e *D. luteipes* uma vez que a tesourinha é um dos maiores predadores da lagarta do cartucho no Brasil, se alimentando dos ovos da espécie (Cruz, 1997; Cruz & Oliveira, 1997). A deltametrina é um dos inseticidas mais usados no controle da lagarta do cartucho na país (Cruz & Santos, 1984; Cruz, 1997; Andrei, 1999), mas ele é considerado como seletivo em favor da tesourinha *D. luteipes* (Bacci et al., 2001, 2002). No presente trabalho, parece que o impacto negativo da deltametrina sobre *D. luteipes* se

dá de forma indireta resultante do impacto sobre sua presa, *S. frugiperda*. Não foram registradas interações entre os herbívoros *D. maidis* e *S. frugiperda* e *D. maidis* e *D. luteipes*, mas as correlações significativas entre suas flutuações sugere interações ainda não explicitadas que podem ser de grande relevância no manejo de pragas, e por isso merecendo ser objeto de futuros estudos.

5. Conclusão

Apesar de altamente tóxica e pouco seletiva para muitos artrópodes, a deltametrina teve um impacto negligenciável na comunidade de artrópodes associada a parte aérea do milho sob plantio direto. No entanto, o plantio direto favoreceu altas incidências de *S. frugiperda*. Contrariamente ao plantio direto, o impacto do inseticida foi significativo no plantio convencional sugerindo que o plantio direto possa mitigar o impacto do inseticida no agroecossistema de milho em região neotropical.

Agradecimentos

Ao J. Evaristo Lopes e ao Prof. M. Martins pelo auxílio na condução do experimento. Ao Programa PEC-PG da CAPES pela bolsa concedida.

Referências

- Andrei, E., 1999. Compêndio de defensivos agrícolas. Andrei, São Paulo.
- Bacci, L., Picanço, M.C., Gusmão, M.R., Crespo, A.L.B., Pereira, E.J.G., 2001. Seletividade de inseticidas a *Brevicoryne brassicae* (L.) (Hemiptera: Aphididae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). Neotrop. Entomol. 30, 707-713.
- Bacci, L., Picanço, M.C., Gusmão, M.R., Barreto, R.W., Galvan, T.L., 2002. Inseticidas seletivos à tesourinha *Doru luteipes* (Scudder) utilizados no controle do pulgão verde em brássicas. Hort. Bras. 20, 174-179.
- Cárcamo, H.A., Niemala, J.K., Spence, J.R., 1995. Farming and ground beetles: effects of agronomic practice on populations and community structure. Can. Entomol. 127, 123-170.
- Companhia Brasileira de Abastecimento, 2002. SAFRA – Avaliação de safra. Ministério da Agricultura e do Abastecimento, Brasília.
- Croft, B.A., 1990. Arthropod biological control agents and pesticides. New York, Wiley.
- Croft, B.A., Whalon, M.E., 1982. Selective toxicity of pyrethroid insecticides to arthropod natural enemies and pests of agricultural crops. Entomophaga 27, 3-21.
- Crossley, J.R., Mueller, B.R., Perdue, J.C., 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. Agricult. Ecosyst. Environ. 40, 37-46.
- Cruz, I., 1997. Manejo de pragas na cultura de milho. In: Fancelli, A., Dourado-Neto, D. (Eds.), Tecnologia da Produção de Milho. Piracicaba, São Paulo, Publique, pp. 18-39.

- Cruz, I., Oliveira, A.C., 1997. Flutuação populacional do predador *Doru luteipes* Scudder em plantas de milho. Pesq. Agropec. Bras. 32, 363-368.
- Cruz, I., Santos, J.P., 1984. Diferentes bicos do tipo leque no controle da lagarta-do-cartucho em milho. Pesq. Agropec. Bras. 19, 1-7.
- Currier, D.R., Witkowski, J.F., 1990. Residual efficacy of chlorpyrifos 4E applied through a center-pivot irrigation system on European corn borer (Lepidoptera: Pyralidae) larvae. J. Econ. Entomol. 83, 1049-1052.
- Faleiro, F., Picanço, M.C., Paula, S.V., Batalha, V.C., 1995. Seletividade de inseticidas a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). An. Soc. Entomol. Brasil 24, 247-252.
- Fancelli, A.L., Dourado-Neto, D., 1997. Fenologia do milho. In: Fancelli, A., Dourado-Neto, D. (Eds.), Tecnologia de Produção do Milho. Piracicaba, São Paulo, Publique, pp. 131-140.
- Fornasieri, C.R.F., 1992. A Cultura do milho. Jaboticabal, São Paulo, FUNEP.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R.P.L., Batista, G.C., Beti Filho, E., Parra, J.R.P., Zucchi, R.A., Alves, S.B., Vendramim, J.D., 1988. Manual de entomologia agrícola, 2nd ed. Agronômica Ceres, São Paulo.
- Gebhardt, M.R., Daniels, T.C., Schweitzer, E.E., Allmaras, R.R., 1985. Conservation tillage. Science 230, 625-630.
- Green, R. H., 1993. Application of repeated measures designs in environmental impact and monitoring studies. Austral. J. Ecol. 18, 81-98.
- Guedes, R.N.C., Guedes, N.M.P., 2001. Limitação e perspectivas do manejo integrado de pragas em culturas sob plantio direto, pivô central e cultivo protegido. In: Zambolin, L. (Ed.). Manejo Integrado – Fitossanidade: Cultivo

- Protegido, Pivô Central e Plantio Direto. UFV, Viçosa, Minas Gerais, pp. 543-581.
- Hurlbert, S.H., 1984. Pseudoreplication and the design of ecological field experiments. *Ecol. Monogr.* 54, 187-211.
- International Programme on Chemical Safety, 1990. Environmental health criteria 97 - Deltamethrin. World Health Organization, Geneva.
- Jepson, P.C., 1994. Insects, spiders and mites. In: Calow, P. (Ed.), *Handbook of ecotoxicology*, Blackwell Science, Oxford, pp. 299-325.
- Kedwards, T.J., Maund, S.J., Chapman, P.F., 1999. Community level analysis of ecotoxicological field studies: I. Biological monitoring. *Environ. Toxicol. Chem.* 18, 149-157.
- Lepsch, I.F., Bellinazi, R., Bertolini, D., Espindola, C.R., 1985. Manual para levantamento utilitário do meio físico em classificação de terras no sistema da capacidade de uso. SBCS, Campinas, Brasil.
- Marquini, F., Guedes, R.N.C., Picanço, M.C., Regazzi, A.J., 2002. Response of arthropods associated with the canopy of common beans subjected to imidacloprid spraying. *J. Appl. Entomol.* 126, 550-556.
- MacLaughlin, A., Mineau, P., 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agric. Ecos. Environ.* 55, 210-212.
- Michereff Filho, M., Della Lucia, T.M.C., Cruz, I., Guedes, R.N.C., 2002 a. Response to the insecticide chlorpyrifos by arthropods on maize canopy. *Int. J. Pest Manage.* 48, 203-210.
- Michereff Filho, M., Della Lucia, T.M.C., Cruz, I., Guedes, R.N.C., Galvão, J.C.C., 2002 b. Chlorpyrifos spraying of no-tillage corn during tasselling and its effect on damage by *Helicoverpa zea* (Lep., Noctuidae) and on its natural enemies. *J. Appl. Entomol.* 126, 422-430.

- Moreby, S.J., Aebischer, N.J., Southway, S.E., Sotherton, N.W., 1994. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically and conventionally grown winter wheat in southern England. *Ann. Appl. Biol.* 125, 13-27.
- Naumann, K., 1990. *Chemistry of plant protection 4: Synthetic pyrethroid insecticides*. Springer, Berlin.
- Paine, M.D., 1996. Repeated measures designs. *Environ. Toxicol. Chem.* 15, 1439-1441.
- Quintela, E.D., 2001. Plantio direto e o manejo de artrópodes pragas. In: Zambolin, L. (Ed.). *Manejo Integrado – Fitossanidade: Cultivo Protegido, Pivô Central e Plantio Direto*. UFV, Viçosa, Minas Gerais, pp. 481-522.
- Racke, K.D., 1993. Environmental fate of chlorpyrifos. *Rev. Environ. Cont. Toxicol.* 131, 1-154.
- Resende, M., Curi, N., Santana, D.P., 1988. *Pedologia e fertilidade de solos: Interações e aplicações*. MEC, Brasília.
- SAS Institute, 2001. *SAS user's guide: statistics, version 8.2, 6th ed.* SAS Institute, Cary, NC.
- Silva, M.T.B., Grutzmacher, A.D., Ruedell, J., Link, D., Costa, E.C., 1994. Influência de sistemas de manejo de solos e de culturas sobre insetos subterrâneos. *Ciênc. Rural* 24, 247-251.
- Simões, J.C., Cruz, I., Salgado, L.O., 1998. Seletividade de inseticidas a diferentes fases de desenvolvimento do predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* 27, 289-294.
- Stewart-Oaten, A., Murdoch, W.W., Parker, K.R., 1986. Environmental impact assessment: "pseudoreplication" in time. *Ecology* 67, 929-940.

- Stinner, B.R., House, G.J., 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Annu. Rev. Entomol.* 35, 299-318.
- Tonhasca, A., 1993. Carabid beetle assemblage under diversified agroecosystems. *Entomol. Exp. Appl.* 68, 279-285.
- USDA, 1975. Soil taxonomy – A basic system of soil classification for making and interpreting soil surveys. USDA, Washington.
- von Ende, C.N., 1993. Repeated-measures analysis: growth and other time-dependent measures. In: Scheiner, S., Gurevitch, J. (Eds.), *Design and Analysis of Ecological Experiments*. Chapman & Hall, New York, pp. 113-137.
- Waquil, J.M., 1997. Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. *An. Soc. Entomol. Brasil* 26, 27-33.
- Wyland, L.J., Jackson, L.E., Chaney, W.E., Klonsky, K. Koike, S.T., Kimple, B., 1996. Winter cover crops in a vegetable cropping system: impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. *Agric. Ecos. Environ.* 59, 1-17.

Tabela 1. Artrópodes associados à parte aérea de plantas de milho avaliadas no experimento (média de três campos).
(Frequência (%) = número de amostras com as espécies/número total de amostras (x 100))

Taxa	Guilda	Abundância (média ± EPM) (no. Indivíduos / 10 plantas)				Frequência (%)
		Plantio convencional		Plantio direto		
		Sem inseticida	Com inseticida	Sem inseticida	Com inseticida	
Araneae	Predador	0,13 ± 0,07	0,13 ± 0,07	0,25 ± 0,14	0,25 ± 0,11	15,62
Coleoptera						
Anthicidae	Herbívoro mastigador	0,04 ± 0,04	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,04
Cantharidae	Predador	0,04 ± 0,04	0,00 ± 0,00	0,04 ± 0,04	0,00 ± 0,00	2,08
Carabidae	Predador	0,00 ± 0,04	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,13 ± 0,13	2,08
Chrysomelidae : <i>Diabrotica speciosa</i> (Germar)	Herbívoro mastigador	0,83 ± 0,26	0,25 ± 0,12	0,04 ± 0,04	0,08 ± 0,06	16,66
Coccinellidae: <i>Cycloneda sanguinea</i> (L.)	Predador	0,38 ± 0,15	0,04 ± 0,04	0,13 ± 0,07	0,42 ± 0,17	17,71
Lagriidae: <i>Lagria villosa</i> Fabr.	Herbívoro mastigador	0,13 ± 0,09	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	2,08
Staphylinidae	Predador	0,67 ± 0,33	0,88 ± 0,45	1,79 ± 0,65	1,25 ± 0,54	30,21
Tenebrionidae: <i>Tribolium</i> sp.	Herbívoro mastigador	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,08 ± 0,08	0,17 ± 0,17	2,08
Dermaptera						
Forficulidae: <i>Doru luteipes</i> (Scudder)	Predador	16,8 ± 4,46	10,6 ± 2,59	2,63 ± 0,85	1,75 ± 0,54	63,54
Diptera						
Sarcophagidae	Necrofago	0,13 ± 0,09	0,08 ± 0,08	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	3,13
Syrphidae	Predador	0,21 ± 0,10	1,13 ± 0,88	1,38 ± 0,48	1,29 ± 0,55	25,00
Tachinidae	Parasitoide	0,08 ± 0,08	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,04	0,04 ± 0,04	5,21
Hemiptera:						
Anthocoridae: <i>Orius</i> sp.	Predador	0,75 ± 0,24	0,75 ± 0,30	1,38 ± 0,48	1,21 ± 0,60	39,58
Lygaeidae: <i>Geocoris</i> sp.	Predador	0,29 ± 0,14	0,21 ± 0,10	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	9,37
Pentatomidae: <i>Nezara viridula</i> (L.)	Herbívoro sugador	0,00 ± 0,00	0,04 ± 0,04	0,13 ± 0,07	0,04 ± 0,04	5,21
Hemiptera:						
Aphididae: <i>Aphis</i> sp.	Herbívoro sugador	8,67 ± 5,75	17,00 ± 7,74	13,20 ± 6,85	14,90 ± 6,84	26,04

Cicadellidae: <i>Daibulus maidis</i> (DeLong & Wolcott)	Herbívoro sugador	9,58 ± 1,77	7,04 ± 1,52	5,08 ± 1,05	4,42 ± 0,91	68,75
Hymenoptera						
Braconidae	Parasitoide	0,04 ± 0,04	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,04
Lepidoptera						
Noctuidae: <i>Helicoverpa zea</i> (Boddie)	Herbívoro mastigador	0,29 ± 0,22	0,29 ± 0,20	0,29 ± 0,19	0,46 ± 0,26	10,41
(Smith)						
Orthoptera						
Gryllidae: <i>Gryllus assimilis</i> (Fabr.)	Herbívoro mastigador	0,42 ± 0,13	0,42 ± 0,22	2,21 ± 0,52	1,46 ± 0,36	42,71
Thysanoptera						
Thripidae: <i>Frankliniella</i> sp.	Herbívoro mastigador	0,00 ± 0,00	0,04 ± 0,04	0,00 ± 0,00	0,00 ± 0,00	1,04
		0,63 ± 0,33	4,46 ± 2,47	13,40 ± 5,90	11,00 ± 5,06	27,08

Tabela 2. Resumo da seleção Stepwise do procedimento usado para selecionar as espécies de artrópodes que serão incluídas na análise de variáveis canônicas permitindo a máxima discriminação entre os tratamentos

Passo	Variáveis		R ² parcial	Test F – da análise de covariância		Correlação quadrada parcial	
	Incluídas	Retiradas		F	p	Média da correlação canônica quadrada	p
1	<i>Doru luteipes</i>	-	0,20	7,57	0,0001	0,06	0,0001
2	<i>Dalbulus maidis</i>	-	0,25	10,25	<0,0001	0,13	<0,0001
3	<i>Spodoptera frugiperda</i>	-	0,23	8,75	<0,0001	0,18	<0,0001
4	<i>Diabrotica speciosa</i>	-	0,12	4,11	0,01	0,21	<0,0001
5	<i>Orius</i> sp.	-	0,10	3,14	0,03	0,22	<0,0001
6	<i>Lagria villosa</i>	-	0,10	3,21	0,03	0,24	<0,0001
7	<i>Cycloneda sanguinea</i>	-	0,08	2,60	0,05	0,27	<0,0001

Tabela 3. Eixos canônicos e seus valores (entre as estruturas canônicas) do impacto da deltametrina na comunidade de artrópodes associada à parte aérea do milho sob dois sistemas de plantio, convencional e direto. Asterisco indica significância a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste F aproximado.

Variáveis (espécies de artrópodes)	Eixos canônicos		
	1	2	3
<i>Doru luteipes</i>	0,98	-0,19	0,10
<i>Dalbulus maidis</i>	0,99	0,12	0,09
<i>Spodoptera frugiperda</i>	-0,91	0,30	0,28
<i>Diabrotica speciosa</i>	0,93	0,35	0,06
<i>Orius</i> sp.	-0,71	0,36	0,60
<i>Lagria villosa</i>	0,79	0,58	0,19
<i>Cycloneda sanguinea</i>	0,08	0,94	-0,33
F	6,06	1,32	0,66
gl (numerador; denominador)	21; 247,5	12; 174,0	5; 88,0
p	< 0,0001*	0,21	0,66
Correlação canônica quadrada	0,90	0,07	0,02

Table 4. Correlações canônicas e pares canônicos entre a abundância de herbívoros e predadores coletados na parte aérea do milho em dois sistemas de plantio sujeitos ou não à aplicação de deltametrina. Asterisco indica significância a 5% ($p \leq 0,05$), pelo teste F aproximado.

Variáveis	Pares canônicos					
	1º		2º		3º	
	Coefficiente	Correlação	Coefficiente	Correlação	Coefficiente	Correlação
Espécies de herbívoros						
<i>Dalbulus maidis</i>	1,05	0,81	- 1,80	- 0,45	- 0,27	0,16
<i>Spodoptera frugiperda</i>	2,23	0,87	2,89	0,42	- 0,60	- 0,20
<i>Diabrotica speciosa</i>	0,07	0,18	2,89	0,18	5,50	0,91
<i>Lagria villosa</i>	- 1,50	- 0,25	6,49	0,42	- 6,39	- 0,38
Espécies de predadores						
<i>Doru lutreipes</i>	- 1,65	- 0,80	0,77	0,60	0,32	0,01
<i>Orius</i> sp.	2,19	0,42	2,95	0,91	- 0,59	- 0,01
<i>Cycloneda sanguinea</i>	0,15	0,21	0,05	0,04	7,07	0,98
r		0,66		0,18		0,08
F aproximado		5,13		0,58		0,32
g.l. (numerador/denominador)		12; 235,76		6; 180,00		2; 91,00
p		< 0,0001*		0,74		0,73

Lista de Figuras

Fig. 1. Diagrama de ordenação (CVA) mostrando a discriminação entre as parcelas com aplicação de inseticida (símbolos abertos) e as parcelas sem inseticida (símbolos cheios) do plantio convencional (círculo) ou plantio direto (triângulo). Só o primeiro eixo canônico foi significativo ($p < 0,05$) e foi responsável por 90% do total da variância explicada. Os símbolos são centróides de tratamentos. Círculo agrupa os tratamentos que não foram significativamente diferentes pelo teste F aproximado ($p < 0,05$), baseado na distância de Mahalanobis entre a média das classes.

