

Influência da aplicação de herbicidas pré-emergentes na fauna do solo em sistema convencional de plantio de cana-de-açúcar

Rodrigo Ferreira da Silva *

Douglas Leandro Scheid

Geomar Mateus Corassa

Gilvan Moisés Bertollo

Cassiano Carlos Kuss

Fabiane Pinto Lamago

Universidade Federal de Santa Maria
Linha Sete de Setembro, s/n, BR 386, km 40
CEP 98400-000, Frederico Westphalen – RS, Brasil

* Autor para correspondência
rodrigossilva@smail.ufsm.br

Submetido em 16/08/2011
Aceito para publicação em 24/04/2012

Resumo

O objetivo do trabalho foi determinar a influência de herbicidas pré-emergentes na comunidade da fauna edáfica em sistema de plantio convencional de cana-de-açúcar. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso num fatorial (6x3), sendo seis formas de controle de plantas daninhas (T1: pousio; T2: capina manual; T3: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron a 1000gia.ha⁻¹ + Ametryne a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹) e três tempos de avaliação (0, 40, 80 dias após a aplicação dos herbicidas: DAA). Avaliou-se: abundância, grupos, riqueza de Margalef, uniformidade de Pielou, dominância de Simpson, diversidade de Shannon, colêmbolos e biomassa seca acima do solo. Não houve diferença nos tratamentos para a riqueza de Margalef, uniformidade de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon. A abundância foi maior aos 80 DAA no tratamento capina manual. Os herbicidas testados não alteraram a diversidade da fauna do solo até 80 DAA. O herbicida Tebuthiuron não afetou a população de colêmbolos, quando utilizado isolado ou associado com o Ametryne. O uso do herbicida Ametryne a 3000gia.ha⁻¹ reduziu a população de colêmbolos em relação ao pousio e capina manual.

Palavras-chave: Abundância de insetos; Artrópodes; Diversidade; Grupos da fauna; Pesticidas

Abstract

Influence of the application of pre-emergent herbicides on the soil fauna of conventional sugarcane plantations. The goal of this work was to evaluate the influence of pre-emergent herbicides on the edaphic fauna community found in soils of conventional sugarcane plantations. The experimental design was in randomized blocks, in a 6x3 factorial, with six control treatments of weed plants (T1: fallow; T2: manual weeding; T3: Tebuthiuron to 1,200gia.ha⁻¹; T4: Ametryn to 3,000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron to 1,000gia.ha⁻¹ + Ametryn to

1,500gia.ha⁻¹, T6: Tebuthiuron to 1,200gia.ha⁻¹ + Ametryn to 3,000gia.ha⁻¹) and three evaluation times (0, 40, and 80 days after herbicide application: DAHA). The abundance, the groups of the organisms, Margalef's richness index, Pielou's uniformity index, Simpson's dominance, Shannon's diversity index, number of Collembola and above-ground dry mass were evaluated. There were no differences in the treatments for Margalef's richness index, Pielou's uniformity index, Simpson's dominance and Shannon's index. The abundance of organisms was higher at 80 DAHA in the manual weeding treatment. Tebuthiuron did not affect Collembola populations when used alone or in combination with ametryn. The treatment with the herbicide Ametryn to 3,000gia.ha⁻¹ reduced Collembola populations in relation to the fallow treatment and manual weeding.

Key words: Abundance of insects, Arthropods, Diversity, Pesticides, Wildlife groups

Introdução

A utilização de grandes quantidades de herbicidas na agricultura brasileira constitui uma realidade constatada em praticamente em todos os países do mundo (SINDAG, 2009). Somente no Brasil foram mais de 429 mil toneladas comercializadas no ano de 2009. Os herbicidas contribuem nas atividades agrícolas facilitando o controle de plantas daninhas (GLAESER, 2008). Entretanto, ao serem aplicados em pré ou pós-emergência, acabam direta ou indiretamente alcançando o solo (LAW, 2001), podendo causar danos às culturas subsequentes (SILVA et al., 1999; GONÇALVES et al., 2001), à flora e à fauna do solo (VIVIAN et al., 2006). Pela sua intensa participação nos processos biológicos dos ecossistemas naturais, a fauna edáfica é considerada como indicadora da qualidade biológica do solo, podendo ser útil na avaliação de agroecossistemas degradados (NUNES et al., 2009). Dessa maneira, pode contribuir para a avaliação do status de sustentabilidade de um determinado sistema, seja ele de produção ou de recuperação de uma área degradada (LINDEN et al., 1994).

A mesofauna compreende organismos de diâmetro entre 100µm e 2mm e são constituídos pelos grupos Acari, Aranea, Chilopoda, Collembola, Diplopoda, Diplura, Diptera, Enchytraeidae, Hymenoptera, Isoptera, Mollusca, Protura e Symphyla, podendo incluir também pequenos indivíduos da ordem Coleoptera (ROSSI et al., 2009). As ordens Acari e Collembola são as mais numerosas constituindo 72% a 97% da população total de artrópodes da fauna do solo (LINS et al., 2007). De acordo com Assad (1997) a mesofauna edáfica é importante como catalisadora na atividade microbiana

de decomposição da matéria orgânica, desagregação mecânica do material vegetal em decomposição, e formação e manutenção da estrutura do solo. Além disso, esses invertebrados destacam-se pela sua contribuição significativa na regulação das populações microbianas, mas também na fragmentação de resíduos vegetais e na predação de outros invertebrados (ANTONINI et al., 2003).

A população de organismos edáficos sofre alterações devido a fatores como: precipitação, temperatura, umidade do ar e do solo, compactação, quantidade de material orgânico e a ação de herbicidas (GLAESER, 2008). Edwards e Thompson (1973) relatam que colêmbolos são menos suscetíveis aos agroquímicos que os ácaros, mas algumas espécies são afetadas por altas doses. Conforme Lins et al. (2007), herbicidas como o 2,4-D e atrazina influenciam a abundância de colêmbolos, reduzindo sua população. Os colêmbolos são sensíveis também a variações de umidade no solo, pois a redução na umidade do solo pode resultar em migração, menor taxa reprodutiva e mortalidade (MELO; LIGO, 1999). Assim, a ordem Collembola é considerada bioindicadora da qualidade do solo, sendo extremamente sensível a alterações no ambiente. Dessa forma, caracteriza-se como excelente indicadora de impactos ambientais em agroecossistemas.

