

Resíduos da cultura da cana-de-açúcar e seus efeitos sobre a fauna invertebrada epigeica

Residues of sugar cane crop and its effects on the epigeic invertebrate fauna

Irzo Isaac Rosa Portilho^{1*}; Clovis Daniel Borges²; Alex Ramos Costa³; Júlio César Salton⁴; Fábio Martins Mercante⁵

Resumo

O presente estudo teve como objetivo avaliar o efeito da disponibilidade de resíduos de cana-de-açúcar sobre a fauna invertebrada epigeica. As avaliações foram realizadas após a colheita da cana-de-açúcar, considerando três níveis de resíduos: 0 % (retirada total de resíduos da superfície do solo), 50 % (retirada da metade dos resíduos nas parcelas, massa seca de 7,6 Mg ha⁻¹) e 100 % (manutenção completa dos resíduos produzidos, massa seca de 16,9 Mg ha⁻¹). As parcelas experimentais foram dispostas num delineamento em blocos casualizados, com oito repetições. Cada parcela foi constituída por cinco linhas de 20 m de comprimento, onde foram instaladas duas armadilhas de queda “pitfall” para captura da fauna invertebrada, representando dezesseis armadilhas em cada tratamento, totalizando quarenta e oito em todo o experimento. Um fragmento de vegetação nativa da região, localizado próximo ao cultivo da cana-de-açúcar, foi avaliado para comparação. Os organismos foram extraídos manualmente e identificados em nível de grandes grupos taxonômicos. A maior diversidade e riqueza de grupos da fauna invertebrada epigeica foram observadas na cultura da cana-de-açúcar com a manutenção dos resíduos na superfície (100 e 50%). Por outro lado, a retirada completa dos resíduos da superfície do solo promoveu uma significativa redução dos organismos de invertebrados do solo. Amostras de solos foram coletadas para avaliação de atributos químicos. Os organismos da fauna invertebrada epigeica mostraram-se sensíveis indicadores em discriminar alterações nos sistemas, em função da manutenção de resíduos vegetais da cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum* sp., fauna do solo, bioindicador

Abstract

This study aimed to evaluate the effect of the availability of sugar cane residues on the epigeic invertebrate fauna. The evaluations were made after cane sugar harvest, considering three levels of residues: 0% (total removal of residues from the soil surface), 50% (removal of half of the waste in the plots, the dry mass of 7.6 Mg ha⁻¹) and 100% (keeping track of residues produced, dry mass of 16.9 Mg ha⁻¹). A fragment of native vegetation in the region, located close to the sugar cane crop, was evaluated for comparison. The experimental plots were arranged in a randomized block design with eight replications. Each plot consisted of five rows 20 m long, were installed two pitfalls to capture

¹ Biólogo, bolsista do PROBIO II - Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para a Biodiversidade. E-mail: irzo_i@terra.com.br

² Biólogo, bolsista da Universidade de São Paulo, Centro de Energia Nuclear na Agricultura. E-mail: clovisdb@yahoo.com.br

³ Graduando em Agronomia. Departamento de física do solo. Centro Universitário da Grande Dourados, Unigran. E-mail: alex_garbi@hotmail.com

⁴ Eng^o Agr^o, pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste. E-mail: salton@cpao.embrapa.br

⁵ Eng^o Agr^o, Prof. do Curso de Pós-graduação, Mestrado em Agronomia. Embrapa Agropecuária Oeste. Bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq. E-mail: mercante@cpao.embrapa.br

* Autor para correspondência

the invertebrate fauna, representing sixteen traps in each treatment, totaling forty-eight throughout the experiment. The organisms were extracted manually and identified at major taxonomic groups. The highest diversity and groups richness of epigeic invertebrate fauna were observed in the cane sugar crop with the maintenance of the surface residues (100 and 50%). Moreover, complete removal of residues from the soil surface promoted a significant reduction of the soil invertebrates organisms. Soil samples were collected for evaluation of chemical attributes. The organisms of epigeic invertebrate fauna showed sensitive in detecting changes in systems, depending on the maintenance of plant residues of sugar cane.

Key words: *Saccharum* sp., edaphic fauna, bioindicator

Introdução

A cultura da cana-de-açúcar (*Saccharum* spp.) se destaca no cenário agrícola brasileiro, como fonte de energia na alimentação humana e animal, na indústria de derivados e como geradora de emprego e renda (STRAPASSON et al., 2007). De acordo com o segundo levantamento realizado pela Companhia Nacional do Abastecimento - CONAB, a produção da cana-de-açúcar no Brasil foi de 710.280,9 mil toneladas na safra de 2008. No Estado de Mato Grosso do Sul, na safra de julho/2009, a área cultivada com cana-de-açúcar foi cerca de 377 mil ha, responsável pela produção de 32.989 mil toneladas, representando 4,8% da produção nacional. Estima-se que a área a ser ocupada pela cultura da cana-de-açúcar em Mato Grosso do Sul deva aumentar em cerca de 360 mil hectares, tendo em vista a implantação de novas usinas de açúcar e álcool (IBGE, 2009; ACOMPANHAMENTO, 2008).