Fig. 2. Flutuação dos herbívoros mais relevantes associados à parte aérea do milho amostrados em parcelas de plantio convencional (círculo) e plantio direto (triângulo) sujeitos (símbolos abertos) ou não (símbolos cheios) à aplicação de deltametrina. Os símbolos representam a média dos três campos e as barras verticais indicam o erro padrão da média.

Figure 3. Flutuação dos predadores mais relevantes associados à parte aérea do milho amostrados em parcelas de plantio convencional (círculo) e plantio direto (triângulo) sujeitos (símbolos abertos) ou não (símbolos cheios) à aplicação de deltametrina. Os símbolos representam a média dos três campos e as barras verticais indicam o erro padrão da média.

Fig. 1

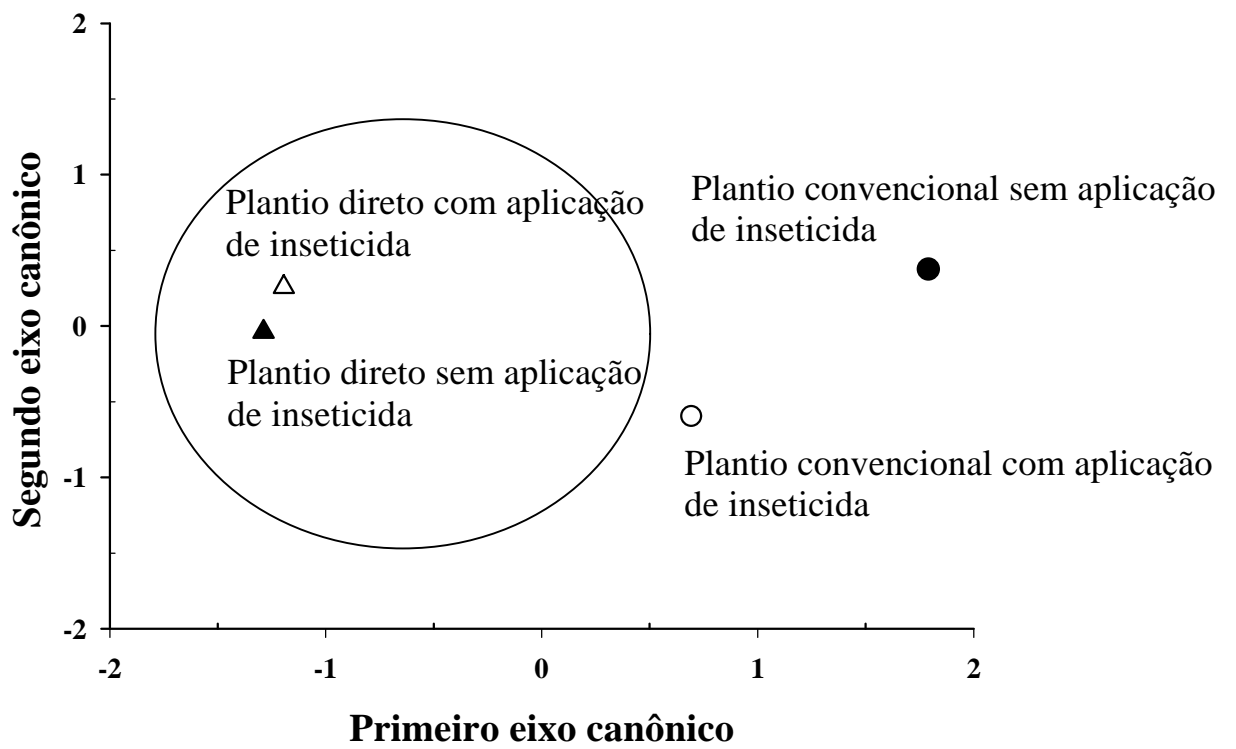


Fig. 2

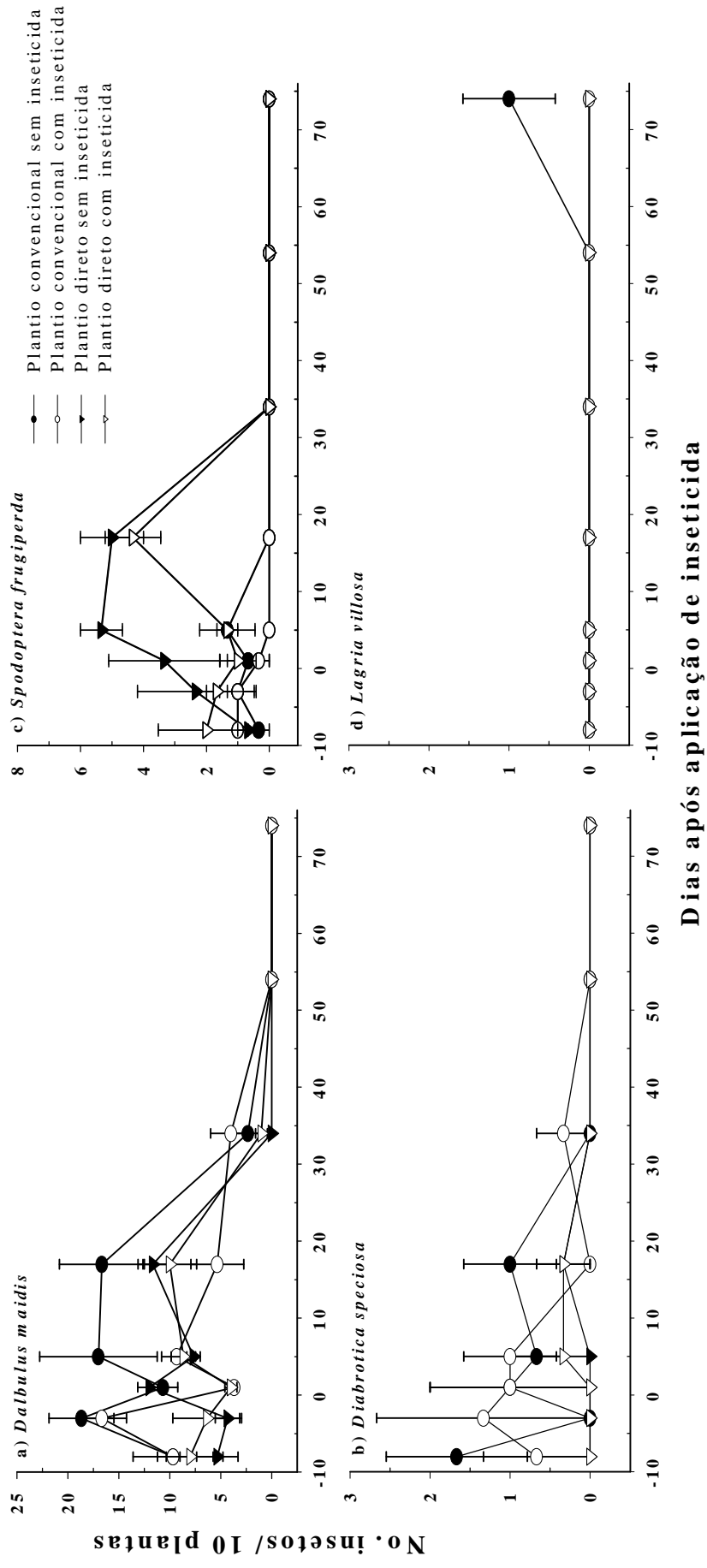
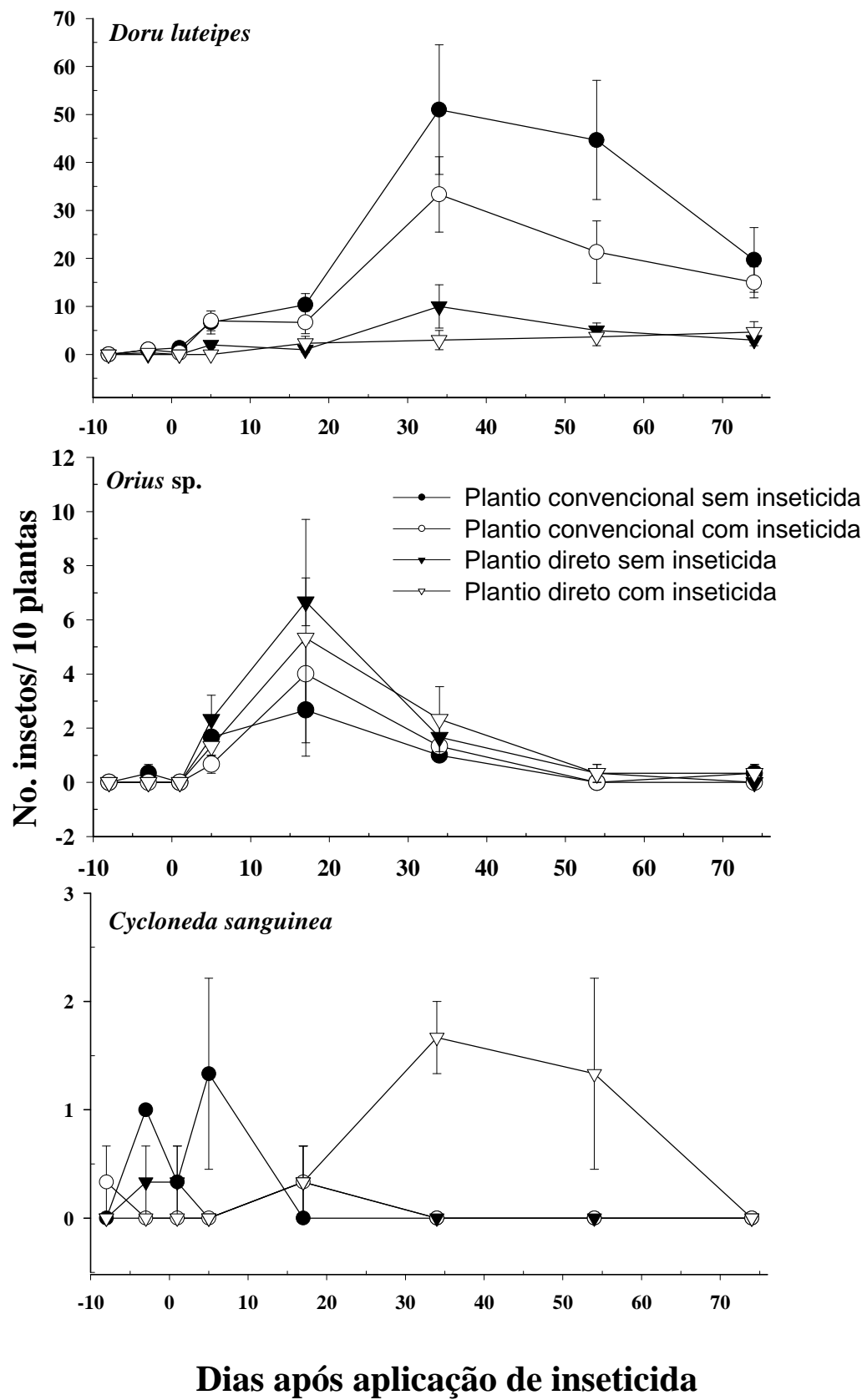


Fig. 3



Modelo: *Ecotoxicology and Environmental Safety*

Impacto de deltametrina e do sistema de plantio na comunidade de artrópodes
da superfície do solo sob cultivo de milho

Abstract

Deltamethrin impact in soil arthropods was assessed in the present investigation. This insecticide is commonly used throughout the country for controlling its key maize pest, the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). This insecticide has a well known toxicological profile, but its impact on arthropods widely reported as impact bioindicators, mainly springtails (Collembola) and mites (Oribatidae), has yet to be assessed in tropical maize crops. The treatments used were conventional and no-tillage cultivation systems with or without deltamethrin spraying. The deltamethrin residue analysis by gas chromatography did not detect the insecticide in samples collected 24 h after insecticide spraying. There was no significant overall effect of the treatments by principal component analysis (PCA). However, repeated measures analysis of variance detected significant impact in a species of Nitidulidae (Coleoptera). The cultivation system also provided significant impact on the soil mites Oribatida and Gamasida, which were more abundant in the conventional cultivation system. Springtails were also significantly affected by the cultivation system showing greater abundance in the conventional system, except Podumorpha that was more abundant under the no-tillage cultivation system. Analysis using only high taxonomy levels did not allow the detection of impact in the ant community assessed.

Key-words: Collembola, mites, ants, principal component analysis, bioindicators of insecticide impact.

Resumo:

Foi avaliado o efeito da deltametrina usado em cultivos de milho no Brasil no controle da lagarta do cartucho *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) em artrópodes da superfície do solo não alvos da aplicação inseticida. Apesar desse inseticida ser muito bem conhecido sob o aspecto toxicológico, pouco se sabe sobre seu impacto em insetos considerados como bioindicadores principalmente colêmbolos e ácaros associados a cultivos de milho. Os tratamentos usados foram os sistemas de plantio convencional e plantio direto com a aplicação ou não de deltametrina. A análise de resíduo por cromatografia gasosa não detectou deltametrina nas amostras coletadas 24 horas após a aplicação do inseticida. Pela análise de componentes principais e pela análise de medida repetida, não se detectou, de maneira geral, impacto significativo do inseticida nos dois sistemas de plantio. No entanto, a análise de medida repetida detectou impacto significativo do inseticida em uma espécie de Nitidulidae (Coleptera). Quanto ao efeito do sistema de plantio, ele afetou significativamente os ácaros Oribatida e Gamasida que foram mais abundantes no sistema de plantio convencional. Todos os colêmbolos avaliados foram afetados pelo sistema de plantio e com maior abundância no plantio convencional salvo os Podumorpha que foram mais abundantes no plantio direto. O agrupamento em nível taxonômico maior não permitiu a detecção de impacto nas comunidades de formigas avaliadas. Palavras chaves: Collembola; ácaros; formigas; análise de componentes principais; bioindicadores de impacto inseticida.

1. Introdução

O crescimento da população mundial e a busca de maiores produtividades levam ao uso cada vez maior de pesticidas. Paralelamente, também há um aumento da área de plantio direto no Brasil principalmente devido aos benefícios que este sistema propicia ao agroecossistema (Quintela, 2001). Apesar dessa situação, não se sabe qual o impacto dessas práticas agronômicas sobre a fauna de artrópodes não alvos, principalmente os detritívoros, cuja importância é normalmente esquecida apesar de serem fundamentais em processos biológicos e comporem nível trófico fundamental para a sustentabilidade do agroecossistema. Alguns desses artrópodes, por responderem rapidamente a mudanças ocorridas no ambiente, apresentarem ampla distribuição geográfica e serem capazes de demonstrar gradiente de resposta em função do grau da perturbação, podem ser considerados bioindicadores de distúrbio ambiental (Noss, 1990; Paoletti & Bressan, 1996).

Van Straalen (1998) avalia que basicamente dois critérios são usados na escolha de um bioindicador: a especificidade de seu comportamento a um determinado fator e a sua sensibilidade ao agente estressante. Respondendo a esses critérios tem-se entre outros artrópodes, os ácaros (Vadakepuram *et al.*, 1991), os Collembola (Vadakepuram *et al.*, 1991) e as formigas (Majer, 1994; Peck *et al.*, 1998). Na literatura, os colêmbolos têm sido usados nos estudos dos impactos de inseticidas em organismos não alvos, para avaliar os efeitos adversos (Frampton, 1994; Frampton, 1997). No grupo dos ácaros, os Oribatida e os Gamasida também têm sido usados para se verificar mudanças ocorridas devido à ação antrópica (Moore *et al.*, 1984; Norton & Sillman, 1985; Minor *et al.*, 2004). Na ordem dos coleópteros, muitos estudos têm focado o

efeito de pesticidas e de sistemas de manejo (sistemas de plantio, rotação de cultura, tipo de cultura) sobre predadores Carabidae (Ellsbury et al., 1998; Varchola & Dunn, 1999; Irmiler, 2003).

Além do impacto por inseticidas, pode ocorrer impacto devido ao sistema de cultivo. De forma geral, o plantio direto favorece populações de microartrópodes, principalmente populações de ácaros e Collembola (Stinner & House, 1990; MacLaughlin & Mineau, 1995). Outros estudos como o de Perner & Malt (2003) verificaram que há efeito da forma de manejo do agroecossistema na composição dos coleópteros avaliados por armadilhas "pitfall". No entanto, o fato desses organismos se concentrarem próximo à superfície do solo em sistemas de plantio direto torna-os particularmente sensíveis aos pesticidas, quando estes são aplicados na folhagem das plantas (como no caso da deltametrina) podendo ser portanto mais afetados neste sistema do que no sistema convencional de plantio (Edwards & Lofty, 1978; Brust et al., 1985).

Portanto, o presente estudo avalia o impacto da combinação inseticida/sistema de cultivo (plantio direto e plantio convencional) em insetos associados à superfície do solo. Tal proposta supre a carência que se tem com relação à amplitude desses efeitos, particularmente no que se refere à condições tropicais.