Para avaliação da fauna do solo não somente a análise de grupos específicos torna-se importante, mas também a utilização de índices que expressem a distribuição da população em uma determinada área. Nesse sentido, o índice de diversidade de Shannon e Weaver (1949), é considerado um dos melhores índices para que se façam comparações. Ele assume valores que podem variar de 0 a 5, sendo que o declínio de seus

valores é o resultado de uma maior dominância de alguns grupos em detrimento de outros (BEGON et al., 1996). Desse modo, a análise de grupos específicos da fauna do solo, considerados bioindicadores da qualidade do solo, juntamente com os índices de diversidade poderão auxiliar no esclarecimento do efeito de uma prática agrícola sob o solo.

No que se refere à cultura da cana-de-açúcar, o controle químico por meio da aplicação de herbicidas tem sido uma das alternativas mais utilizadas para suprimir as plantas daninhas. Dentre os herbicidas registrados para a cultura destacam-se tebutiuron e ametryn. Tebutiuron é um herbicida inibidor do fotossistema II (FSII) em plantas, recomendado para aplicação unicamente em pré-emergência das plantas daninhas, com amplo espectro de ação e causando baixa fitotoxicidade a cana-de-açúcar (PROCOPIO et al., 2004). Já o ametryn, também inibidor do FSII, é um dos herbicidas mais utilizados no controle de infestantes em cana-de-açúcar, podendo ser aplicado em pré ou pós-emergência inicial (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). A associação de tebutiuron e ametryn no manejo de plantas daninhas favorece o espectro de controle sobre espécies magnoliopsidas e liliopsidas (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). Além disso, ambos herbicidas apresentam atividade residual no solo, o que os tornam interessante para o manejo de espécies daninhas, favorecendo o estabelecimento da cana-de-açúcar sem competição inicial com infestantes. Contudo, pouco se sabe sobre o efeito desses herbicidas na fauna do solo.

O objetivo do trabalho foi determinar a influência da aplicação de herbicidas pré-emergentes na comunidade da fauna edáfica em sistema de plantio convencional de cana-de-açúcar.

Material e Métodos

O trabalho foi desenvolvido sob cultura de cana de açúcar, em área experimental localizada no município de Seberi, RS, latitude 27°29'04"S, longitude 53°18'07"W e altitude 325m. O solo é classificado como Latossolo Vermelho (EMBRAPA, 2009), composto por 50% de argila. O clima segundo Köppen é classificado como subtropical úmido, com as estações do ano bem

definidas, com regime pluviométrico regular durante todo o ano, tendo pluviosidade média anual de 1800 a 2100mm.

Para a instalação do experimento, a área foi manejada no sistema convencional para plantio da cultura da cana de açúcar. Após 10 dias retornou-se a área experimental e com exceção do tratamento pousio, efetuou-se a capina manual nos demais tratamentos. Na sequência aplicaram-se os tratamentos de herbicidas pré-emergentes conforme o delineamento experimental, dando início ao experimento.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso num fatorial (6x3), sendo seis formas de controle de plantas daninhas – T1: Sem controle – pousio; T2: capina manual; T3: Tebutiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebutiuron a 1000gia.ha⁻¹ + Ametryne a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebutiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹, e três tempos de avaliação 0, 40, 80 dias após a aplicação dos herbicidas (DAA), referente ao momento da instalação das armadilhas de coleta da fauna edáfica, com três repetições. As doses herbicidas foram estabelecidas conforme recomendação para a cultura da cana-de-açúcar, definidas em função do teor de argila do solo.

Para coleta da fauna do solo utilizaram-se armadilhas do tipo PROVID (ANTONIOLLI et al., 2006), contendo 200ml de uma solução de álcool 70% mais 5 gotas de formol a 2%, permanecendo instaladas durante sete dias. Após a coleta, procederam-se à identificação e contagem dos indivíduos no laboratório de Biologia do Solo, do Centro de Educação Superior Norte do Rio Grande do Sul da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM/CESNORS).

Para identificação dos organismos da fauna do solo utilizou-se uma lupa binocular com capacidade de aumento de 60x. A partir da contagem e identificação em nível de grupo (classe/ordem) dos organismos edáficos determinou-se a abundância de indivíduos, número de grupos, presença e número de colêmbolos e foram calculados os seguintes índices de biodiversidade: (1) índice de riqueza de Margalef (indica a probabilidade dos indivíduos amostrados em uma área pertencerem a espécies diferentes), sendo, $I = [(n-1)] / \ln N$, onde I é a

diversidade, n é o número de espécies presente, e N é o número total de indivíduos encontrados na amostra; (2) índice de Simpson, forma de dominância dado por $S = \sum (n_i/N)^2$, sendo n_i = número indivíduos do grupo "i", N o somatório da densidade de todos os grupos (ODUM, 1986); (3) índice de Diversidade de Shannon ($H = -\sum P_i \log P_i$, onde P_i é a proporção do grupo i no total da amostra) (SHANNON; WEAVER, 1949); e para a análise da uniformidade da comunidade foi utilizado o (4) índice de equabilidade de Pielou (PIELOU, 1977) definido por: $e=H/\log S$, onde H corresponde ao índice de Shannon e S é o número total de grupos na comunidade. A riqueza dos grupos taxonômicos indica o número de grupos da fauna do solo identificado no tratamento.

Os dados de contagem obtidos foram submetidos à transformação $(X+0,5)^{0,5}$ e os parâmetros determinados submetidos ao teste F utilizando o programa SISVAR 5.3 (FERREIRA, 2008). Havendo significância dos efeitos, as médias foram comparadas pelo teste de Tukey ($P<0,05$). A abundância da fauna também foi submetida à análise multivariada de agrupamento (Cluster) por meio da distância euclidiana, utilizando o programa STATISTICA (STATSOFT, 1996).