Nesta cultura, o preparo do solo é tradicionalmente realizado com arados, grades pesadas e subsoladores (CEDDIA et al., 1999; SOUZA et al., 2005), processos estes que influenciam no ciclo energético, agregação do solo e redução da atividade biológica (SILVA et al., 2007; BENITO; GUIMARÃES; PASINI, 2008). No Brasil, a colheita mecanizada da cana-de-açúcar está cada vez mais presente nos sistemas de produção, formando uma cobertura de resíduo vegetal (palhada) sobre o solo. De modo geral, o acúmulo da palhada em sistemas de produção tem sido relacionado aos manejos conservacionistas no Cerrado, por proporcionar um ambiente favorável à recuperação ou à manutenção

das propriedades químicas, físicas e biológicas do solo (MENEZES; LEANDRO, 2004; BARETTA et al., 2006; BENITO; GUIMARÃES; PASINI, 2008).

Neste sentido, diversos estudos têm mostrado que as comunidades da fauna edáfica são favorecidas com a cobertura vegetal, impedindo a perda da diversidade e atividade dos organismos considerados “engenheiros” do ecossistema, entre eles os grupos oligochaeta, formicidae e isoptera (BARROS et al., 2003; SILVA et al., 2007; AQUINO et al., 2008). Assim, variáveis biológicas têm sido propostas para aferição da qualidade do solo em função de diferentes práticas de manejo agrícola e pecuário (DORAN; PARKIN, 1994; SILVA et al., 2006). Dentre os bioindicadores ecológicos, os invertebrados com diâmetro corporal acima de 2 mm constituem a fauna invertebrada do solo, à qual pertencem os grupos de minhocas, coleopteros em estado larval e adulto, centopéias, cupins, formigas, diplópodes, isópodes e aracnídeos (LAVELLE; SPAIN, 2001). Esses invertebrados ocupam todos os níveis tróficos na cadeia alimentar do solo e afetam a produção primária de maneira direta e indireta, com fundamental importância no funcionamento do ecossistema (ODUM, 1989).

A fauna invertebrada epigeica apresenta na interface serapilheira-solo tem importante participação em diferentes efeitos nos processos que condicionam a fertilidade do solo, como na fragmentação de resíduos vegetais e animais (LAVELLE; SPAIN, 2001). Do mesmo modo, tais organismos provocam modificações na estrutura física e formação de agregados, por meio de atividades mecânicas, que podem promover a redistribuição de nutrientes

e matéria orgânica em uma determinada área (LEE, 1994). Esses invertebrados apresentam uma grande diversidade de formas, comportamentos e diferenças de tamanho, apresentando estratégias de forrageamento, (alimentação e escavação), que podem ser influenciados pelo tipo de manejo (ANDERSON, 1988; AQUINO, 2005). Silva et al. (2006), avaliando diferentes sistemas de produção agrícola e pecuária, em um Latossolo de Mato Grosso do Sul, observaram que a densidade total da macrofauna edáfica é favorecida pelas práticas de manejo que estimulam a dinâmica da matéria orgânica do solo, como o sistema plantio direto, sistema integrado lavoura-pecuária e pastagem cultivada. Além disso, estes autores verificaram que a diversificação das espécies vegetais promove uma maior diversidade dos grupos da macrofauna invertebrada do solo, e que estes organismos respondem às alterações que ocorrem no solo em função do seu uso e manejo.

Neste contexto, o manejo de sistemas agropecuários, com o uso de coberturas vegetais, tem demonstrado benefícios na sustentabilidade e manutenção das propriedades do solo. Contudo, são escassos os estudos da dinâmica das comunidades de invertebrados do solo em cultivos de cana-de-açúcar, envolvendo a manutenção de resíduos vegetais na superfície do solo.

O objetivo deste estudo foi avaliar os efeitos da disponibilidade de resíduos da cultura de cana-de-açúcar sobre os principais grupos da fauna invertebrada epigeica e sobre os atributos químicos do solo.

Material e Métodos

O estudo foi conduzido em Fevereiro/2009, na Fazenda Cristal, no Município de Itaporã, MS (22° 09' 08,4"S; 54 ° 49' 01,9"W), onde o cultivo da cultura de cana-de-açúcar, variedade RB

72454, representa a principal atividade. O solo é classificado como Latossolo Vermelho Eutroférico, de textura argilosa. O clima é classificado como Aw na classificação de Köppen (tropical estacional de savana), com verão chuvoso e inverno seco.