2. Material e Métodos

2.1. Local

O estudo foi realizado no município do Coimbra, MG (20° 51' 24"S, 42° 48' 10"W) sob solo classificado como "podzólico vermelho-amarelo distrófico fase terraço" (Resende et al., 1988), de janeiro a junho de 2001. O milho

(híbrido AG 1051) foi semeado no dia 26 de janeiro de 2001 no espaçamento 0,9 x 0,2 m (i.e., 55 000 plantas/ha). Três áreas próximas, possuindo entre 1,0 e 1,5 ha cada uma, foram usadas no experimento. As parcelas contendo os tratamentos tinham 40 x 15 m e eram separadas por uma borda de 5 m. Os tratamentos foram estabelecidos em arranjo fatorial 2 x 2 (2 sistemas de plantio: direto e convencional; 2 padrões de uso de deltametrina: aplicação ou não do inseticida para controle da lagarta-do-cartucho). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições. As práticas culturais foram as usualmente feitas na região. Os herbicidas glyphosate (1080 g i.a. ha⁻¹) e 2,4-D (720 g i.a. ha⁻¹) foram aplicados como dessecantes 10 dias antes do plantio no sistema de plantio direto.

2.2. Análise de solo

Amostras compostas de cada parcela foram coletadas e a análise de solo foi realizada no laboratório de análise de rotina do Departamento de Solo da Universidade Federal de Viçosa.

2.3. Aplicação de inseticida

O inseticida foi aplicado mediante monitoramento prévio, quando a média de plantas apresentando folhas com danos causados pela lagarta do cartucho *S. frugiperda* nos três campos superou 20% das plantas, tendo atingido o nível de controle (Nakano et al., 1981). A deltametrina (Decis, 25 CE; 25 g i.a. L⁻¹; concentrado emulsionável, Aventis Cropscience Brasil Ltda.) foi aplicada uma única vez, 27 dias após o plantio, para controlar a *S. frugiperda* na concentração de 5 g i.a. ha⁻¹. Foi feita uma aplicação motorizada usando uma vazão de 150 L de calda ha⁻¹ e velocidade de trabalho de 6 km/h com pressão de 3 bar. Bicos de jato cônicos foram usados (XR80015 Teejet; Teejet

South America, São Paulo, Brasil). O jato foi direcionado ao cartucho durante a aplicação.

2.4. Amostragem dos artrópodes

As amostragens dos artrópodes foram feitas antes e depois da aplicação de inseticida como preconizado por Green (1993). Oito amostragens foram realizadas para a avaliação da comunidade de formigas presente nos agroecossistemas: duas antes da aplicação do inseticida (8 e 3 dias antes) e seis depois (1, 5, 17, 34, 54 e 74 dias depois) desta mesma aplicação. Os artrópodes da superfície do solo foram amostradas utilizando-se três armadilhas do tipo “pitfall” em cada parcela (Frampton & Çilgi, 1996). Os ácaros coletados foram identificados pelo Dr. Aníbal Ramadan Oliveira da Universidade de São Paulo (ESALQ-USP) e pelo Dr. Jeferson L.C. Mineiro da Universidade Estadual Paulista (UNESP-Jaboticabal). Os colêmbolos foram identificados pela Dra. Elisiana Oliveira do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia de Manaus (INPA). Os grilos foram identificados pelo Dr. Carlos F. Sperber da Universidade Federal de Viçosa (UFV). As formigas foram identificadas por Dr. Ivan Cardoso do Nascimento da UFV. Quanto aos coleópteros, foram identificados usando chaves taxonômicas.

Para evitar a superestimação das formigas, usou-se a frequência de captura nas armadilhas para fins de análise estatísticas. Para os demais artrópodes foi usado o número de indivíduos coletados.

2.5. Análise de resíduo

Na análise de resíduos realizada no Laboratório de Química Analítica Aplicada da Universidade Federal de Viçosa, foi inicialmente testado o melhor tempo de adsorção assim como a proporção dos solventes usados. Este procedimento teve como objetivo otimizar um método eficaz de quantificação

de resíduos da deltametrina (piretróide) em amostras de solo. Para a determinação da curva padrão, amostras de solo foram fortificadas com 1 mL do padrão de deltametrina em hexano numa concentração de 10 mg L⁻¹ e deixadas em repouso por 21 horas para a adsorção do composto. Em seguida as amostras foram tratadas sob agitação, com diferentes combinações dos solventes: acetona, diclorometano e hexano, variando o tempo de extração. Os extratos finais foram filtrados, tratados com sulfato de sódio anidro e concentrados até a secura em evaporador rotativo a 60°C. Finalmente recuperou-se as soluções em 10,0 mL de hexano e realizou-se as análises por cromatografia gasosa, empregando coluna capilar e detector por captura de elétrons (ECD). Todos os testes foram realizados em triplicata. A temperatura da coluna e do injetor foram mantidas em 280°C durante todo o teste, a temperatura do detector (ECD) mantida em 300°C, a vazão do gás de arraste (nitrogênio) mantida em 1,2 mL/min e a razão split de 1:5. Adicionalmente, foi determinado o limite de detecção do método injetando-se soluções padrão em concentrações crescentes. De posse das áreas dos picos obtidas nas diversas concentrações, foi construída a curva analítica (área x concentração) e foi determinada a linearidade da resposta (R^2).

Uma vez estabelecida a metodologia, amostras de solo colhidas 24 horas após a aplicação da deltametrina na lavoura de milho foram usadas visando quantificar o quanto do inseticida que atingiu o solo por escorrimento ainda persistia no mesmo.

Também se fez simulação em laboratório aplicando diretamente no solo a dose usada no campo aumentada em 2,5 vezes. No laboratório de química analítica, usou-se 10 gramas das amostras de cada tratamento secas e peneiradas. Essas amostras foram tratadas sob agitação por uma hora numa

mistura de 50 mL de acetona, hexano e diclorometano (2,5 :1,0 : 1,5). Esse procedimento foi repetido para as amostras usadas na simulação. Os extratos finais foram filtrados, tratados com sulfato de sódio anidro e concentrados até a secura em evaporador rotativo a 60°C. Finalmente recuperou-se as soluções em 10,0 mL de hexano e realizou-se as análises em triplicata por cromatografia gasosa, empregando coluna capilar e detector por captura de elétrons (ECD), usando as mesmas condições do aparelho estabelecidas na determinação da curva padrão.

2.6. Análise estatística

O impacto do inseticida e do sistema de plantio na comunidade amostrada foi avaliado pela comparação da abundância dos artrópodes encontrados nas armadilhas nos diferentes tratamentos. Os dados foram transformados antes da análise por $\log_{10}(X + 1)$ para atender as exigências de normalidade e homogeneidade das variâncias da análise paramétrica. Somente os artrópodes apresentando uma freqüência acima de 25% foram incluídas nas análises salvo as formigas que foram todas incluídas.

Para fins de análise, os ácaros foram agrupados ao nível de subordem, os Collembola ao nível de ordem e de família e os demais ao nível de família. Os dados foram submetidos à análise de componentes principais (PCA) usando o programa Canoco 3.1 (Ter Braak & Smilauer, 1998). Os diagramas de ordenação usando a distância Euclidiana de cada tratamento nas diferentes datas foram também feitos. Foi também averiguada a influência das variáveis ambientais na comunidade presente em cada tratamento.

Foi realizada análise de variância por medida repetida (PROC ANOVA com especificação PROFILE; SAS Institute 2001) dos grupos de artrópodes coletados nas armadilhas e com freqüência acima de 25%. Esta análise foi

realizada para se determinar individualmente as diferenças na abundância dos artrópodes nos tratamentos. Para esta análise, foi considerada a data de amostragem como a medida repetida. A medida repetida foi usada porque os artrópodes eram amostrados várias vezes na mesma área (Green, 1993; Paine, 1996).

3. Resultados

Foram identificadas três subordens de ácaros (Oribatida [Scheloribatidae, Nothridae, Eremulidae, Xylobatidae, Galumnidae, Haplozetidae, Euphthiracaridae e Oppiidae], Gamasida [Laelapidae, Parasitidae e Ascidae] e Acaridida [*Tyrophagus* spp.]). No segundo grupo de artrópodes, três ordens de Collembolla foram identificadas; Symphypleona (Dicyrtomidae, Arrhopalitidae e Sminthuridae), Podumorpha (Hypogastruridae, Onychiuridae, Brachystomellidae) e Entomobryomorpha (Entomobryidae, Isotomidae e Paronellidae). No grupo dos coleópteros, 11 famílias foram identificadas. Os insetos do grupo seguinte foram da família Gryllidae e da família Forficulidae. Quanto às formigas elas foram das subfamílias Dolichoderinae, Myrmicinae, Formicinae, Ecitoninae e Ponerinae (Tabela 1).

A resposta do detector, em função da concentração mostrou linearidade entre 0,1 a 2 mg L⁻¹ (R²= 0,99) e limite de detecção de 0,1 ng mL⁻¹. Os melhores resultados para extração da deltametrina foram obtidos deixando-se em contato por 60 minutos, 10 g da amostra de solo e 50 mL de uma mistura extratora de acetona, hexano e diclorometano (2,5:1,0:1,5). Nessas condições, essa metodologia apresentou taxa de recuperação em torno de 95% mostrando a eficiência da metodologia.

Apesar da ótima taxa de recuperação e do limite de detecção obtidos na metodologia de extração (0.1 ng mL⁻¹), não se detectou resíduos de

deltametrina nas amostras do solo do campo. Nas amostras de 10 gramas de solo, fortificadas com dose 2,5 vezes maior que a usada a nível de campo, não foi também detectado pela metodologia usada nenhum resíduo 24 horas após a aplicação sugerindo a rápida degradação do inseticida em condição de campo em todas as parcelas experimentais.

A resposta geral dos artrópodes coletados aos diferentes tratamentos foi averiguada usando a análise de componentes principais (PCA). Os dados ambientais foram incorporados na análise para se explicitar a influência que eles exercem sobre cada espécie (Fig. 2). A representação nos dois primeiros eixos da posição dos grupos de artrópodes permitiu a explicação de 42,5% do total da variância (28,7% do primeiro eixo e 13,8% do segundo).

Os artrópodes foram divididos pelo primeiro eixo em dois grupos sendo Forficulidae, os ácaros *Tyrophagus* spp. e as formigas Ectoninae separados dos demais. Quanto maior a seta ligando o artrópode ou grupo de artrópodes ao centro do diagrama, maior contribuição este grupo tem na divergência entre as amostras. Assim, os *Tyrophagus* spp., Gamasida e os colêmbolos foram os que mais contribuíram para separar as datas amostrais (Fig. 1). Os dados ambientais mostraram influência da temperatura e da umidade relativa nos artrópodes. Quanto menor o ângulo entre uma variável ambiental e o artrópode ou grupo de artrópode, maior a sua influência na sua abundância. A interpretação da Fig. 1 indica grande influência da temperatura nos colêmbolos em geral, nas formigas salvo Ectoninae, em *Gryllus assimilis*, nos Coleoptera e nos ácaros Oribatida. Não foi detectada indicação de grande influência da matéria orgânica nos artrópodes. A umidade relativa mostrou ser importante para os Acaridae do gênero *Tyrophagus* e para as formigas Ectoninae. A

precipitação pluvial influenciou os Coleoptera e as formigas Dolichoderinae, Myrmicinae e Formicinae.

Quanto à composição de espécies presentes nos tratamentos, há uma similaridade entre o plantio convencional com inseticida e os dois tratamentos do plantio direto que apresentaram estrutura de comunidade diferente daquela existente no plantio convencional sem inseticida (Fig. 2). A sobreposição das figuras 1 e 2 indicaria a predominância das espécies ou táxons nos tratamentos cujas setas estariam apontando para a mesma direção. Todavia, pelo tamanho das setas representando os tratamentos, não se conseguiu uma correlação forte entre estes dois parâmetros.

As datas amostrais foram divididas em quatro grupos mostrando semelhanças na composição dos artrópodes antes da aplicação inseticida e um dia após a aplicação da deltametrina (Fig. 2). De cinco a 54 dias após a aplicação inseticida, houve separação da composição de artrópodes pelo primeiro e segundo eixo. Esse último agrupando os tempos 5; 34 e 54 dias após aplicação do inseticida. De forma explícita, a última data amostral se destacou das demais. A disposição das datas amostrais, mostra um claro efeito do tempo na estrutura e composição das comunidades presentes nos diferentes tratamentos.

A análise de medida repetida feita para averiguar as respostas individuais dos artrópodes avaliados mostrou que foi detectado efeito de inseticida apenas para Nitidulidae (Espécie 1) ($F = 11,05$; $p = 0,01$) (Fig. 3). O sistema de plantio teve efeito significativo para Nitidulidae (Espécie 1) ($F = 32,71$; $p = 0,0012$), para os Oribatida (Wilks' lambda = 0,332; $F = 8,03$; $gI_{(num/den)} = 1/4$; $p = 0,047$), para Gamasida (Wilks' lambda = 0,083; $F = 44,09$; $gI_{(num/den)} = 1/4$; $p = 0,0027$) (Fig. 3), para o conjunto Hypogastruridae / Brachystomellidae

(Wilks' lambda = 0,175; F = 18,85; $gl_{(num/den)} = 1/4$; $p = 0,122$) (Fig.4). Quanto à interação sistema de plantio x data, foi significativa para *Xyleborus* sp. (Scolytidae) (F = 3,02; $p = 0,0172$) (Fig. 3), para Isotomidae (F = 4,50; $p = 0,0018$), para o conjunto Entomobryidae / Paronellidae (F = 7,13; $p < 0,0001$) e para Symphypleona (F = 3,19; $p = 0,0129$) (Fig. 4). Para as formigas agrupadas em nível de subfamília, para Forficulidae e para *Gryllus assimilis* não foram detectados efeitos de inseticida e do sistema de plantio. De forma geral pela análise de medida repetida, só foi detectado impacto de inseticida numa única espécie de Coleoptera. Ademais, foi observada apenas para alguns artrópodes influência do sistema de plantio e da interação sistema de plantio x data.

4. Discussão

Os resultados da análise multivariada mostrados no diagrama PCA indicam que de forma geral, não houve impacto do inseticida deltametrina na comunidade dos artrópodes avaliados associados ao cultivo do milho. A análise feita tentando quantificar o resíduo da deltametrina pela cromatografia gasosa, não detectou resíduo da deltametrina 24 horas após aplicação de inseticida.

Os resultados obtidos na avaliação dos ácaros e submetidos à análise univariada foram ambíguos. A avaliação em nível de população indica que os Oribatida, que são micófagos e saprófagos (Paoletti & Bressan, 1996) foram afetados pelo sistema de cultivo, como também encontrado por Stinner et al. (1986) e Minor et al. (2003). À semelhança do obtido por Stinner et al. (1986) os Oribatida tiveram, no presente trabalho, uma densidade maior no plantio convencional comparativamente ao plantio direto, apesar deste sistema apresentar menor quantidade de recursos alimentares e ser mais danoso para a subordem (Norton & Sillman, 1985; Neher & Barbercheck, 1999). Crossley et al. (1992), Hulsman & Wolters (1998) e Minor et al. (2003) acharam maior

número de Oribatida (Criptostigmata) em sistemas de manejo onde há menor distúrbio do solo.

Avaliando a resposta dos ácaros não-Criptostigmata (no caso atual compostos pelos ácaros da subordem Gamasida e Acaridida) os resultados aqui encontrados para Gamasida diferem dos encontrados pelos autores citados anteriormente. Os Gamasida, que são predadores de outros microartrópodes e até mesmo de outros ácaros (Mineiro & Morais, 2001), foram mais abundantes no plantio convencional seguindo a tendência dos Oribatida, apesar deste ambiente lhes ser menos favorável. Não foi detectado efeito do sistema de plantio na população de *Tyrophagus* spp. que são micófagos e saprófagos (Paoletti & Bressan, 1996) e preferem locais úmidos e com muita matéria orgânica,.

Uma provável explicação para esses resultados contraditórios no que diz respeito aos ácaros é a aplicação de herbicida como dessecante nas parcelas de plantio direto antes do plantio do milho. Estudos revelaram que herbicidas podem afetar negativamente essas duas populações mantendo baixa a densidade destas subordens (Moore et al., 1984; Koehler, 1994; Salminen et al., 1997). Essa ação dos xenobióticos sobre os microartrópodes no sistema de plantio direto pode ter sido mais acentuada por estes organismos se concentrarem próximo à superfície do solo, ficando, portanto mais expostos (Edwards & Lofty, 1978; Brust et al., 1985).

No grupo dos colêmbolos houve efeito significativo dos sistemas de plantio em todas as populações avaliadas. Com a alteração da cobertura vegetal e do estado fenológico do milho, ocorre modificação na composição de espécies vegetais e animais, criando novas interações interespecíficas nos agroecossistemas que afetariam de forma diferente essas populações.

Contrariamente ao encontrado por Marquini et al. (2003) avaliando o efeito do imidacloprid, não foi possível detectar efeito da deltametrina, sugerindo que o mesmo perdurou por pouco tempo na população. Não foram encontrados na literatura trabalhos de impacto da deltametrina em populações de Collembola. Pelo amplo uso deste inseticida na agricultura, tais estudos seriam de grande valia uma vez que devido a grande variabilidade interespecífica deste grupo a inseticidas (Frampton, 1994 e 1997) extrapolações não sejam recomendadas. Nos quatro grupos de Collembola houve efeito significativo do sistema de plantio, reforçando a idéia de que o sistema de cultivo tem mais influência nos microartrópodes do que os inseticidas (Stinner et al., 1986). O sistema de plantio mostrou efeito significativo para o conjunto Entomobryidae/Paronellidae e para Symphypleona. Para esses dois grupos, a abundância foi maior no plantio convencional, contrariamente ao relatado por Petersen & Luxton (1982), Stinner & House, 1990, Paoletti & Bressan (1996) e Neave & Fox (1998) que encontraram efeito geral negativo da operação de cultivo nos microartrópodes. Essas espécies, provavelmente, foram afetadas pela aplicação de herbicida no plantio direto feita antes do plantio do milho. Em decorrência dos resultados obtidos, o impacto do herbicida no sistema de plantio direto deveria ser também averiguado para dar maiores subsídios aos estudos dos efeitos deste sistema de plantio no ambiente.