Resultados e Discussão

O resultado da coleta da fauna do solo nos seis tratamentos de controle de plantas daninhas revelou a presença de indivíduos da fauna do solo distribuídos nos grupos Acarina, Anura, Aranae, Collembola, Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, larvas e Orthoptera (Tabela 1). Verifica-se que no tempo zero foi identificado um total de 570 indivíduos. Aos 40 dias obteve-se 655 indivíduos e aos 80 dias um total de 847 indivíduos (Tabela 1). Esses resultados indicam uma recomposição na população da fauna do solo, bem como, aumento significativo na população de artrópodes importantes, como os himenópteros e colêmbolos aos 80 DAA. A população de artrópodes do solo é considerada importante na mistura do solo e na decomposição de resíduos orgânicos (FISHER; BINKLEY, 2000). Os microartrópodes ácaros e colêmbolos são considerados os mais abundantes da mesofauna e servem como

indicadores das condições biológicas do solo devido a sua sensibilidade as condições ambientais (DAMÉ et al., 1996). Contudo, nesse trabalho a maior população total foi de himenópteros.

A presença de indivíduos da ordem Hymenoptera, representada principalmente pelas formigas, indica que a área avaliada foi submetida a um estresse (KITAMURA et al., 2008) (Tabela 1). Segundo Coy (1996), muitos invertebrados desenvolvem estratégias de sobrevivência, entrando em estado de dormência, voltando ao estado ativo por estímulos externos, como a temperatura e umidade. Esses organismos são importantes no funcionamento de ecossistemas principalmente pela sua habilidade de manter ou restaurar a qualidade do solo e pelo seu valor como bioindicadores da qualidade do solo (BRUYN, 1999).

A frequência relativa total no período avaliado dos principais grupos da fauna edáfica foi diferente nos seis tratamentos (Figura 1). O grupo Hymenoptera apresentou maior frequência relativa total (FR) no tratamento de capina manual (T2), representando 77% dos indivíduos coletados. A maior FR do grupo Hymenoptera (formigas) indica a ocorrência de estresse na área avaliada, porque as formigas colonizam as áreas quando estas não apresentam condições adequadas de sobrevivência a outros grupos da fauna do solo (KITAMURA et al, 2008).

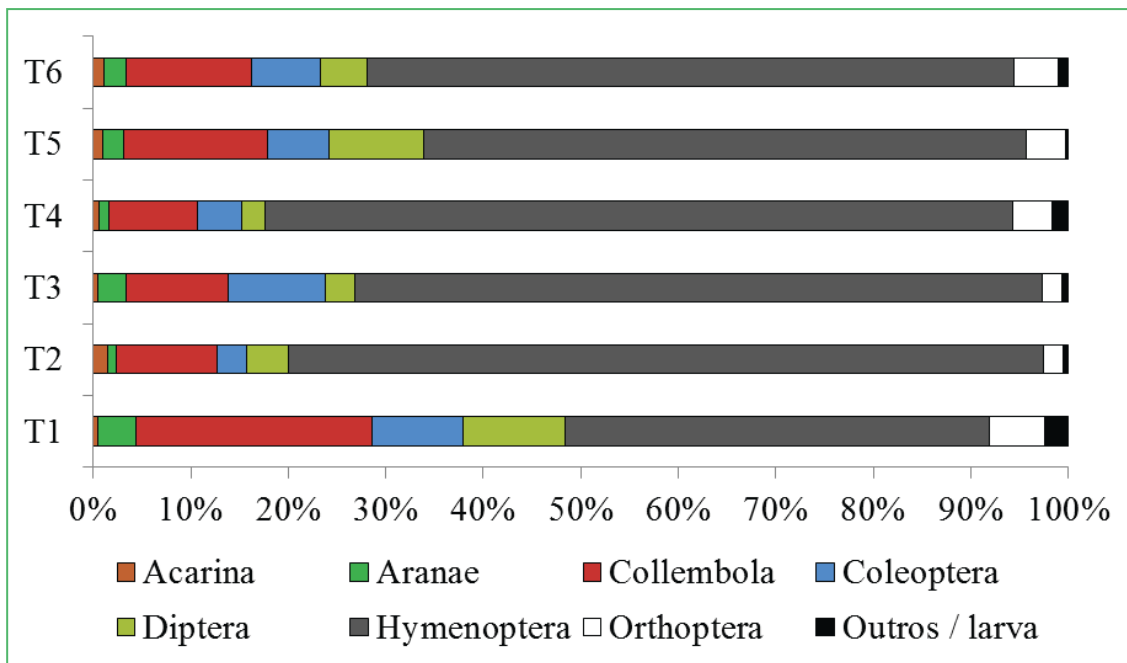
Os colêmbolos por sua vez apresentam maior FR no tratamento controle (T1) em relação aos outros tratamentos (Figura 1). Isso pode ser devido à área estar em pousio, recuperando sua cobertura vegetal ao longo do tempo de estudo. Os colêmbolos são sensíveis a alterações no solo (BARRETA et al., 2006). Segundo Coleman e Crossley (1995) os colêmbolos são considerados oportunistas por crescerem rapidamente em condições adequadas, como na presença de material orgânico. Em contrapartida, houve redução na FR dos colêmbolos nos demais tratamentos demonstrando a grande sensibilidade desse grupo a alterações no solo.

TABELA 1: População e total de indivíduos coletados nos seis tratamentos testados (T1: Sem controle; T2: capina manual; T3: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron a 1000gia.ha⁻¹ + Ametryne a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹) e nos três tempos (0, 40, 80 DAA). Média de três repetições.

Grupos	Tratamento						Total
	T1	T2	T3	T4	T5	T6	
0 DAA							
Acarina	1,7	3,7	1,7	1,7	1,3	2,7	12,8
Aranae	2,7	2,0	2,0	0,0	2,0	2,0	10,7
Collembola	54,7	23,0	26,7	12,7	21,3	26,0	164,4
Coleoptera	6,7	4,0	4,7	4,0	3,7	3,0	26,1
Diptera	15,0	9,3	7,7	3,3	16,0	9,7	61,0
Hymenoptera	34,7	31,3	35,3	78,3	64,0	40,3	283,9
Orthoptera	1,7	0,7	2,3	1,0	3,7	2,3	11,7
TOTAL	117,2a	74a	80,4a	101a	112a	86a	570,6
40 DAA							
Acarina	0,0	2,7	0,0	0,0	0,0	0,0	2,7
Aranae	4,0	1,3	3,0	1,0	2,0	2,0	13,3
Collembola	7,0	1,7	0,0	2,7	3,0	0,0	14,4
Coleoptera	6,0	3,3	7,7	3,0	6,7	5,3	32,0
Diptera	19,7	9,3	3,0	1,3	11,7	3,0	48,0
Hymenoptera	91,0	95,0	141,3	44,3	82,0	55,3	508,9
Larva	2,0	0,0	0,0	1,7	0,3	0,3	4,3
Orthoptera	9,3	6,3	3,0	1,7	7,3	3,3	30,9
TOTAL	139a	119,6a	158a	55,7a	113a	69,2a	645,5
80 DAA							
Acarina	0,0	1,0	0,0	0	1,7	0,3	3,0
Anura	4,0	1,3	1,7	1,0	0	2,0	10,0
Aranae	2,0	1,0	7,00	1,7	2,7	2,0	16,4
Collembola	19,3	25,3	17,30	8,3	21,0	8,7	99,9
Coleoptera	19,0	7,7	29,67	5,0	9,0	11,0	81,37
Diptera	0,0	4,0	2,7	1,7	2,3	0,0	10,7
Hymenoptera	19,0	247,0	118,33	79,3	44,0	83,0	590,6
Larva	1,0	0,0	0,0	1,7	1,0	0,0	3,7
Orthoptera	8,0	3,0	3,00	8,0	1,3	7,0	30,3
TOTAL	72,3b	290,3a	179,7ab	106,7b	83b	114b	845,97

Letras iguais minúsculas na linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

FIGURA 1: Frequência relativa das principais ordens da fauna edáfica capturadas nos tratamentos testados – T1: Sem controle; T2: capina manual; T3: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron a 1000gia.ha⁻¹+ Ametryne a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹ durante o período experimental.



O grupo Coleoptera apresentou FR de 3% (T2) a 10% (T3) (Figura 1). Os coleópteros têm grande importância na incorporação e decomposição de material orgânico (THOMANZINI; THOMANZINI, 2002), contribuindo também no aumento da permeabilidade, na capacidade de absorção de água, fertilidade, na aeração e estrutura do solo, além de serem importantes na regulação de população de artrópodes fitófagos, podendo afetar a taxa de absorção de nutrientes pelas plantas (GUEDES; GUEDES, 2001). Portanto, pequenos aumentos na população de coleópteros melhoram física e quimicamente um solo.

Observou-se diferença significativa para a abundância de indivíduos da fauna do solo somente aos 80 dias após a aplicação dos herbicidas, sendo maior no tratamento T2 com capina manual (Tabela 2). Vieira

(1999) verificou que a aplicação de atrazina na cultura do milho estimulou a oviposição de alguns grupos da mesofauna resultando em aumento da população. Embora tebuthiuron e ametryne pertençam ao mesmo mecanismo de ação na planta que atrazina (inibidor do FSII), é necessária comprovação dessa hipótese para os herbicidas testados nesse trabalho. Outra possibilidade é que a capina manual tenha possibilitado o revolvimento do solo e conseqüentemente a germinação do seu banco de sementes (YAMASHITA et al., 2005; MESCHEDÉ et al., 2007), resultando em maior produção de biomassa aos 80 DAA e conseqüentemente maior abundância da fauna edáfica. Em contrapartida, na dose de Ametryne a 3000gia.ha⁻¹, usado isolado ou em associação reduziu a abundância da fauna do solo aos 80 dias após aplicação (Tabela 2).

TABELA 2: Índices de abundância e de grupos, nos seis tratamentos testados (T1: Sem controle; T2: capina manual; T3: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron a 1000gia.ha⁻¹ + Ametryne a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹) e nos três tempos de avaliação (0, 40, 80 DAA).

Tratamento	Tempo (DAA)					
	0 dias	40 dias	80 dias	0 dias	40 dias	80 dias
	<i>Abundância</i>			<i>Número de grupos</i>		
T1	117,3 Aa	139,0 Aa	72,3 Ab	6,67 Aa	7,33 Aa	6,33 Aa
T2	74,0 Ba	119,6 Ba	290,3 Aa	6,67 Aa	6,67 Aa	8,00 Aa
T3	80,3 Aa	158,3 Aa	179,6 Aab	6,67 Aa	7,00 Aa	6,67 Aa
T4	101,0 Aa	55,6 Aa	106,7 Ab	5,67 Aa	6,67 Aa	7,67 Aa
T5	112,0 Aa	113,0 Aa	83,0 Ab	6,67 Aa	7,00 Aa	8,33 Aa
T6	86,0 Aa	69,3 Aa	114,0 Ab	6,67 Aa	7,00 Aa	6,67 Aa
	<i>Riqueza de Margalef</i>			<i>Uniformidade de Pielou</i>		
T1	2,77 Aa	2,03 Aa	3,73 Aa	0,70 Aa	0,47 Aa	0,72 Aa
T2	2,96 Aa	2,18 Aa	2,62 Aa	0,72 Aa	0,43 Aa	0,39 Aa
T3	3,10 Aa	2,11 Aa	2,53 Aa	0,72 Aa	0,47 Aa	0,52 Aa
T4	2,24 Aa	2,11 Aa	3,12 Aa	0,53 Aa	0,48 Aa	0,57 Aa
T5	2,28 Aa	2,94 Aa	3,05 Aa	0,64 Aa	0,48 Aa	0,64 Aa
T6	3,34 Aa	2,58 Aa	2,44 Aa	0,70 Aa	0,44 Aa	0,46 Aa
	<i>Dominância de Simpson</i>			<i>Diversidade de Shannon</i>		
T1	0,37 Aa	0,56 Aa	0,34 Aa	0,53 Aa	0,42 Aa	0,58 Aa
T2	0,35 Aa	0,63 Aa	0,63 Aa	0,57 Aa	0,34 Aa	0,36 Aa
T3	0,36 Aa	0,64 Aa	0,52 Aa	0,56 Aa	0,32 Aa	0,42 Aa
T4	0,56 Aa	0,64 Aa	0,47 Aa	0,38 Aa	0,32 Aa	0,49 Aa
T5	0,39 Aa	0,60 Aa	0,35 Aa	0,52 Aa	0,34 Aa	0,59 Aa
T6	0,34 Aa	0,66 Aa	0,60 Aa	0,58 Aa	0,31 Aa	0,37 Aa

Letra iguais minúsculas na mesma coluna e maiúsculas na mesma linha não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.