Os *G. assimilis* e Forficulidade apesar de serem coletados nas armadilhas "pitfall", não permitiram tirar conclusões a respeito do impacto da deltametrina por não apresentar um padrão definido de resposta além da baixa captura em todos os tratamentos. As formigas agrupadas em nível de subfamília não foram sensíveis aos tratamentos feitos requerendo uma separação até níveis taxonômicos menores.

Quanto aos coleópteros, os Nitidulidae, que são detritívoros, foram os mais encontrados e também os que mais sofreram influência do sistema de plantio e do inseticida. Por serem um grupo importante para a degradação da matéria orgânica (Crossley et al., 1992), o impacto nesta população provavelmente afeta a estrutura e a fertilidade do solo local. A menor abundância encontrada no plantio direto pode indicar que eles tenham sido também anteriormente afetados pela aplicação herbicida o que reduziu bastante a população inicial antes das nossas avaliações.

Agradecimentos

Ao J. Evaristo Lopes e ao Prof. M. Martins pelo auxílio na condução do experimento. Ao Programa PEC-PG da CAPES pela bolsa concedida. Aos taxonomistas Dr. Aníbal Ramadan Oliveira; Dr. Jeferson L.C. Mineiro; Dra. Elisiana Oliveira; Dr. Carlos F. Sperber e Dr. Ivan Cardoso do Nascimento.

Referências

- Brust, G. D., Stinner, B. R., & McCartney, D. A. (1985). Tillage and soil insecticide effects on a predator-black cutworm (Lepidoptera:Noctuidae) interactions in corn agroecosystems. *J. Econ. Entomol.* **78**, 1389-1392.
- Crossley, Jr., D. A., Mueller, B. R., & Perdue, J. C. (1992). Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: Relations to processes. *Agricult. Ecosyst. Environ.* **40**, 37-46.
- Edwards, C. A., & Lofty, J. R. (1978). The influence of arthropods and earthworms upon root growth of direct drilled cereals. *J. Appl. Ecol.* **15**, 789-795.
- Ellsbury, M. M., Powell, J. E., Forcella, F., Woodson, W. D., Clay, S. A., & Riedell, W. E. (1998). Diversity and dominant species of ground beetle assemblages (Coleoptera: Carabidae) in crop rotation and chemical input systems for the northern great plains. *Ann. Entomol. Soc. Am.* **91**, 619-625.
- Frampton, G. K. (1994). Sampling to detect effects of pesticides on epigeal Collembola (springtails). *Asp. Appl. Biol.* **37**, 121-130.
- Frampton, G. K. (1997). The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: Evidence and methods from the UK arable ecosystem. *Pedobiologia* **41**, 1679-184.
- Frampton, G.K. & Çilgi, T. How do arable rotations influence pesticide side-effects on arthropods? *Asp. Appl. Biol.* 47:127-135, 1996.
- Green, R. H., (1993). Application of repeated measures designs in environmental impact and monitoring studies. *Austral. J. Ecol.* **18**, 81-98.
- Guedes, R. N. C., & Guedes, N. M. P., (2001). Limitação e perspectivas do manejo integrado de pragas em culturas sob plantio direto, pivô central e cultivo protegido. In: *Manejo Integrado – Fitossanidade: Cultivo Protegido*,

- Pivô Central e Plantio Direto*. (Zambolin, L. Ed.), pp. 543-581. UFV, Viçosa, Minas Gerais,
- Hülsmann, A., & Wolters, V. (1998). The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida, *Appl. Soil Ecol.* **9**, 327-332.
- Irmeler, U. (2003). The spatial and temporal pattern of carabid beetles on arable fields in northern Germany (Schleswig-Holstein) and their value as ecological indicators. *Agric. Ecosyst. Environ.* **98**, 141-151.
- Koehler, H. H., (1994). A case study on bioindication and its use for the assessment of ecological impact. In: *Ecotoxicology of Soil Organisms*. (Donker, M. H., Eijsackers, H., Heimbach, F. Eds.), pp. 427–444. Lewis Publishers, Boca Raton.
- Majer, J. D. (1994). Arboreal ant community patterns in Brazilian farms. *Biotropica* **26**, 73-83.
- Marquini, F., Picanço, M .C., Guedes, R. N .C., & Ferreira, P. S. F. (2003). Imidacloprid impact on arthropods associated with canopy of common beans. *Neotrop. Entomol.* **32**, 335-342.
- McLaughlin, A., & Mineau, P. (1995). The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agric. Ecosyst. Environ.* **55**, 201-212.
- Mineiro, J. L. C., & Moraes, G. J. (2001). Gamasida (Arachnida: Acari) Edáficos de Piracicaba, Estado de São Paulo. *Neotrop. Entomol.* **30**, 379-386.
- Minor, M. A., Volk , T. A., & Norton, R. A. (2004). Effects of site preparation techniques on communities of soil mites (Acari: Oribatida, Acari: Gamasida) under short-rotation forestry plantings in New York, USA. *Appl. Soil Ecol.*
- No prelo.**

- Moore, J. C., Snider, R. J., & Robertson, L. S. (1984). Effects of different tillage practices on Collembola and Acarina in corn production systems. 1. The effects of no-tillage and Atrazine. *Pedobiologia* **26**, 143–152.
- Nakano, O., Silveira Neto, S. & Zucchi, R. A. (1981). *Entomologia Economica*. São Paulo : LIVROCERES, 314 p.
- Neave, P., & Fox, C. A. (1998). Response of soil invertebrates to reduced tillage systems established on a clay loam soil, *Applied Soil Ecology* **9**, 423-428.
- Neher, D. A., & Barbercheck, M. E., (1999). Diversity and function of soil mesofauna. In: *Biodiversity in Agroecosystems* (Collins, W. W., Qualset, C. O. Eds), pp. 27–47. CRC Press, Boca Raton.
- Norton, R .A., & Sillman, D .Y. (1985). Impact of oily waste application on the mite community of an arable soil. *Exp. Appl. Acarol.* **1**, 287–305.
- Noss, R. F. (1990). Indicators for monitoring biodiversity: a hierarchical approach. *Conserv. Biol.* **4**, 355-364.
- Paine, M. D., (1996). Repeated measures designs. *Environ. Toxicol. Chem.* **15**, 1439-1441.
- Paoletti, M. G., & Bressan, M. (1996). Soil invertebrates as bioindicators of human disturbance. *Critical Reviews in Plant Sciences* **15**, 21-62.
- Peck, S .L., McQuaid, B., & Lee Campbell, C. (1998). Using ant species (Hymenoptera:Formicidae) as biological indicator of agroecosystem condition. *Environ. Entomol.* **27**, 1102-1110.
- Perner, J., & Malt., S. (2003). Assessment of changing agricultural land use: response of vegetation, ground-dwelling spiders and beetles to the conversion of arable land into grassland. *Agric. Ecosyst. Environ.* **98**, 169-181.

- Petersen, H., & Luxton, M. (1982). A comparative analysis of soil fauna populations and their role in decomposition processes. *Oikos* **39**, 288–388.
- Quintela, E. D., (2001). Plantio direto e o manejo de artrópodes pragas. In: *Manejo Integrado – Fitossanidade: Cultivo Protegido, Pivô Central e Plantio Direto*. (Zambolin, L. Ed.). pp. 481-522. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Resende, M., Curi, N., Santana, D.P., 1988. Pedologia e fertilidade de solos: Interações e aplicações. MEC, Brasília.
- Salminen, J., Setälä, H., & Haimi, J. (1997). Regulation of decomposer community structure and decomposition processes in herbicide stressed humus soil. *Appl. Soil Ecol.* **6**, 265–274.
- SAS Institute, (2001). *SAS user's guide: statistics, version 8.2*, 6th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Stinner, B. R., & House, G. J. (1990). Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Ann. Rev. Entomol.* **35**, 299-318.
- Stinner, B. R., Krueger, H. R., & McCartney, D. A. (1986). Insecticide and tillage effects on pest and non-pest arthropods in corn agroecosystems. *Agric. Ecosyst. Environ.* **15**, 11-21.
- Ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (1998). *CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for windows: Software for Canonical Community Ordination* (version 4). Microcomputer Power. Ithaca, New York, 351 pp.
- Vadakepuram, C.J., & Chakravorty, P.P. (1991). Impact of insecticides on nontarget microarthropod fauna in agricultural soil. *Ecotoxicol. Environ. Saf.* **22**, 8-16.
- Van den Brink, P. J., & Ter Braak, C. J. F. (1999). Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environ. Toxicol. Chem.* **18**, 138–148.

- Van den Brink, P. J., & Ter Braak, C. J. F., (1998). Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by principal response curves and similarity analysis. *Aq. Ecol.* **32**, 163–178.
- Van Straalen, N .M. (1998). Evaluation of bioindicator systems derived from soil arthropod communities. *Appl. Soil Ecol.* **9**, 429-437.
- Varchola, J. M., & Dunn., J. P. (1999). Changes in ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in farming systems bordered by complex or simple roadside vegetation. *Agric. Ecosyst. Environ.* **73**, 41-49.

Legenda de tabela.

Tabela 1. Abundância \pm Erro Padrão da Média (EPM) dos artrópodes coletados nas armadilhas "pitfall" no sistema de plantio convencional e sistema de plantio direto sem ou com aplicação do inseticida deltametrina. (Frequência (%) = número de amostras com as espécies/número total de amostras (x 100))

Tabela 1.

Taxa	Abundância (no. Indivíduos / tratamento) ± EPM				Frequência (%)
	Plantio convencional		Plantio direto		
	Sem inseticida	Com inseticida	Sem inseticida	Com inseticida	
Arachnida					
Acarina					
Oribatida	2280 ± 7,57	2163 ± 4,75	888 ± 1,45	390 ± 1,02	82,64
Gamasida	1241 ± 2,60	1580 ± 3,22	681 ± 1,22	617 ± 1,30	80,90
Acaridida	1455 ± 5,6	1825 ± 7,54	1660 ± 6,13	1496 ± 5,79	61
Collembola					
Symphyleona					
Dicyrtomidae/Arrhopalitidae/Sminthuridae	303 ± 1,92	314 ± 1,32	113 ± 0,36	138 ± 0,41	40
Entomobryomorpha					
Entomobryidae/Paronellidae.	1180 ± 1,98	1489 ± 3,22	1088 ± 1,51	783 ± 1,41	81,3
Isotomidae	1014 ± 2,53	2538 ± 6,31	1889 ± 3,70	2822 ± 8,62	82,30
Podumorpha.					
Hypogastruridae/Brachystomellidae	948 ± 3,27	2963 ± 13,60	2424 ± 7,62	3437 ± 9,40	76,89
Insecta					
Orthoptera					
Gryllidae: <i>Gryllus assimilis</i> (Fabr.)	63 ± 0,14	56 ± 0,14	54 ± 0,12	34 ± 0,09	42,7
Dermaptera					
Forficulidae: <i>Doru luteipes</i> (Scudder	30 ± 0,13	31 ± 0,09	29 ± 0,11	32 ± 0,10	25
Coleoptera					
<i>Xyleborus</i> sp. (Scolytidae)	194 ± 0,41	182 ± 0,39	135 ± 0,27	125 ± 0,28	63,2
Nitidulidae sp. 1	258 ± 0,54	208 ± 0,40	62 ± 0,16	54 ± 0,16	53,8
Nitidulidae sp. 2	55 ± 0,13	60 ± 0,20	15 ± 0,06	19 ± 0,06	29,5
Nitidulidae sp. 3	8 ± 0,05	1 ± 0,01	1 ± 0,01	0 ± 0,00	1,04
Nitidulidae sp. 4	4 ± 0,04	0 ± 0,00	0 ± 0,00	1 ± 0,01	1,74
Nitidulidae sp. 5	12 ± 0,09	0 ± 0,00	0 ± 0,00	0 ± 0,00	1,74
Nitidulidae sp. 6	17 ± 0,12	7 ± 0,04	0 ± 0,00	1 ± 0,01	4,51

Cucujidae	21 ± 0,08	22 ± 0,10	3 ± 0,02	2 ± 0,03	11,11
Bruchidae	2 ± 0,02	2 ± 0,02	0 ± 0,00	1 ± 0,01	1,74
Tenebrionidae	17 ± 0,08	11 ± 0,06	0 ± 0,00	3 ± 0,02	7,30
Cicindelidae	6 ± 0,05	1 ± 0,01	2 ± 0,02	0 ± 0,00	2,10
Scarabaeidae sp. 1	0 ± 0,00	7 ± 0,06	2 ± 0,02	0 ± 0,00	2,40
Scarabaeidae sp. 2	6 ± 0,05	10 ± 0,06	0 ± 0,00	5 ± 0,03	4,51
Carabidae sp. 1	1 ± 0,01	0 ± 0,00	2 ± 0,02	0 ± 0,00	1,04
Carabidae sp. 2	2 ± 0,02	0 ± 0,00	2 ± 0,03	0 ± 0,00	1,04
Lagriidae	1 ± 0,01	1 ± 0,01	1 ± 0,01	0 ± 0,00	1,04
Chrysomelidae	0 ± 0,00	0 ± 0,00	1 ± 0,01	1 ± 0,01	0,70
Staphylinidae	4 ± 0,04	0 ± 0,00	1 ± 0,01	0 ± 0,00	1,04
Hymenoptera					
Myrmicinae	-	-	-	-	67,36
Formicinae	-	-	-	-	34,03
Ecitoninae	-	-	-	-	5,21
Dolichoderinae	-	-	-	-	4,16
Ponerinae	-	-	-	-	17,36
Número total de armadilhas	96	96	96	96	

Lista de figuras:

Fig. 1. Diagrama de ordenação (análise de componentes principais: PCA) baseada na abundância das espécies de artrópodes coletados nos diferentes tratamentos e a influencia dos dados ambientais nas populações amostradas. O primeiro eixo contribui com 28,7 % da variância da relação entre as espécies e os tratamentos e o segundo eixo 13,8 % desta variância. Setas projetadas na mesma direção indicam correlação positiva com a abundância do *taxa*. Setas em direção oposta indicam correlação negativa e setas perpendiculares indicam ausência de correlação.

Fig. 2. Diagrama de ordenação (análise de componentes principais: PCA) indicando a disposição dos tratamentos em cada data amostral quanto a composição dos artrópodes avaliados. O primeiro eixo contribui com 28,7 % da variância da relação entre as espécies e os tratamentos e o segundo eixo 13,8 % desta variância. PCSI = Plantio convencional sem inseticida; PCCI = Plantio convencional com inseticida; PDSI = Plantio direto sem inseticida; PDCI = Plantio direto com inseticida.

Fig. 3. Flutuação populacional dos ácaros e do coleóptero afetados significativamente pelo sistema de plantio coletados na cultura do milho em parcelas sob dois sistemas de plantio, com e sem aplicação de inseticida.

Fig. 4. Flutuação populacional dos Collembola coletados na cultura do milho em parcelas sob dois sistemas de plantio, com e sem aplicação de inseticida

Fig. 1.

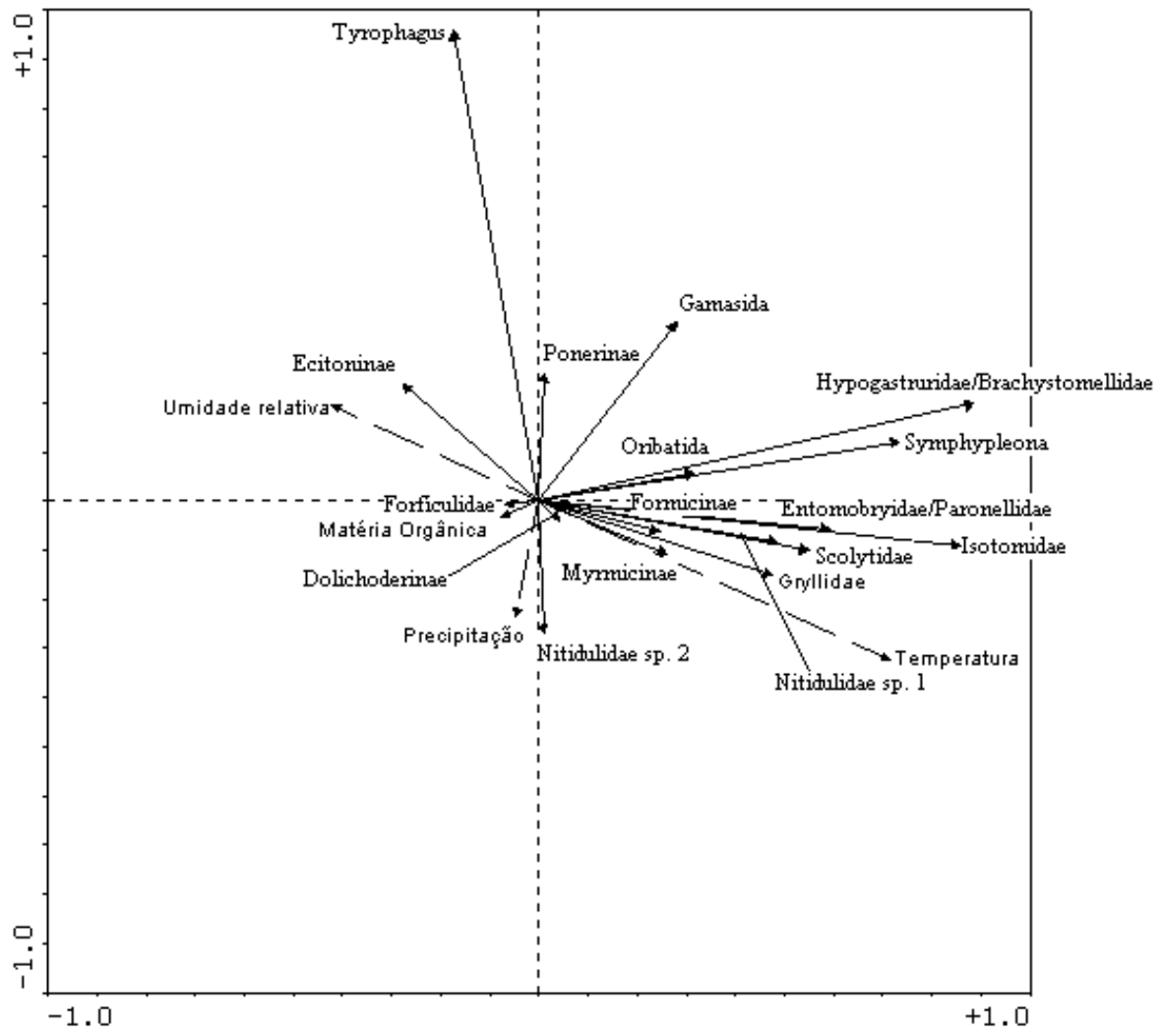


Fig. 2.