Não foi observada diferença significativa para as variáveis: número de grupos, riqueza de Margalef, Uniformidade de Pielou, dominância de Simpson e diversidade de Shannon entre os tratamentos e tempos de avaliação (Tabela 2). Conforme Begon et al. (1990) a Dominância de Simpson avalia toda uma população amostrada, levando em consideração a abundância de organismos e a sua riqueza. Em síntese, quanto menor esse índice, maior será a diversidade da comunidade avaliada. Ao avaliar de forma percentual a Dominância de Simpson do tempo zero a 40 DAA, percebe-se que houve aumento na dominância de 51% no T1, 85% no T2, 77% no T3, 14% no T4, 54% no T5 e 94% no T6 (Tabela 2). Desse modo, não somente aos tratamentos de herbicidas e capina manual, mas também o pousio contribui para o aumento percentual da Dominância de Simpson. Entretanto, no T1 (pousio) a dominância ocorre pela maior população de colêmbolos (Tabela

1) considerados bioindicadores da qualidade do solo (CUTZ-POOL et al., 2007).

O Índice de Shannon também não apresentou diferença significativa entre os tempos e tratamentos avaliados (Tabela 2). Contudo, percebe-se uma redução percentual variando de 15 a 45% nos tratamentos avaliados aos 40 DAA, enquanto que aos 80 dias houve aumento percentual de 9% no T1, 29% no T4 e 14% no T5 (Tabela 2). Isso indica que a redução de 200gia.ha⁻¹ de Tebuthiuron (T5) pode possibilitar a retomada na diversidade da fauna do solo. Entretanto, essa possibilidade deverá ser comprovada por meio da realização de outros trabalhos.

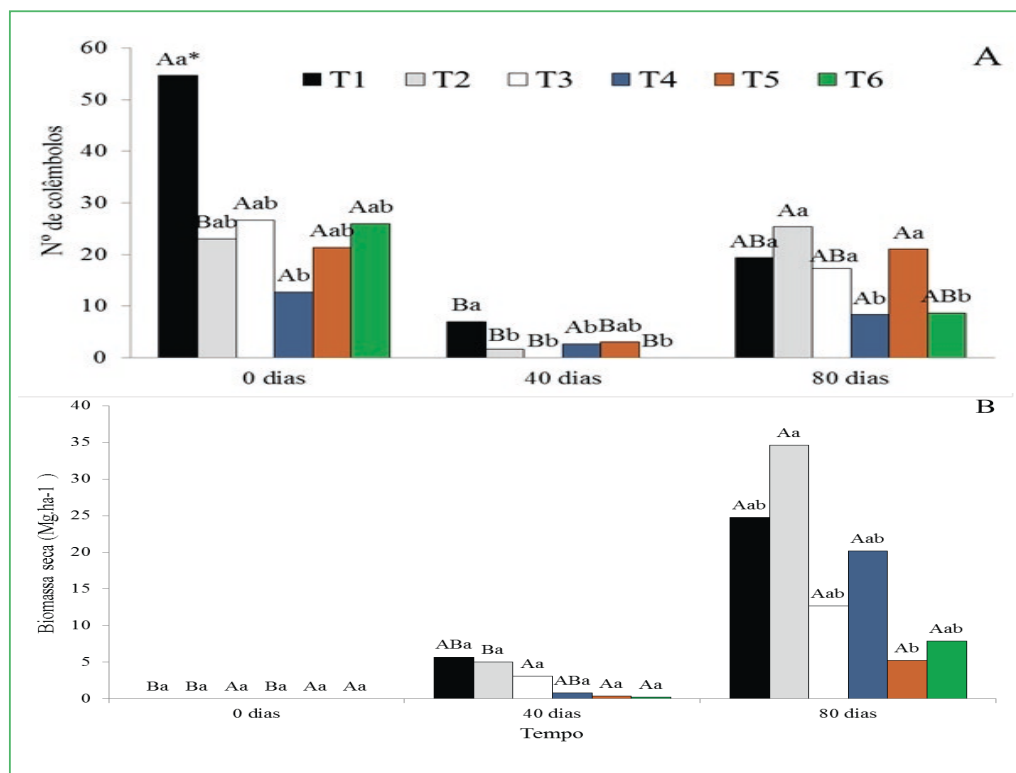
No início do experimento (tempo zero) e aos 40 DAA observa-se que os tratamentos testados resultaram em menor população de colêmbolos em relação à área controle (T1). Entretanto, aos 80 DAA apenas os

tratamentos T4 e T6 apresentaram significativamente menor população de colêmbolos em relação ao pousio (Figura 2A). Sabe-se que a redução da disponibilidade de palha remanescente sobre o solo provoca a diminuição da diversidade de organismos (GATIBONI et al., 2009). Contudo, observa-se também que há aumento significativo nos valores de biomassa seca acima do solo aos 80 DAA nos tratamentos T4 e T6 (Figura 2B). Isso significa que o herbicida ametryne na concentração de 3000gia.ha⁻¹ aplicado isoladamente, ou associado a tebuthiuron pode ter causado um efeito negativo sobre a população desses organismos. Em contrapartida, o herbicida tebuthiuron usado isolado ou em associação não diferiu do pousio para a população de colembolos.

Observa-se na Figura 2A que a população de colembolos foi alterada em função do tempo, sendo reduzida aos 40 DAA e aumentada significativamente aos 80 DAA. Rovedder et al. (2004), trabalhando em

solo suscetível a arenização também encontraram redução na abundância de colêmbolos de outubro para dezembro e atribuíram a possível secagem fisiológica dos organismos pela redução nas precipitações e aumento da temperatura. Isso pode explicar a variação na população de colêmbolos observada nesse trabalho, pois houve aumento na temperatura do ar e menor precipitação pluviométrica em outubro, mantendo-se até a segunda quinzena de novembro, coincidindo com o período da segunda coleta (40 DAA) (Figura 2A). É importante ressaltar que 64,5% da precipitação no mês de novembro ocorreram após o dia 15 (Figura 3). O aumento no número de colêmbolos aos 80 DAA pode ser devido à maior biomassa seca acima do solo (Figura 2B). Possivelmente essa maior biomassa seja ocasionada pela redução na persistência dos herbicidas por fenômenos como lixiviação, escoamento superficial, adsorção e transformações biológicas que ocorrem no

FIGURA 2: Número total de colêmbolos (A) e biomassa seca acima do solo (B), nos tratamentos – T1: Sem controle; T2: capina manual; T3: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron a 1000gia.ha⁻¹+ Ametryn e a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹ e nos três tempos 0, 40 e 80 DAA. Letras iguais minúsculas entre os tratamentos dentro de cada tempo e maiúsculas no tempo em cada tratamento, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de significância.



solo (STEARMAN; WELLS, 1997; FERRI; VIDAL, 2002).

A análise de agrupamento para abundância da fauna do solo revelou a formação de dois agrupamentos no tempo zero, sendo o primeiro formado pelos tratamentos T2, T3 e T6 com 58 a 62% de similaridade, enquanto que, no segundo agrupamento há a similaridade de 65% entre os tratamentos T1 e T5 ao qual se liga o tratamento T4 com 30% de similaridade (Figura 4). Na sequência, aos 40 DAA (Figura 4) nota-se a formação de dois agrupamentos, um formado pelos tratamentos T2 e T5 com 85% de similaridade e outro formado pelos tratamentos T6 e T4, com similaridade de 70%. Já aos 80 DAA os tratamentos T4 e T6 apresentam 95% de similaridade, sendo seguido pelo tratamento T5 com 90% de similaridade e pelos demais tratamentos, até o tratamento T2 que formou um agrupamento isolado e com maior distância dos demais. Esse resultado

corroborar a análise estatística convencional que definiu maior abundância para o tratamento T2 – capina manual (Tabela 2).

Os herbicidas tebuthiuron e ametryne, aplicados em pré-emergência na cultura da cana-de-açúcar no sistema convencional, não alteram a diversidade da fauna do solo até 80 dias após sua aplicação.

O herbicida Tebuthiuron na dose de 1200g_{ia}.ha⁻¹ não afeta a população de colêmbolos, quando utilizado isoladamente ou em associação com o herbicida Ametryne em sistema convencional de plantio de cana-de-açúcar.

O uso do herbicida Ametryne, aplicado em pré-emergência na cultura de cana-de-açúcar em sistema convencional, na dose de 3000g_{ia}.ha⁻¹, mantém menor população de colêmbolos quando comparado ao pousio e capina manual até 80 dias após sua aplicação.

FIGURA 3: Temperatura média (°C) e precipitação total (mm) nos meses do trabalho. Dados da estação meteorológica de Frederico Westphalen, Universidade Federal de Santa Maria, Campus CESNORS, RS. Valores acima de cada coluna referem-se à porcentagem da precipitação pluviométrica no período.

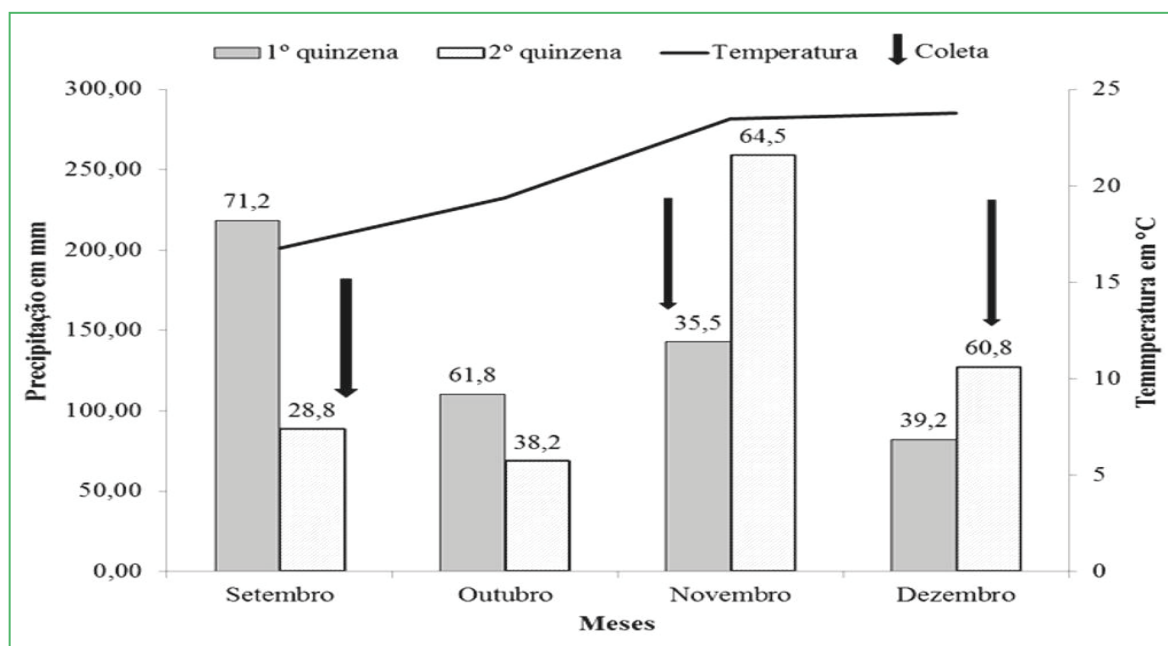
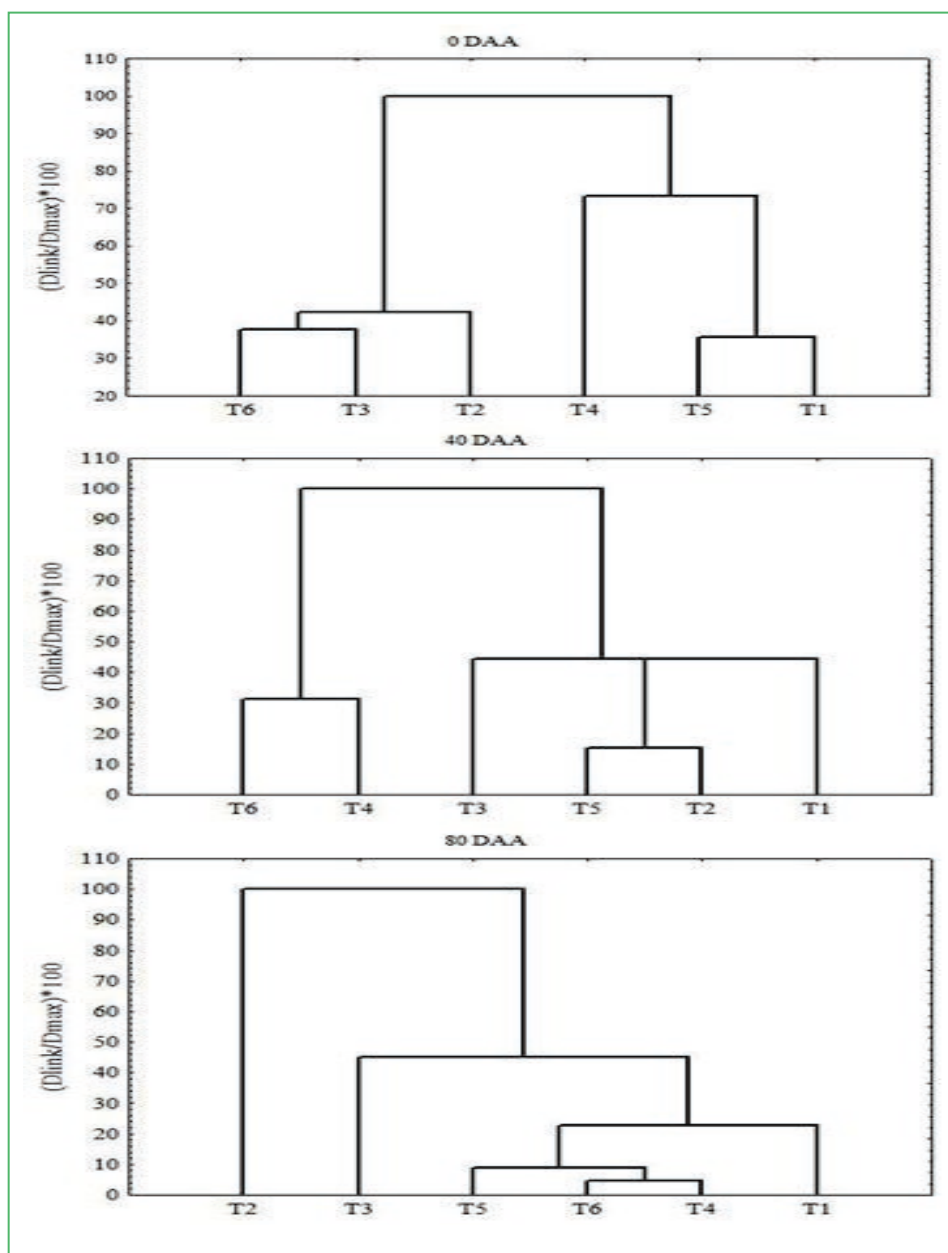