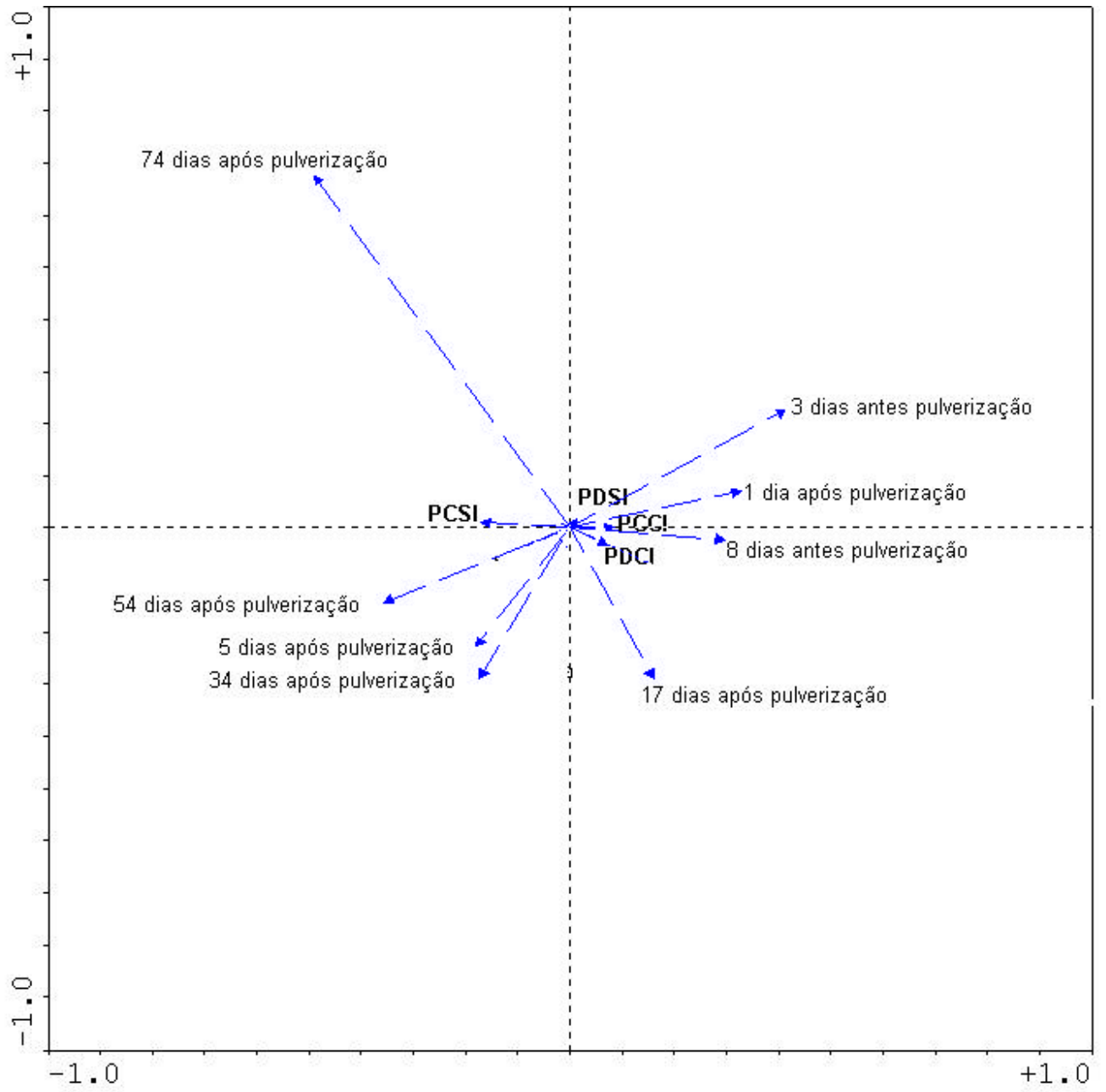


Fig. 3

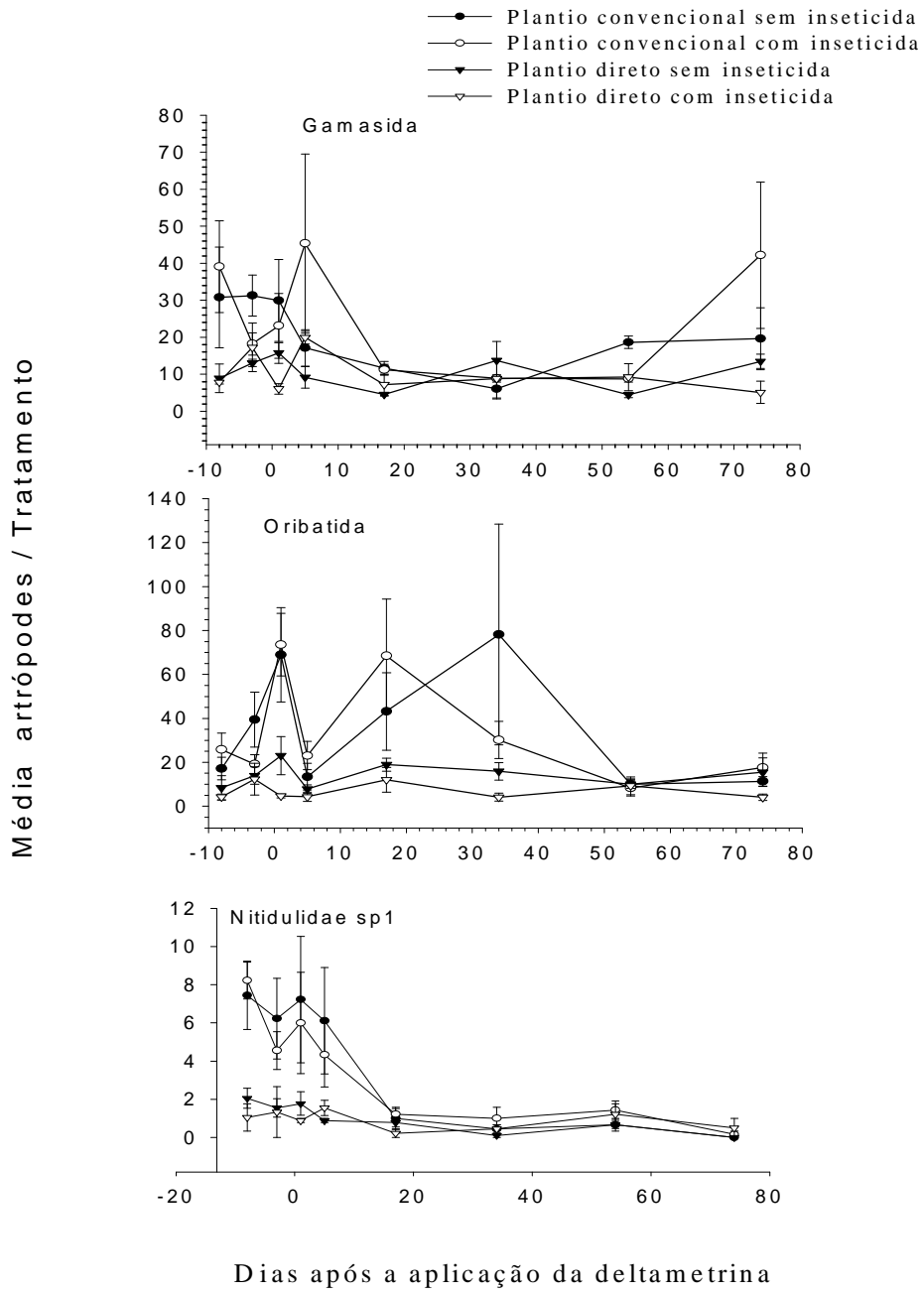
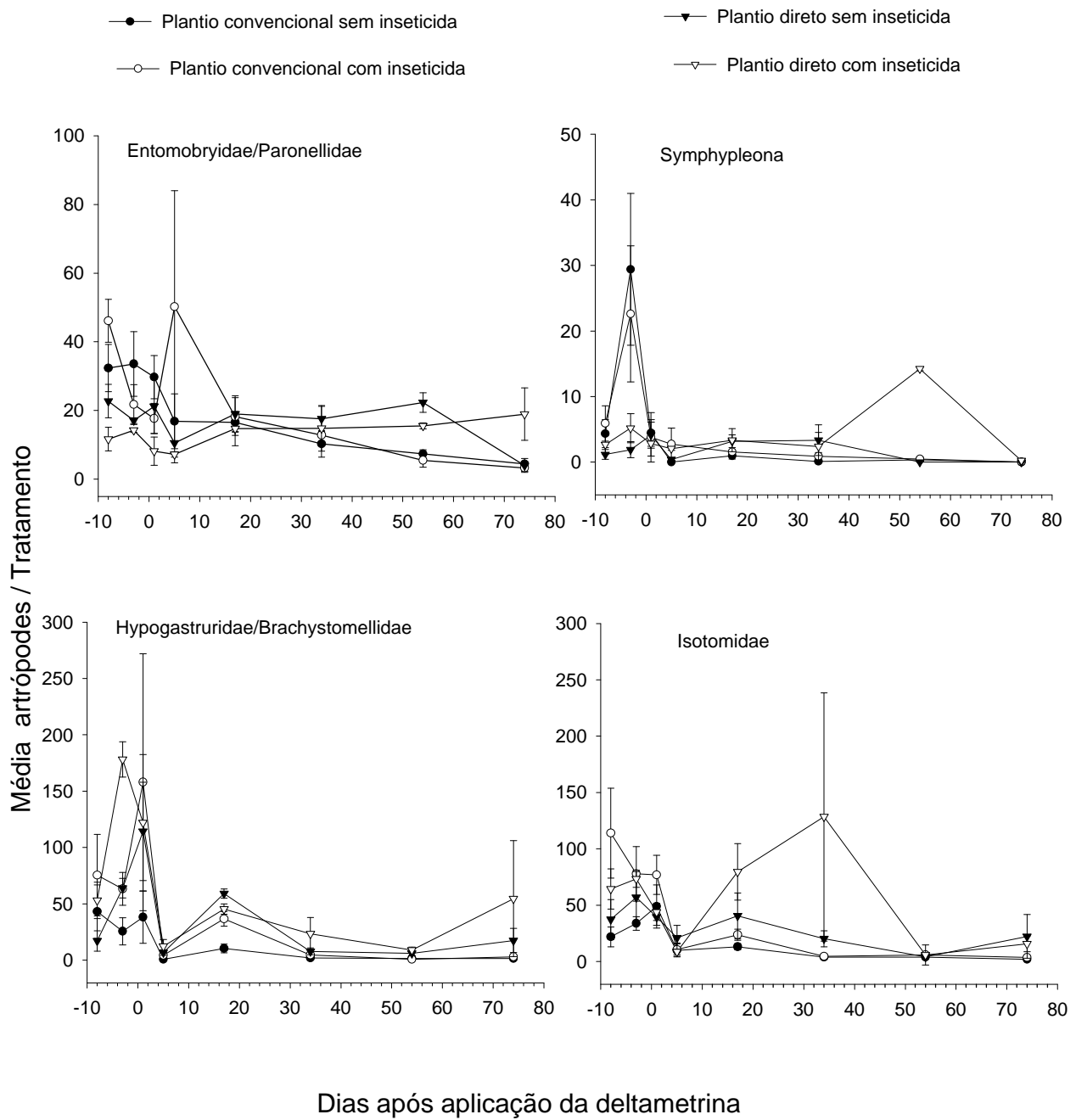


Fig. 4



Modelo: *Ecotoxicology and Environmental Safety*

Impacto da deltametrina em formicídeos associados a cultivos de milho sob
dois sistemas de plantio

Abstract:

The impact of the insecticide deltamethrin and the crop cultivation system in the ant species associated with maize fields were assessed in the present work. Multivariate methods were used because they provide an overall view of the community structure. Redundance analysis (RDA) indicated that the ant community used as disturbance bioindicator was affected by the cultivation system. Insecticide spraying however did not have significant influence in the ant community especially under the conventional cultivation system. The principal response curve (PRC) showed convergence of results from the different treatments with increments in plant diversity indicating and interdependence between ant community and botanical composition in the fields assessed. Among the 49 ant species collected, only four (*Crematogaster* sp. 01, *Mycocepurus smithi*, *Pheidole* sp. 08 and *Gnamptogenys* sp. 01) were considered significantly affected by the treatments based on the weighted ranking provided by the PRC. Regarding the insecticide impact, only *M. smithi* was significantly affected under the conditions of the present investigation.

Key-words: Multivariate analysis, principal response curve, insecticide impact, cultivation system, Formicidae.

Resumo:

O efeito da aplicação do inseticida deltametrina e do sistema de plantio sobre espécies de formigas associados a cultivo de milho foram avaliados no presente trabalho. Métodos de análise multivariada, que permitem uma visão global da estrutura da comunidade, foram priorizados. A análise de redundância (RDA) permitiu visualizar que a comunidade deste grupo considerado como bioindicador de distúrbio difere em função do sistema de plantio. Quanto ao inseticida, aparentemente, ele não teve grande influência na estrutura da comunidade de formigas principalmente no sistema de plantio convencional. A curva de respostas principais (PRC) mostrou que há uma convergência dos tratamentos para um mesmo ponto com o aumento da cobertura e da diversidade vegetal demonstrando desta forma a interrelação entre a estrutura da comunidade e a composição vegetal da área. Das 49 espécies de formigas coletadas, apenas quatro (*Crematogaster* sp 01, *Mycocephurus smithi* e *Pheidole* sp 08 e *Gnamptogenys* sp 01) foram consideradas relevantes pela interpretação do peso das espécies obtido pela PRC. A análise de medida repetida destas espécies selecionadas mostrou que apenas para uma espécie de *Pheidole* não foi detectado o efeito do sistema de cultivo. Quanto ao efeito do inseticida, foi significativo apenas para *M. smithi* nas condições em que o estudo foi realizado.

Palavras chaves: Análise multivariada; Curva de Respostas Principais; impacto inseticida; Sistema de cultivo; Formicidae.

1. Introdução

O cultivo de safrinha do milho vem aumentando no Brasil onde também há cada vez mais incentivos à adoção do sistema de plantio direto devido às vantagens que ele propicia ao agroecossistema como redução da erosão, na perda da fertilidade por lixiviação e nos custos de produção (Gebhardt et al., 1985; Quintela, 2001). Para reduzir os danos causados pela *Spodoptera frugiperda* (Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) e *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Hemiptera: Cicadellidae), as principais pragas da cultura do milho na Brasil (Cruz, 1997; Waquil, 1997), é comum o uso de inseticida tanto no sistema de cultivo convencional como no sistema de plantio direto na época de safrinha (Michereff-Filho et al., 2002 ab). Na cultura do milho, a deltametrina tem sido usada no controle das principais pragas do milho (Gallo et al., 1988; Cruz, 1997; Andrei, 1999). Por ser um inseticida muito tóxico para artrópodes (Gallo et al., 1988; Croft, 1990), a avaliação do seu comportamento no ambiente se torna necessária nos agroecossistemas tropicais. Estudos de impacto de inseticida sobre organismos não-alvos, como inimigos naturais presentes na cultura do milho, já foram realizados (Faleiro et al., 1995; Cruz, 1997; Simões et al., 1998). No entanto, estes estudos se limitaram a estudo do impacto sobre uma ou poucas espécies não levando em conta a influência das variáveis ambientais e da relação interespecífica existente na comunidade presente no agroecossistema.

A real possibilidade do inseticida atingir organismos não-alvos da aplicação e levar ao aparecimento de distúrbios na estrutura das comunidades dos agroecossistemas, faz com que a avaliação do seu efeito em comunidades de artrópodes seja pertinente e importante. O distúrbio natural ou antrópico pode levar a modificações de fatores que afetam a densidade e a abundância

de artrópodes (Richards & Southwood, 1968), alterando desta forma a estrutura e a composição das comunidades (Castro *et al.*, 1990). O estudo do possível impacto é feito avaliando a comunidade de espécies bioindicadoras de impactos ambientais ao longo do tempo. Estes bioindicadores se caracterizam por responderem rapidamente a mudanças ocorridas no ambiente, por apresentarem uma ampla distribuição geográfica e serem capazes de demonstrarem um gradiente de resposta em função do grau da perturbação (Noss, 1990). Van Straalen (1998) avalia que basicamente dois critérios são usados na escolha de um bioindicador: a especificidade de seu comportamento a um determinado fator e a sua sensibilidade ao agente estressante. Respondendo a estes critérios temos, entre outros artrópodes, as formigas (Majer, 1994; Peck *et al.*, 1995; Andersen & Sparling, 1997).

Para descrever o impacto potencial do inseticida e do sistema de cultivo em nível de comunidade, métodos multivariados, capazes de analisar respostas em várias populações de forma simultânea, são preferíveis (Van Den Brink & Ter Braak, 1999; Wong *et al.*, 2003). A vantagem da análise multivariada sobre a univariada resulta na possibilidade de resumir toda a informação disponível a respeito das populações coletadas e avaliar os efeitos do distúrbio ao nível de comunidade (Van Den Brink & Ter Braak, 1999). A resposta da comunidade de formigas presente no plantio direto e no plantio convencional analisada por meio destas técnicas permite uma visualização melhor do impacto do inseticida. Frampton *et al.* (2000) usaram em trabalho de ecologia de comunidade as técnicas da análise de redundância (RDA) e da curva de respostas principais (PRC) apresentadas e explicitadas por Van Den Brink & Ter Braak (1999). Esta análise (PRC) provou ser capaz de resumir o conjunto de dados a respeito de uma comunidade permitindo a visualização de

forma simplificada do que está acontecendo nela (Frampton et al. 2000). O propósito do presente trabalho é avaliar, via técnicas multivariadas (RDA e PRC), o impacto da deltametrina e do sistema de cultivo em espécies de formigas (grupo bioindicador) associadas ao agroecossistema do milho.

2. Material e Métodos

2.1. Local

O estudo foi realizado no município do Coimbra, MG (20° 51' 24"S, 42° 48' 10"W) sob solo classificado como "podzólico vermelho-amarelo distrófico fase terraço" (Resende *et al.*, 1988) de janeiro a junho de 2001. O milho (híbrido AG 1051) foi semeado no dia 26 de janeiro de 2001 no espaçamento 0.9 x 0.2 m (i.e., 55,000 plantas/ha). Três áreas próximas, possuindo entre 1.0 and 1.5 ha cada uma, foram usadas no experimento. As parcelas contendo os tratamentos tinham 40 x 15 m e eram separadas por uma borda de 5 m. Os tratamentos foram estabelecidos em arranjo fatorial 2 x 2 (2 sistemas de plantio: direto e convencional; 2 padrões de uso de deltametrina: aplicação ou não do inseticida para controle da lagarta-do-cartucho). O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com três repetições. As práticas culturais foram as usualmente feitas na região. Os herbicidas glifosate (1080 g a.i./ha) e 2,4-D (720 g a.i./ha) foram aplicados como dessecantes 10 dias antes do plantio no sistema de plantio direto.

2.2. Aplicação de inseticida

O inseticida foi aplicado mediante monitoramento prévio, quando a média de plantas apresentando folhas com danos causados pela lagarta do cartucho *S. frugiperda* nos três campos superou 20% das plantas, tendo atingido o nível de controle (Nakano *et al.*, 1981). A deltametrina (Decis, 25 CE;

25 g a.i./l; concentrado emulsionável, Aventis Cropscience Brasil Ltda.) foi aplicada uma única vez, 27 dias após o plantio, para controlar a *S. frugiperda* na concentração de 5 g a.i./ha. Foi feita uma aplicação motorizada usando uma calda de 150 l/ha e velocidade de trabalho de 6 km/h com pressão de 3 bar. Bicos de jato cônicos foram usados (XR80015 Teejet; Teejet South America, São Paulo, Brasil). O jato foi direcionado ao cartucho durante a aplicação.

2.3. Amostragem das formigas

As amostragens das formigas foram feitas antes e depois da aplicação de inseticida como preconizado por Green (1993). Oito amostragens foram realizadas para a avaliação da comunidade de formigas presente nos agroecossistemas: duas antes da aplicação do inseticida (8 e 3 dias antes) e seis depois (1, 5, 17, 34, 54 e 74 dias depois) desta mesma aplicação. As formigas da superfície do solo foram amostradas utilizando-se três armadilhas do tipo “pitfall” em cada parcela (Frampton & Çilgi, 1996). Os espécimens coletados foram identificados a nível de sub-família, gênero ou espécie quando possível.

2.4. Análise estatística

O impacto do inseticida na comunidade de formigas na cultura de milho foi avaliado pela comparação da frequência em que as espécies eram encontradas nas armadilhas nos diferentes tratamentos. Usando a frequência e não o número de formigas coletados nas armadilhas, evita-se, segundo Benson & Harada (1988), a superestimação de espécies com alta capacidade de recrutamento. O uso da frequência de captura nas armadilhas e não o número de formigas coletadas foi também recomendado por Majer & Beeston (1996) e Delabie *et al.* (2000).

Os dados de frequência foram submetidos a análise de redundância (RDA) e análise de curvas de respostas principais (PRC) usando o programa Canoco 3.1 (Ter Braak & Smilauer, 1998). Os gráficos foram realizados no Canodraw 3.0. Para facilitar a visualização e evitar a sobreposição de espécies nos diagramas, algumas restrições foram feitas usando o valor 0,05 para o item pureza vetorial (vector purity) da restrição disponibilizada pelo programa. As espécies mais relevantes foram mostradas no gráfico do RDA usando esta filtragem.

Os dados das espécies de formigas identificadas como tendo sido afetadas pela análise PRC foram submetidas a análise de variância por medida repetida (PROC ANOVA com especificação PROFILE; SAS Institute 2001) para se determinar as diferenças na frequência das formigas amostradas nos tratamentos considerando a data de amostragem como a medida repetida. A medida repetida foi usada porque as formigas eram amostradas várias vezes na mesma área (Green, 1993; Paine, 1996).

3. Resultados

Foram coletadas 49 espécies de formigas, nos dois sistemas de cultivo, pertencentes a cinco sub-famílias e 22 gêneros. Estas formigas eram onívoras na sua maioria (20 espécies), ou predadoras (15 espécies). De forma geral, houve maior número de espécies no plantio direto comparativamente ao plantio convencional (Tabela 1).

Os diagramas de ordenação do RDA para as espécies, para os tratamentos e para cada data amostral foram feitos. Os testes de permutação de Monte Carlo realizados indicam que os eixos representam diferenças significativas ($p < 0,05$) devido ao efeito do inseticida e do sistema de cultivo. O resumo da análise mostra que 22,4 % da variância da relação entre as

espécies e os tratamentos esta sendo explicitada pelo primeiro eixo e que os dois primeiros eixos apresentam 39,4% da variância total observada.

As espécies visualizadas após a definição da restrição foram dispostas nos diferentes quadrantes no diagrama de ordenação do RDA (Fig. 1). As espécies de formigas que passaram pela filtragem e que foram mais freqüentes no plantio convencional foram dispostas no lado direito do diagrama e são as espécies *Camponotus rufipes*; *Mycocepurus smithi*; *Paratrechina* sp 03; *Pheidole* sp 02 e *Pheidole* sp 08. Quanto às espécies *Atta sexdens rubropilosa*; *Ectatoma suzanae*; *Crematogaster* sp 01; *Pheidole* sp 01; *Pheidole* sp 05; *Pheidole* sp 06 e *Pheidole* sp 07 estas se mostraram mais freqüentes no sistema de plantio direto (Fig. 1).

A Fig. 2 em superposição a Fig. 1, dá uma idéia da composição das espécies coletada em cada amostragem ao longo do tempo. Todavia, da mesma forma que na Fig.1, O primeiro eixo do RDA permitiu a separação dos sistemas de plantio. O segundo eixo, representando 17% da variância entre os tratamentos, permitiu uma separação dentro dos sistemas de plantio quanto à ação do tratamento inseticida principalmente para o plantio direto.

O diagrama de PRC das formigas baseado nos resultados do RDA (Fig. 3) mostra uma variação entre sistema de cultivo antes da aplicação de inseticida quanto a freqüência das formigas da comunidade com menor diversidade observada em plantio convencional. A aplicação do inseticida não alterou o padrão das curvas representando o plantio direto. Estas curvas continuaram apresentando o mesmo desvio em relação a freqüência das espécies presente no plantio convencional sem a aplicação de inseticida que neste diagrama serviu de referência. Ao longo do tempo, com o milho crescendo e cobrindo o solo, há uma convergência das curvas sugerindo uma

semelhança em todos os tratamentos na frequência e composição das espécies de formigas.

O peso das espécies no lado direito da Fig. 3 pode ser interpretado como o peso mostrando a relação de cada espécie com a resposta mostrada no diagrama. Multiplicando o peso da espécie com o coeficiente de regressão se tem a flutuação em relação a testemunha da espécie na data amostral determinada. As espécies com peso entre $- 0,5$ e $+ 0,5$ apresentam uma resposta fraca ao tratamentos, ou não tem sua resposta correlacionada com a PRC (Van Den Brink & Ter Braak, 1999; Frampton *et al.*, 2000). As espécies com peso positivo na Fig. 3 tem sua frequência reduzida em relação ao plantio convencional sem aplicação de inseticida e as com peso negativo apresentam um aumento de frequência (Van Den Brink & Ter Braak, 1999). De acordo com os pesos apresentados pelas espécies (Fig. 3), três espécies de Myrmicinae (*Crematogaster* sp 01, *Mycocepurus smithi* e *Pheidole* sp 08) e uma Ponerinae (*Gnamptogenys* sp 01) tiveram a resposta influenciada pelos tratamentos. Houve uma redução da frequência de *M. smithi*, *Pheidole* sp 08 e *Gnamptogenys* sp 01 e um aumento da frequência de *Crematogaster* sp 01 em relação ao controle.

A análise da medida repetida permitiu a interpretação do efeito do sistema de plantio, do inseticida, do tempo e da interação dos três para cada uma das quatro espécies selecionadas pela interpretação do peso das espécies (Fig. 3). Para *Crematogaster* sp 01 houve efeito significativo ($p < 0,05$) da interação do tempo com o sistema de plantio ($gl = 7$; $F = 2,25$; $p = 0,043$) (Fig. 4). Para *Gnamptogenys* sp 01 apenas foi significativo o sistema de plantio ($gl = 7$; $F = 16,33$; $p = 0,0037$) (Fig. 4). Quanto a *M. smithi*, ela respondeu tanto ao inseticida quanto ao tempo e ao sistema de plantio ($gl = 7$; $p < 0,05$), mas a

interação entre ambas não foi significativa ($p > 0,05$) (Fig. 4). A espécie *Pheidole* sp 08 não foi significativamente afetada por nenhum dos três fatores avaliados ($p > 0,05$) (Fig. 4).

4. Discussão.

A ênfase neste trabalho foi dada para a resposta da comunidade de formigas ao sistema de plantio e ao tratamento inseticida ao longo do tempo. Algumas espécies que se destacaram foram submetidas a análise de variância univariada usando medida repetida. Por haver muitas espécies coletadas, a análise univariada de todas elas não se torna prática (Frampton *et al.*, 2000). A vantagem do RDA e do PRC é que eles permitem que as espécies afetadas pelo tratamento sejam identificadas sem que haja a necessidade de se realizar múltiplos testes e limitar o número de variáveis das análises (Frampton *et al.*, 2000).

Nas condições em que foi realizado o trabalho, poucas espécies foram afetadas significativamente pela única aplicação de deltametrina na comunidade de formigas avaliada nos dois sistemas de plantio. Michereff Filho *et al.* (2002ab) trabalhando somente no sistema de plantio direto, também não encontraram efeito significativo do inseticida clorpirifós no conjunto de artrópodes da parte aérea avaliados em cultura de milho sob plantio direto, mesmo efetuando duas aplicações do inseticida. Avaliando especificamente as formigas do solo, Michereff-Filho *et al.* (2003) confirmaram a falta de distúrbio da comunidade em decorrência da aplicação de inseticida. Rodríguez *et al.* (2003), no entanto, avaliando o efeito da deltametrina nas populações de artrópodes presente em pomar de oliveira (avaliação feita em clima temperado), observaram um impacto significativo do inseticida nas formigas avaliadas. Os autores pulverizaram as oliveiras e coletaram os artrópodes que

caíram ao longo do tempo em armadilhas dispostas debaixo das árvores. Estes artrópodes podem ter sido todos afetados por não haver refúgio disponível na copa das árvores quando se fez a aplicação inseticida. A presença de locais de escape parece ser de grande importância para a redução dos impactos negativos devido a ação de pesticidas.

Os resultados porém mostraram uma separação dos sistemas de plantio pelo primeiro eixo do RDA com o plantio direto apresentando maior diversidade. Estas diferenças na diversidade em função do sistema de plantio também foram observadas de forma geral em formigas por Peck *et al.* (1998), quando usaram formigas como indicadores biológicos da condição do agroecossistema. Segundo MacLaughlin & Mineau (1995) e Andersen (1999), invertebrados do solo são afetados de forma diferente pelo sistema de plantio utilizado. As operações realizadas em cada sistema teriam uma influência na estrutura da comunidade dos insetos (Blumberg & Crossley, 1983; House & Stinner, 1983; Cividanes, 2002).

A maior diversidade, de espécies de plantas, encontrada no plantio direto (Emden & Williams, 1974) e também observada no presente trabalho, permite uma maior disponibilidade de recursos alimentares (Southwood *et al.*, 1979), de refúgios (Guedes & Guedes, 2000) e de locais para nidificação definindo condições quanto à estruturação das comunidades de formigas (Castro *et al.*, 1990). Esta maior diversidade vegetal explicaria então a maior diversidade de formigas encontrada no sistema de plantio direto no presente trabalho. Outros estudos feitos com formigas encontraram também este padrão mostrando que em ambientes homogêneos a diversidade tende a diminuir (Castro & Queiroz, 1987; Castro *et al.*, 1990; Fowler *et al.* 1991).

Neave & Fox (1998), avaliando a resposta de invertebrados em diferentes sistemas de manejo de solo, encontraram maior diversidade no plantio direto comparativamente ao plantio convencional principalmente na fase inicial da cultura. Outra possível explicação para a existência de maior diversidade no plantio direto é que as interações interespecíficas atuam diretamente sobre os processos de dispersão e colonização em áreas sujeitas a distúrbios (Pickett & White, 1985). Desta forma, por haver poucos recursos disponíveis no início do estabelecimento da cultura do milho, a competição dentro do nicho foi maior no plantio convencional e levou ao estabelecimento de apenas as espécies melhores competidoras como observado por Punttila *et al.* (1996) em comunidades de formigas na Finlândia.

À medida que a cultura vai se estabelecendo, aumenta a cobertura do solo e a diversidade vegetal no plantio convencional levando ao aumento de recursos e a diminuição da competição interespecífica. Este aumento de recurso explicaria porque no final do período de avaliação observamos uma convergência de todas as curvas de PRC para um mesmo ponto indicando uma similaridade da comunidade presente em todos os tratamentos. As análises univariadas feitas para as espécies mais relevantes segundo a PRC mostram que de forma geral, as diferenças entre os tratamentos ocorreram mais em função do sistema de plantio do que devido à aplicação de inseticida. A única espécie na qual foi detectado o impacto de inseticida foi a cultivadora de fungo *M. smithi*. Este impacto pode ter sido de forma indireta pela ação da deltametrina sobre o fungo da colônia (efeito fungistático) veiculada pelas folhas impregnadas transportadas pelas formigas para dentro do ninho. Uma outra possibilidade é que a maior capacidade de forrageamento desta espécie em

relação a outros cultivadores de fungo, leve para dentro do milho mais material vegetal contaminado pelo inseticida.

5. Conclusão

A deltametrina aparentemente não acarretou mudança significativa na estrutura das comunidades de formiga presentes tanto no plantio direto como no plantio convencional. No entanto, há uma clara percepção das diferenças na composição das comunidades de formigas devido ao sistema de plantio. O sistema de plantio direto, pela maior cobertura vegetal que possui, teve uma maior diversidade específica. Por serem análises que priorizam os efeitos globais, algum táxon com resposta específica pode ter sua resposta mascarada na análise de RDA e PRC pela limitação apresentada por todas as técnicas multivariadas que buscam padrões gerais a nível da comunidade (Van Den Brink & Ter Braak, 1999). Esta limitação não invalida, porém a grande utilidade desta forma de análise na ecologia de comunidades.

Agradecimentos

Ao J. Evaristo Lopes e ao Prof. M. Martins pelo auxílio na condução do experimento. Ao Programa PEC-PG da CAPES pela bolsa concedida. Aos taxonomistas Dr. Aníbal Ramadan Oliveira; Dr. Jeferson L.C. Mineiro; Dra. Elisiana Oliveira; Dr. Carlos F. Sperber e Dr. Ivan Cardoso do Nascimento.