FIGURA 4: Dendrograma representando a distância euclidiana da abundância da fauna do solo nos tratamentos – T1: Sem controle; T2: capina manual; T3: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹; T4: Ametryne a 3000gia.ha⁻¹; T5: Tebuthiuron a 1000gia.ha⁻¹+ Ametryn e a 1500gia.ha⁻¹; T6: Tebuthiuron a 1200gia.ha⁻¹ + Ametryne a 3000gia.ha⁻¹, nos tempos 0, 40 e 80 DAA.



Referências

- ANTONINI, Y.; COLLI, G. R.; ACCACIO, G. M.; CONSTANTINO, R.; FRANCESCHINELLI, E. V.; LAPS, R. R.; SCARIOT, A.; VIEIRA, M. V. E.; WIEDERHECKER, H. C. Fragmentação dos ecossistemas e a biodiversidade brasileira: uma síntese. In: RAMBALDI, D. M.; OLIVEIRA, D. A. S. (Ed.). **Fragmentação de ecossistemas: causas, efeitos sobre a biodiversidade e recomendações de políticas públicas**. Brasília: MMA/SBF. 2003. p. 317-324.
- ANTONIOLLI, Z. I.; CONCEIÇÃO, P. C.; BÖCK, V.; PORT, O.; SILVA, D. M.; SILVA, R. F. Método alternativo para estudar a fauna do solo. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 16, n. 4, p. 407-417, 2006.
- ASSAD, M. L. L. Fauna do solo. In: VARGAS, M. A. T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos Solos dos Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA – CPAC, 1997. 524 p.
- BARRETA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 11, p. 1675-1679, 2006.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations and communities**. Oxford: Blackwell Scientific Publ., 1990. 896 p.
- BEGON, M.; HARPER, J. L.; TOWNSEND, C. R. **Ecology: individuals, populations, and communities**. Oxford: Blackwell Scientific Publications, 1996. 1068 p.
- BRUYN, L. A. L. Ants as bioindicators of soil function in rural environments. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, Amsterdam, v. 74, p. 425-441, 1999.
- COLEMAN, D. C.; CROSSLEY, D. A. JR. **Fundamentals of soil ecology**. San Diego: Academic Press, 1995. 205 p.
- COY, R. The impact of fire on soil invertebrates in *E. regnans* forest at Powelltown, Victoria. In: AUSTRALIAN GOVERNMENT – DEPARTMENT OF THE ENVIRONMENT, WATER HERITAGE AND THE ARTS (Ed.). **Biodiversity and fire: The effects and effectiveness of fire management**. n. 15, p. 183-198, 1996. Disponível em <<http://www.deh.gov.au/biodiversity/publications/series/paper8>>. Acesso em: 20 ago. 2011.
- CUTZ-POOL, L. Q.; PALACIOS-VARGAS, J. G.; CASTAÑOMENESES, G.; GARCÍA-CALDERÓN, N. E. Edaphic Collembola from two agroecosystems with contrasting irrigation type in Hidalgo State, México. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 36, p. 46-52, 2007.
- DAMÉ, P. R. V.; QUADROS, F. L. F.; KERSTING, C. E. B.; TRINDADE, J. P. P.; ANTONIOLLI, Z. I. Efeitos da queimada seguida de pastoreio ou diferimento sobre o resíduo, temperatura do solo e mesofauna de uma pastagem natural. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 26, p. 391-396, 1996.
- EDWARDS, C. A.; THOMPSON, A. R. Pesticides and the soil fauna. **Residue Reviews**, New York, v. 45, p. 1-79, 1973.
- EMBRAPA – EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de pesquisa de Solos (Rio de Janeiro). **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 2 ed. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 2009. 412 p.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.
- FERRI, M. V. W.; VIDAL, R. A. Persistência do acetochlor em solo sob semeadura direta e convencional. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 20, n. 1, p.133-139, 2002.
- FISHER, R. F.; BINKLEY, D. **Ecology and management of forest soils**. New York: John Wiley & Sons, 489 p. 2000.
- GATIBONI, L. C.; COIMBRA, J. L. M.; WILDNER, L. P.; DENARDIN, R. B. N. Modificações na fauna edáfica durante a decomposição da palhada de centeio e aveia preta, em sistema plantio direto. **Biotemas**, Florianópolis, v. 22, n. 2, p. 45-53, 2009.
- GLAESER, D.F. **Influência dos herbicidas glifosato e glifosato+2,4-D sobre a população de ácaros (Arachnida: Acari) edáficos em sistemas de plantio direto e plantio convencional**. 2008. 34 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal da Grande Dourados. Dourados, 2008.
- GONÇALVES, A. H.; SILVA, J. B.; LUNKES, J. A. Controle da tiririca (*Cyperus rotundus*) e efeito residual sobre a cultura do feijão do herbicida imazapyr. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 19, n. 3, p. 435-443, 2001.
- GUEDES, R. N. C.; GUEDES, N. M. P. 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**. Viçosa: EdUFV, 2001. p. 543-581
- KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com a aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 405-416, 2008.
- LAW, S. E. Agricultural electrostatic spray application: a review of significant research and development during de 20th century. **Journal of Electrostatics**, Athens, p. 25-42, 2001.
- LINDEN, R. D.; HENDRIX, P. F.; COLEMAN, D. C.; VAN VILET, P. C. J. Faunal indicators of soil quality. In: DORAN, J. W.; COLEMAN, D. C.; BEZDICEK, D. F.; STEWART, B. A. (Ed.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of American, 1994. p. 91-106.
- LINS, V. S.; SANTOS, H. R.; GONÇALVES, M. C. The effect of the glyphosate, 2,4-D, atrazine e nicosulfuron herbicides upon the edaphic collembola (Arthropoda: Ellipura) in a no tillage system. **Neotropical Entomology**, Londrina, v. 36, n. 2, p. 261-267, 2007.
- MELO, L. A. S.; LIGO, M. A. V. Amostragem de solo e uso de “litterbags” na avaliação populacional de microartrópodos edáficos. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 56, n. 3, p. 523-528, 1999.
- MESCHEDE, D. K.; FERREIRA, A. B.; RIBEIRO J. R. Avaliação de diferentes coberturas na supressão de plantas daninhas no cerrado. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 25, n. 3, p. 465-471, 2007.
- NUNES, L. A. P. L.; FILHO, J. A. A.; MENEZES, R. I. Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semiárido nordestino. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 10, n. 1, p. 43-49, 2009.
- ODUM, E. P. **Ecologia**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986. 434 p.
- PIELOU, E. C. **Mathematical ecology**. New York: John Wiley & Sons. 1977. 385 p.
- PROCÓPIO, S. O.; SILVA, A. A.; VARGAS, L. Manejo e controle de plantas daninhas em cana-de-açúcar. In: VARGAS, L.; ROMAN, E. S. (Ed.). **Manual de manejo e controle de plantas daninhas**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2004. p. 397-452.

- RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. R. **Guia de herbicidas**. 5 ed. Londrina: Edição dos Autores, 2005. 591 p.
- ROSSI, C. Q.; NOBRE, C. P.; COELHO, C. P. BENAZZI, E. S.; RODRIGUES, K. M.; CORREIA, M. E. F. Efeito de diferentes coberturas vegetais sobre a mesofauna edáfica em manejo agroecológico. **Cadernos de Agroecologia**, Cruz Alta, v. 4., n. 1, p. 1326-1330, 2009.
- ROVEDDER, A. P. M.; SPAGNOLLO, E.; VENTUIRINI, S.; ANTONIOLLI, Z. I. Fauna edáfica em solo suscetível à arenização na região sudoeste do Rio Grande do Sul. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v. 3, p. 87-96, 2004.
- SHANNON, C. E.; WEAVER, W. **The mathematical theory of communication**. Urbana: University of Illinois Press, 1949. 117 p.
- SILVA, A. A.; OLIVEIRA JR, R. S.; COSTA, E. R.; FERREIRA, L. R. Efeito residual no solo dos herbicidas imazamox e imazethapyr para as culturas de milho e sorgo. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 345-354, 1999.
- SINDAG – SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA AGRÍCOLA. **O setor de defensivos agrícolas no Brasil**. 2009. Disponível em <<http://www.sindag.com.br/upload/OSetordeDefensivosagricolasnoBrasil.doc>> Acesso em: 14 abr. 2011.
- STATSOFT. **Statistica for Windows**. Computer program manual. Tulsa, 1996.
- STEARMAN, G. K.; WELLS, J. M. Leaching and runoff of simazine, 2,4-D, and bromide from nursery plots. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 52, n. 1, p. 137-144, 1997.
- THOMANZINI, M. J.; THOMANZINI, A. P. B. W. **Levantamento de insetos e análise entomofauna em florestas, capoeira e pastagem no Sudeste Acreano**. Rio Branco: Embrapa, 2002. 41 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 35).
- VIEIRA, M. H. P. **Flutuação populacional da mesofauna edáfica em sistemas de plantio direto e convencional na região de Dourados-MS, Brasil**. 1999. 61 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Dourados. 1999.
- VIVIAN, R.; REIS, M. R.; JAKELAITIS, A.; SILVA, A. F.; GUIMARÃES, A. A.; SANTOS, J. B.; SILVA, A. A. Persistência de sulfentrazone em argissolo vermelho-amarelo cultivado com cana-de-açúcar. **Planta Daninha**, Viçosa, v. 24, n. 4, p. 741-750, 2006.
- YAMASHITA, O. M.; CAMPOS, O. R.; KOGA, P. S.; FREIRE, C. R. O.; MAIA, M. J.; OLIVEIRA, M. A. Efeito de profundidade de semeadura na emergência de picão-preto (*Bidens pilosa*) e fedegoso (*Cassia occidentalis*). **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, v. 3, p. 84-91, 2005.