Referências

- Andrei, E., (1999). *Compêndio de defensivos agrícolas*. Andrei, São Paulo.
- Benson, W. W. & A. Y. Harada. (1988). Local diversity of tropical and temperature ant faunas (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Amazonica*. **18**: 275-289.
- Cárcamo, H. A., Niemala, J .K., & Spence, J. R., (1995). Farming and ground beetles: effects of agronomic practice on populations and community structure. *Can. Entomol.* **127**, 123-170.
- Castro, A. G., & Queiroz, M. V. B., (1987). Estrutura e organização de uma comunidade de formigas em agro-ecossistema neotropical. *An. Soc. Entomol. Brasil* **16**, 363-375.
- Castro, A. G., Queiroz, M. V. B., & Araújo, L. M. 1990). O papel do distúrbio na estrutura de comunidades de formigas (Hymenoptera: Formicidae). *Revta. Bras. Ent.* **34**, 201-213.
- Croft, B .A., (1990). *Arthropod biological control agents and pesticides*. New York, Wiley.
- Cruz, I., (1997). Manejo de pragas na cultura de milho. In: *Tecnologia da Produção de Milho* (Fancelli, A., Dourado-Neto, D. Eds.). pp. 18-39. Piracicaba, São Paulo, Brasil
- Cuppen, J. G. M., Van den Brink, P., Camps, E., Uil, K. F., & Brock, T. C. M. (2000). Impact of fungicide carbendazim in freshwater microcosms. I. Water quality, breakdown of particulate organic matter and responses of macroinvertebrates. *Aquatic Toxicology*. **48**, 233-250.
- Delabie, J. H. C., Fisher, B .L., Majer, J. D., & Wright, I .W., (2000). Sampling effort and choice of methods, p. 145-154. In *Ants. Standard methods for*

- measuring and monitoring biodiversity* (Agosti, D., J. D. Majer, L. E. de Alonso & T. R. Schultz eds). Washington, Smithsonian institution, 280p.
- Emden, H .F. van, & Willians, G. F. (1974). Insect stability and diversity in agroecosystems. *Annual Review of Entomology*. **19**, 455-474.
- Faleiro, F., Picanço, M. C., Paula, S. V., & Batalha, V .C. (1995). Seletividade de inseticidas a *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) e ao predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermaptera: Forficulidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* **24**, 247-252.
- Fowler, H. G., Forti, L .C., Brandão, C. R. F., Delabie, J. H. C., & Vasconcelos, H .L. (1991). Ecologia nutricional de formigas, p. 131-209. In: *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas* (A.R. Panizzi & J. R. P. Parra eds). São Paulo, Manole, 359p.
- Frampton, G. K., Van den Brink, P. J., & Gould, P. J L. (2000). Effects of spring precipitation on a temperate arable collembolan community analysed using Principal Response Curves, *Applied Soil Ecology* **14**, 231-248.
- Gallo, D., Nakano, O., Silveira Neto, S., Carvalho, R. P. L., Batista, G. C., Beti Filho, E., Parra, J. R. P., Zucchi, R. A., Alves, S. B., & Vendramim, J. D., (1988). *Manual de entomologia agrícola*, 2nd ed. Agronômica Ceres, São Paulo.
- Gebhardt, M. R., Daniels, T. C., Schweitzer, E. E., & Allmaras, R. R. (1985). Conservation tillage. *Science* **230**, 625-630.
- Green, R. H., (1993). Application of repeated measures designs in environmental impact and monitoring studies. *Austral. J. Ecol.* **18**, 81-98.
- Guedes, R. N. C., & Guedes, N. M. P., (2001). Limitação e perspectivas do manejo integrado de pragas em culturas sob plantio direto, pivô central e cultivo protegido. In: *Manejo integrado-Fitossanidade: Cultivo Protegido*,

- Pivô Central e palntio direto* (Zambolin, L. Ed.). pp. 331-365. (Viçosa, Minas Gerais, Brasil UFV,
- Majer, J. D. (1994). Arboreal ant community patterns in Brazilian farms. *Biotropica* **26**, 73-83.
- Majer, J. D., & Beeston, G. (1996). The biodiversity integrity index: An illustration using ants in western Australia. *Conservation Biology*. 10, 65-73.
- Michereff Filho, M., Della Lucia, T. M. C., Cruz, I., & Guedes, R. N. C., (2002a). Response to the insecticide chlorpyrifos by arthropods on maize canopy. *Int. J. Pest Manage.* **48**, 203-210.
- Michereff Filho, M., Della Lucia, T. M. C., Cruz, I., Guedes, R. N. C., & Galvão, J. C. C., (2002b). Chlorpyrifos spraying of no-tillage corn during tasselling and its effect on damage by *Helicoverpa zea* (Lep., Noctuidae) and on its natural enemies. *J. Appl. Entomol.* **126**, 422-430.
- Michereff Filho, M., Guedes, R. N. C., Della Lucia, T. M. C., Cruz, I., & Michereff, M. F. F. (2003). Non-target impact of chlorpyrifos on soil arthropods associated with no-tillage cornfields in Brazil. *Int. J. Pest Manage.* **No prelo.**
- Neave, P. Fox, C. A., (1998). Response of invertebrates to reduced tillage systems established on a clay loam soil. *App. Soil Ecolog.* **9**, 423-248.
- Paine, M. D., (1996). Repeated measures designs. *Environ. Toxicol. Chem.* **15**, 1439-1441.
- Peck, S. L., McQuaid, B., & Lee Campbell, C. (1998). Using ant species (Hymenoptera:Formicidae) as biological indicator of agroecosystem condition. *Environ. Entomol.* **27**, 1102-1110.
- Pickett, S. T. A., & White, P. S. (1985). *The ecology of natural disturbance and patchy dynamics*. London, Academic press. 472p.

- Punntila, P., Haila, Y., & Tukia, H. (1996). Ant communities in taiga clearcuts: Habita effects and species interactions. *Ecography* **19**, 16-28.
- Quintela, E. D., (2001). Plantio direto e o manejo de artrópodes pragas. In: *Manejo Integrado – Fitossanidade: Cultivo Protegido, Pivô Central e Plantio Direto*. (Zambolin, L. Ed.). pp. 481-522. UFV, Viçosa, Minas Gerais, Brasil.
- Resende, M., Curi, N., & Santana, D. P., (1988). *Pedologia e fertilidade de solos: Interações e aplicações*. MEC, Brasília.
- Rodríguez, E., Peña, A., Raya, A. J. S., & Campos, M. (2003). Evaluation of the effect on arthropod populations by using deltamethrin to control *Phloeotribus scarabaeoides* Bern. (Coleoptera: Scolytidae) in olive orchards. *Chemosphere* **52**, 127-134.
- SAS Institute, (2001). *SAS user's guide: statistics*, version 8.2, 6th ed. SAS Institute, Cary, NC.
- Simões, J. C., Cruz, I., & Salgado, L. O., (1998). Seletividade de inseticidas a diferentes fases de desenvolvimento do predador *Doru luteipes* (Scudder) (Dermapter: Forficulidae). *An. Soc. Entomol. Brasil* **27**, 289-294.
- Southwood, T. R. E., Brown, V. K., & Reader, P. M. (1979). The relationship of plant and insect diversities in sucession. *Biol. J. Linn. Soc.* **12**, 327-348.
- Ter Braak, C. J. F., & Smilauer, P. (1998). *CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for windows: Software for Canonical Community Ordination* (version 4). Microcomputer Power. Ithaca, New York, 351 pp.
- Van den Brink, P. J, & Ter Braak, C. J. F. (1999). Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environ. Toxicol. Chem.* **18**, 138–148.

Van den Brink, P. J., & Ter Braak, C. J. F., (1998). Multivariate analysis of stress in experimental ecosystems by Principal Response Curves and similarity analysis. *Aq. Ecol.* **32**, 163–178.

Waquil, J. M., (1997). Amostragem e abundância de cigarrinhas e danos de *Dalbulus maidis* (DeLong & Wolcott) (Homoptera: Cicadellidae) em plântulas de milho. *An. Soc. Entomol. Brasil* **26**, 27-33.

Legenda de tabela.

Tabela 1. Frequência (%) das espécies de formigas coletadas nas armadilhas pitfall no sistema de plantio convencional e sistema de plantio direto sem ou com aplicação do inseticida deltametrina.

Tabela 1

Codigo	Espécie	Taxa	Sub familia	Guilda ¹	Frequência de captura (%) ²				
					PCSI	PCCI	PDSI	PDCI	PDCI
1	<i>Atta sexdens rubropilosa</i> (Forel)		Myrmicinae	CF	0	28,8	16,6	37,5	
2	<i>Brachymyrmex</i> sp. 1		Formicinae	ON	8,3	29,1	4,1	16,6	
3	<i>Brachymyrmex</i> sp. 2		Formicinae	ON	8,3	8,3	20,8	4,1	
4	<i>Camponotus rufipes</i> (Fabricius)		Formicinae	ON	33,3	16,6	8,1	4,1	
5	<i>Camponotus (Tanaemyrmex) melanoticus</i> Emery		Formicinae	ON	8,3	8,3	0	4,1	
6	<i>Crematogaster</i> sp. 1		Myrmicinae	ON	8,3	8,3	12,5	41,6	
7	<i>Cyphomyrmex rimosus</i> (Spinola)		Myrmicinae	CF	0	0	4,1	8,3	
8	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2		Myrmicinae	CF	4,1	0	4,1	0	
9	<i>Cyphomyrmex</i> sp. 3		Myrmicinae	CF	0	0	4,1	0	
10	<i>Eciton vagans</i> Olivier		Ecitoninae	PR	4,1	0	8,3	4,1	
11	<i>Ectatomma suzanae</i> Almeida		Ponerinae	PR	0	0	8,3	4,1	
12	<i>Ectatomma brunneum</i> Fr. Smith		Ponerinae	PR	4,1	0	0	0	
13	<i>Ectatomma tuberculatum</i> Olivier		Ponerinae	PR	0	0	0	4,1	
14	<i>Gnamptogenys</i> sp. 1		Ponerinae	PR	33,3	29,1	0	4,1	
15	<i>Gnamptogenys sulcata</i> (Fr. Smith)		Ponerinae	PR	0	0	16,6	20,8	
16	<i>Gnamptogenys</i> sp. 3		Ponerinae	PR	16,6	0	0	0	
17	<i>Hypoponera</i> sp. 1		Ponerinae	PR	16,6	16,6	0	0	
18	<i>Hypoponera</i> sp. 2		Ponerinae	PR	0	4,1	4,1	4,1	
19	<i>Hypoponera</i> sp. 3		Ponerinae	PR	0	0	4,1	0	
20	<i>Labidus coecus</i> (Latreille)		Ecitoninae	PR	0	0	8,3	0	
21	<i>Labidus praedator</i> (Fr. Smith)		Ecitoninae	PR	0	4,1	4,1	8,3	
22	<i>Linepithema humile</i> (Mayr)		Dolichoderinae	ON	0	4,1	25	12,5	
23	<i>Linepithema</i> sp. 2		Dolichoderinae	ON	0	0	4,1	0	
24	<i>Myocepurus goeldi</i> Forel		Myrmicinae	CF	0	16,6	0	0	
25	<i>Myocepurus smithi</i> Forel		Myrmicinae	CF	62,5	58,3	45,3	12,5	
26	<i>Neivamyrmex</i> sp. 1		Ecitoninae	PR	4,1	0	0	0	
27	<i>Odontomachus bauri</i> Emery		Ponerinae	PR	0	0	0	4,1	
28	<i>Pachycondyla obscuricornis</i> Emery		Ponerinae	PR	0	0	0	4,1	
29	<i>Pachycondyla (Neoponera) obscuricornis</i> (Emery)		Ponerinae	PR	0	0	0	8,3	
30	<i>Paratrechina</i> sp. 1		Formicinae	ON	0	4,1	4,1	4,1	
31	<i>Paratrechina</i> sp. 2		Formicinae	ON	0	20,8	4,1	8,3	

32	<i>Paratrechina</i> sp. 3	Formicinae	ON	62,5	45,8	29,1	49,1
33	<i>Pheidole</i> sp. 1	Myrmicinae	ON	29,1	62,5	62,5	58,3
34	<i>Pheidole</i> sp.2	Myrmicinae	ON	50	54,1	75	45,8
35	<i>Pheidole</i> sp.3	Myrmicinae	ON	12,5	33,3	16,6	20,8
36	<i>Pheidole</i> sp.4	Myrmicinae	ON	4,1	0	8,3	0
37	<i>Pheidole</i> sp.5	Myrmicinae	ON	0	0	8,3	37,5
38	<i>Pheidole</i> sp.6	Myrmicinae	ON	0	0	33,3	4,1
39	<i>Pheidole</i> sp.7	Myrmicinae	ON	41,6	20,8	8,3	66,6
40	<i>Pheidole</i> sp.8	Myrmicinae	ON	37,5	8,3	0	0
41	<i>Pheidole</i> sp.9	Myrmicinae	ON	25	4,1	16,6	25
42	<i>Pheidole</i> sp.10	Myrmicinae	ON	0	0	0	4,1
43	<i>Pyramica</i> sp. 1	Myrmicinae	PR	0	4,1	8,3	16,6
44	<i>Solenopsis</i> sp. 1	Myrmicinae	ON	79,1	83,3	79,1	79,1
45	<i>Solenopsis</i> sp. 2	Myrmicinae	ON	20,8	12,5	29,1	16,6
46	<i>Strumigenys</i> sp. 1	Myrmicinae	PR	0	4,1	4,1	4,1
47	<i>Tapinoma melanocephalum</i> Fabricius	Dolichoderinae	DC	4,1	0	0	0
48	<i>Wasmannia</i> sp. 2	Myrmicinae	ON	0	4,1	0	0
49	<i>Wasmannia auropunctata</i> Roger	Myrmicinae	ON	12,5	0	0	20,8

Número espécies coletadas no tratamento

Numero total de armadilhas por tratamento

25	27	33	35
48	48	48	48

¹ Grupo funcional das formigas coletadas. ON: Onívoras; CF: Cultivadoras de fungo; PR: Predadoras; DC: Decompositoras.
² Número de vezes em que a espécie foi coletada nas parcelas do tratamento dividido pelo número total de amostragens no tratamento e multiplicado por 100. PCSI = Plantio Convencional sem Inseticida; PCCI = Plantio Convencional Com Inseticida; PDSI = Plantio Direto sem Inseticida; PDCI = Plantio Direto Com Inseticida.

Lista de figuras:

Fig. 1. Diagrama de ordenação (análise de redundância: RDA) indicando a influência dos tratamentos na composição das espécies de formiga avaliados. Eixos significativos pela permutação de Monte Carlo ($p < 0,05$). O primeiro eixo contribui com 22,4 % da variância da relação entre as espécies e os tratamentos e o segundo eixo 17% desta variância. PCSI = Plantio Convencional sem Inseticida; PCCI = Plantio Convencional Com Inseticida; PDSI = Plantio Direto sem Inseticida; PDCI = Plantio Direto Com Inseticida.

Fig. 2. Diagrama de ordenação (análise de redundância: RDA) indicando a disposição dos tratamentos em cada data amostral quanto a frequência das espécies de formiga avaliadas. Eixos significativos pela permutação de Monte Carlo ($p < 0,05$). O primeiro eixo contribui com 22,4 % da variância da relação entre as espécies e os tratamentos e o segundo eixo 17% desta variância. PCSI = Plantio Convencional sem Inseticida; PCCI = Plantio Convencional Com Inseticida; PDSI = Plantio Direto sem Inseticida; PDCI = Plantio Direto Com Inseticida.

Fig. 3. (A) Diagrama de Curvas de Respostas Principais (PRC) mostrando a resposta ao longo do tempo da comunidade de formigas ao tratamento inseticida e ao sistema de cultivo. (B) Peso das espécies indicando a contribuição relativa de cada espécie na resposta da comunidade apresentada no diagrama PRC. * Vide anexo 1.

Figura 4. Frequência de captura (%) nos tratamentos das espécies de formigas identificadas como relevantes pelo peso apresentado no diagrama PRC. A

barra representa o erro padrão da média. Os números negativos no eixo x indicam a amostragem antes da aplicação do inseticida.

Figura 1..

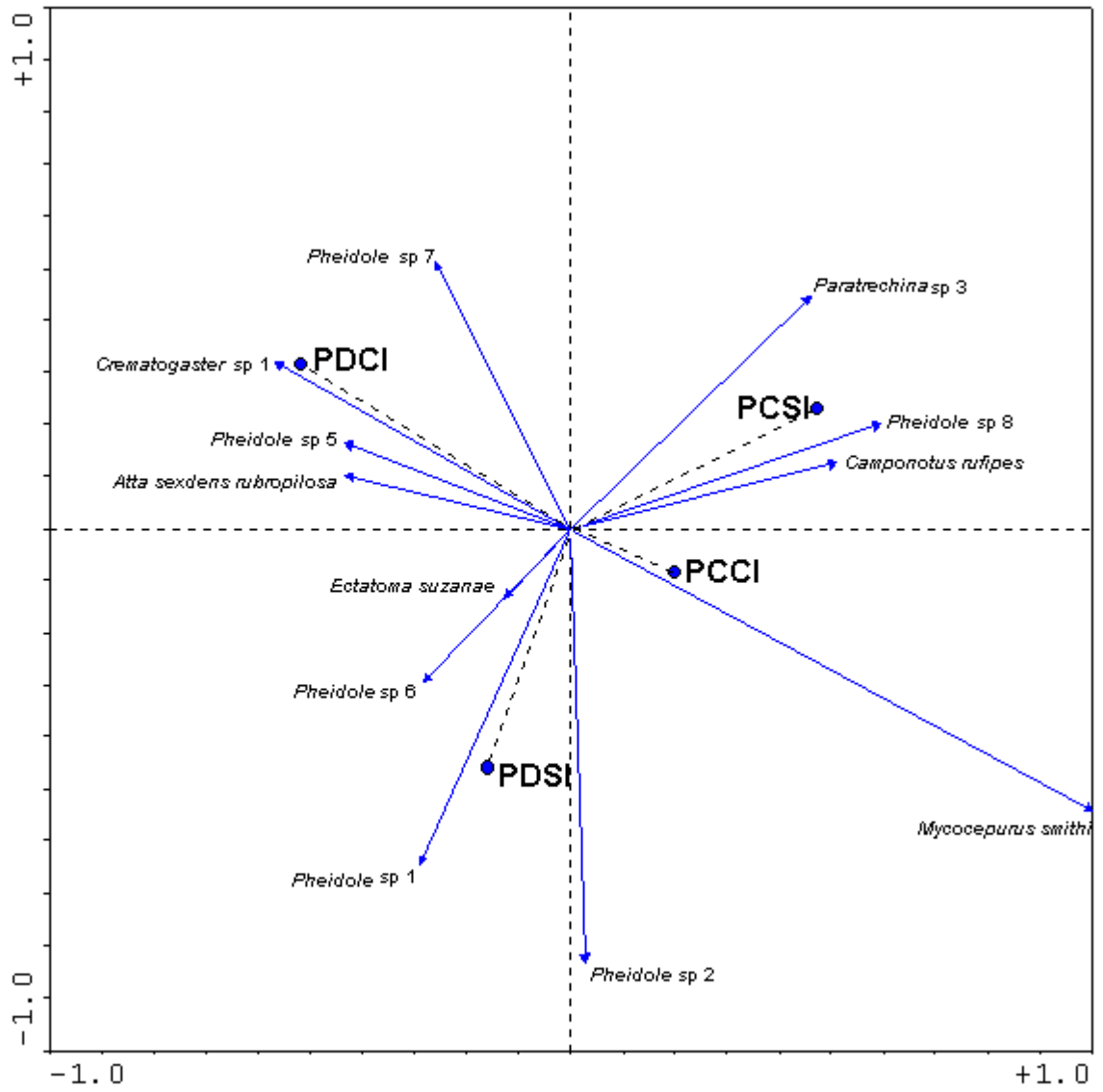


Figura 2..

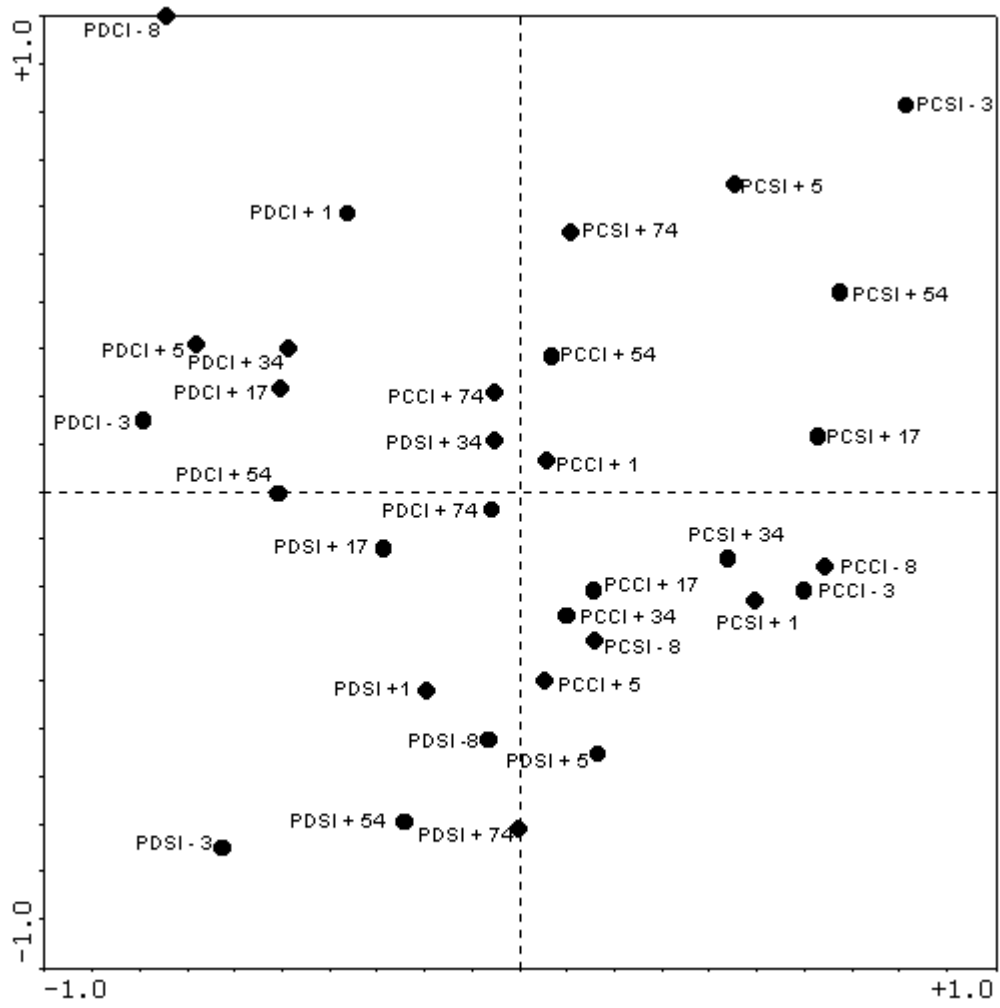


Figura 3.

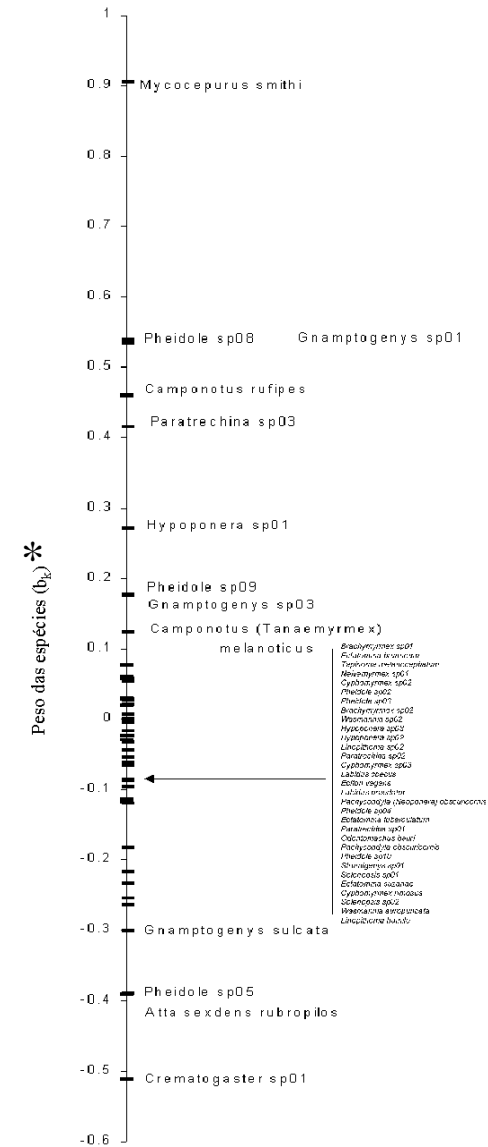
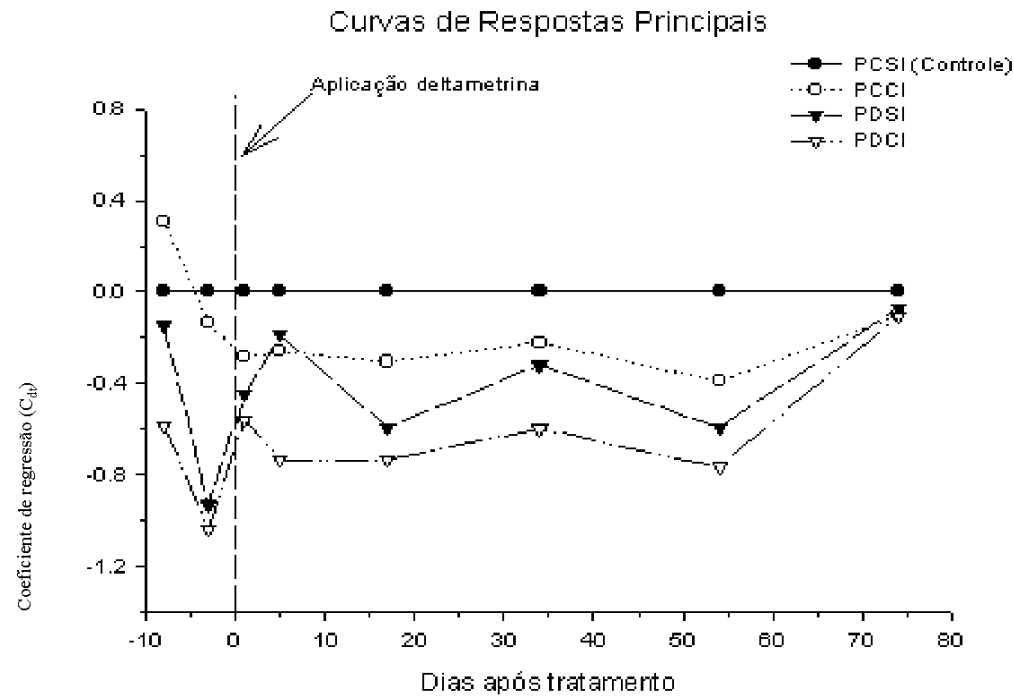
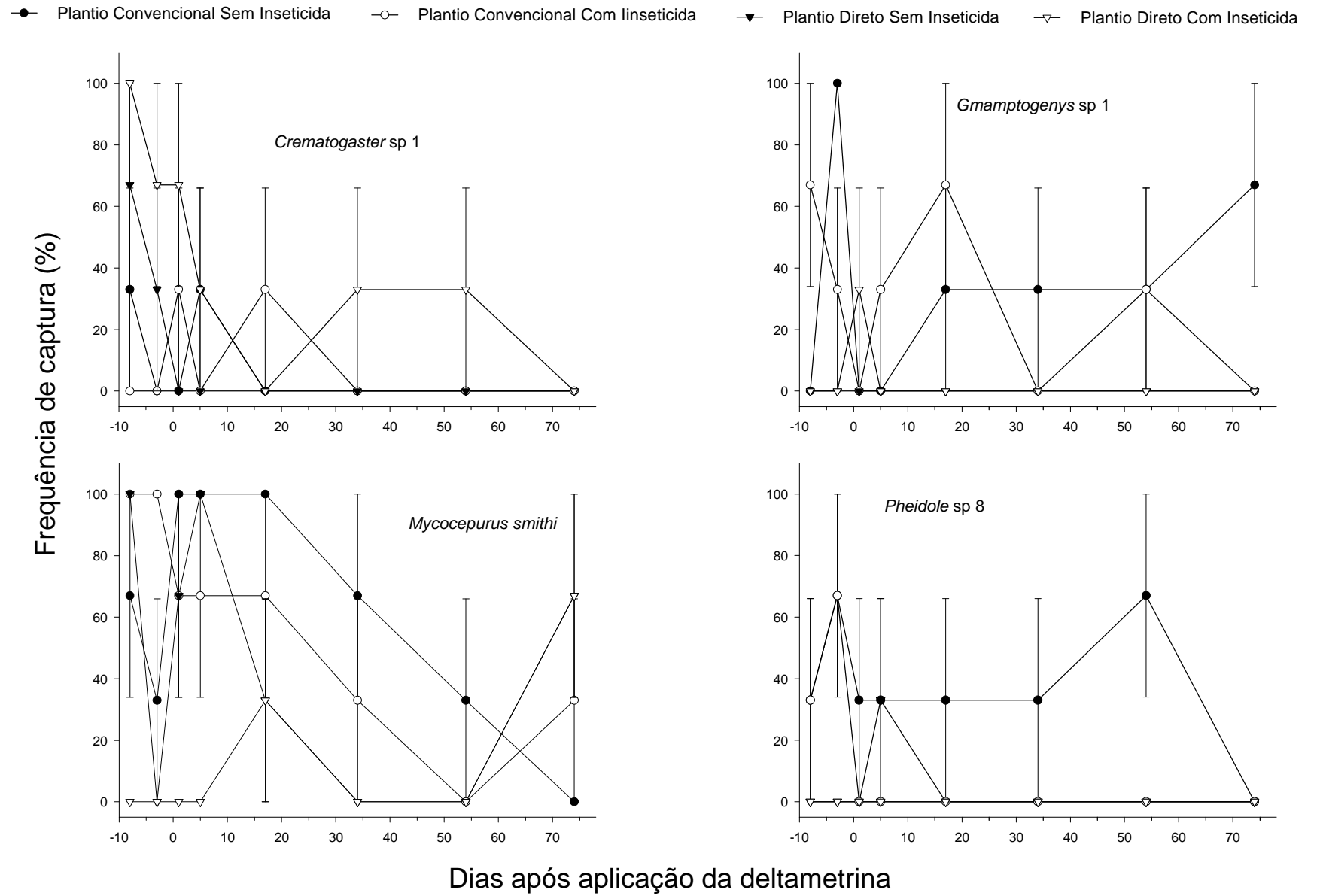


Figura 4



Anexo 1

Espécies de formigas	Peso das espécies
<i>Atta sexdens rubropilosa</i>	-0.3919
<i>Brachymyrmex</i> sp. 1	0.0612
<i>Brachymyrmex</i> sp. 2	0.0183
<i>Camponotus rufipes</i>	0.4591
<i>Camponotus (Tanaemyrmex) melanoticus</i>	0.075
<i>Crematogaster</i> sp01	-0.5129
<i>Cyphomyrmex rimosus</i>	-0.1192
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 2	0.0276
<i>Cyphomyrmex</i> sp. 3	-0.0239
<i>Eciton vagans</i>	-0.0297
<i>Ectatomma suzanae</i>	-0.1148
<i>Ectatomma brunneum</i>	0.0566
<i>Ectatomma tuberculatum</i>	-0.0623
<i>Gnamptogenys</i> sp. 1	0.534
<i>Gnamptogenys sulcata</i>	-0.3014
<i>Gnamptogenys</i> sp. 3	0.1757
<i>Hypoponera</i> sp. 1	0.269
<i>Hypoponera</i> sp. 2	-0.0045
<i>Hypoponera</i> sp. 3	-0.0001
<i>Labidus coecus</i>	-0.0239
<i>Labidus praedator</i>	-0.0339
<i>Linepithema humile</i>	-0.1839
<i>Linepithema</i> sp. 2	-0.0052
<i>Mycocepurus goeldi</i>	0.1222
<i>Mycocepurus smithi</i>	0.9042
<i>Neivamyrmex</i> sp. 1	0.0528
<i>Odontomachus bauri</i>	-0.0663
<i>Pachycondyla obscuricornis</i>	-0.0663
<i>Pachycondyla (Neoponera) obscuricornis</i>	-0.0454
<i>Paratrechina</i> sp. 1	-0.063
<i>Paratrechina</i> sp. 2	-0.0178
<i>Paratrechina</i> sp. 3	0.4151
<i>Pheidole</i> sp. 1	-0.2639
<i>Pheidole</i> sp. 2	0.0264
<i>Pheidole</i> sp. 3	0.0207
<i>Pheidole</i> sp. 4	-0.055
<i>Pheidole</i> sp. 5	-0.3899
<i>Pheidole</i> sp. 6	-0.2538
<i>Pheidole</i> sp. 7	-0.2341
<i>Pheidole</i> sp. 8	0.537
<i>Pheidole</i> sp. 9	0.1778
<i>Pheidole</i> sp. 10	-0.0663
<i>Pyramica</i> sp. 1	-0.2175
<i>Solenopsis</i> sp. 1	-0.0954

<i>Solenopsis</i> sp. 2	-0.1209
<i>Strumigenys</i> sp. 1	-0.0862
<i>Tapinoma melanocephalum</i>	0.0566
<i>Wasmannia</i> sp. 2	0.0059
<i>Wasmannia auropunctata</i>	-0.1463

RESUMO E CONCLUSÕES

Frente a atuais preocupações globais sobre a preservação da diversidade biológica e a implementação de estratégias agrícolas ecologicamente sustentáveis, avaliou-se o impacto do inseticida de amplo espectro (deltametrina) nas comunidades da parte aérea e do solo associados ao agroecossistema do milho. Além do impacto inseticida, avaliou-se a influência dos sistemas de plantio na estrutura e abundância de artrópodes. Métodos de análise multivariada, que permitem uma visão global da estrutura da comunidade foram priorizados.

Na parte aérea, foi encontrado um efeito significativo do sistema de cultivo na comunidade de artrópodes. O impacto do inseticida foi significativo no sistema de plantio convencional contrariamente ao encontrado no plantio direto. O sistema de plantio direto foi capaz de tamponar o impacto do inseticida na comunidade de artrópodes minimizando o seu efeito.

Quanto aos artrópodes do solo, foi dada uma atenção particular aos identificados como indicadores de distúrbio ambientais. A avaliação dos artrópodes em nível taxonômico maior, não detectou impacto significativo do

inseticida nos grupos de artrópodes avaliados. Para alguns grupos como as formigas, não foi detectado nem efeito do sistema de plantio. No entanto, o sistema de plantio exerceu influência nas comunidades de Collembola e de ácaros avaliadas. Avaliando a comunidade de formiga em nível de espécies, foi possível detectar efeito nítido do sistema de plantio o que não foi possível quando se fez o agrupamento das formigas por subfamília. Quanto ao inseticida, aparentemente não causa um efeito drástico nos artrópodes do solo. A análise de resíduo por cromatografia gasosa, não detectou presença de inseticida nas amostras colhidas a campo 24 h após a aplicação do inseticida nas linhas de cultivo.

De forma geral, encontrou-se mais efeitos do sistema de plantio do que efeitos do inseticida com uma tendência do plantio direto mitigar os efeitos do inseticida principalmente na parte aérea. Nos artrópodes do solo, não se tem um padrão global do efeito do plantio sobre a comunidade de artrópodes. Alguns são favorecidos pelo plantio direto enquanto que outros são favorecidos pelo plantio convencional. Uma recomendação especial para que a avaliação se torne mais precisa é a sua realização a nível de espécie uma vez que mesmo dentro de uma família, a sensibilidade aos xenobióticos difere com a espécie.