Antes do estabelecimento da cultura da cana-de-açúcar, a área experimental estava sendo utilizada como pastagem de *Brachiaria brizantha*. A cultura da cana-de-açúcar foi estabelecida com plantio manual em julho/2007, numa área de 8,56 ha. O primeiro corte da cana crua ocorreu em dezembro/2008. As avaliações foram realizadas após a colheita da cana-de-açúcar, sendo considerados três níveis de resíduos: 0 % (retirada total de resíduos da superfície do solo), 50 % (retirada da metade dos resíduos nas parcelas, massa seca de 7,6 Mg ha⁻¹) e 100 % (manutenção completa dos resíduos produzidos, massa seca de 16,9 Mg ha⁻¹). Uma área adjacente, com vegetação nativa (VN) foi incluída no estudo como referencial da condição original do solo.

As parcelas experimentais foram dispostas num delineamento em blocos casualizados, com oito repetições. Cada parcela foi constituída por cinco linhas de 20 m de comprimento, onde foram instaladas duas armadilhas de queda "pitfall" para captura da fauna invertebrada epigeica, totalizando dezesseis armadilhas em cada tratamento, e quarenta e oito em todo o ensaio. Esta técnica "pitfall" é utilizada para obtenção de estimativas das populações de alguns grupos de invertebrados terrestres (MOLDENKE, 1994). Os invertebrados do solo, com diâmetro corporal superior a 2 mm e com comprimento superior a 10 mm, foram extraídos manualmente e armazenados em uma solução de álcool a 70%. No laboratório, com auxílio de uma lupa binocular, procedeu-se à identificação e contagem dos organismos, em nível de Ordem, atuantes no conjunto serapilheira-solo. Após a coleta da fauna invertebrada epigeica, o solo

Tabela 1. Características químicas do solo sob três níveis de resíduos: 0 % (retirada total de resíduos da superfície do solo), 50 % (retirada da metade dos resíduos nas parcelas) e 100 % (manutenção completa dos resíduos produzidos) e vegetação nativa (VN). Itaporã, MS.

Resíduos vegetais/ prof. (cm)	pH	pH	Mehlich							S. B.	CTC	V	Cu	Fe	Mn	Zn					
			H ₂ O		CaCl ₂ , g/dm ³		mg/dm ³										mmol/dcm ³		%	mg/dm ³	
0 % 0-10	6,4	5,8	35,1	5,1	0,7	8,3	3,5	3,7	12,6	16,4	77,0	21,5	22,8	120,7	14,4						
50 % 0-10	6,4	5,8	36,2	4,4	0,7	8,1	3,3	3,7	12,1	15,8	76,4	19,8	16,4	91,1	14,1						
100% 0-10	6,5	5,9	35,3	4,6	0,5	8,1	3,4	3,5	12,1	15,6	77,5	20,3	19,1	97,4	14,5						
VN 0-10	6,5	6,0	37,7	3,8	0,7	9,5	3,5	3,2	13,8	17,0	80,5	7,1	12,1	172,1	7,4						

Fonte: Adaptado de Claessen (1997).

A caracterização dos grupos foi feita com base na densidade (nº de indivíduos), riqueza (nº de grupos) e diversidade (Shannon-Wiener). O índice de diversidade de Shannon foi obtido pela relação ($H = -\sum p_i \ln p_i$). Os dados obtidos (x) para densidade foram transformados em $(x+0,5)^{1/2}$ e comparados pelo teste de Tukey, com significância ao nível de 5% de probabilidade. Os dados obtidos (x) para diversidade não foram transformados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com significância ao nível de 1% de probabilidade. Os dados obtidos (x) para riqueza não foram transformados e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey, com significância ao nível de 1% de probabilidade. As análises estatísticas foram processadas por meio de software Assistat (versão 7.5 beta, 2008). Efetuou-se o teste de coeficiente de correlação de Pearson com dados referentes à composição da fauna invertebrada epigeica, de acordo com aporte de resíduos culturais. Os parâmetros relacionados à fauna invertebrada epigeica e aos atributos químicos do solo foram submetidos à análise dos componentes principais (PCA), desta forma, construindo novas variáveis que permitiram reduzir a dimensão dos dados e determinar entre as variáveis originais aquelas responsáveis pelas diferenças entre os manejos na cultura da cana-de-açúcar. As análises

estatísticas foram processadas com auxílio do software Statistica (versão 7.0, StatSoft).

Resultados

Foram capturados 2.639 indivíduos, distribuídos em 18 grandes grupos taxonômicos, que foram identificados nos tratamentos, em ordem decrescente de densidade relativa: Formicidae, Collembola, Coleoptera (adulto e larva), Araneae, Diptera, Orthoptera e Heteroptera (Tabela 2). No sistema onde foram mantidos 100% dos resíduos provenientes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar, observaram-se 748 indivíduos, distribuídos em 13 grupos. O sistema com a manutenção de 50% de resíduos, 503 indivíduos, distribuídos em 13 grupos. Já no sistema com a manutenção de 0% de resíduos, 730 indivíduos, distribuídos em 10 grupos (Tabela 2). O grupo de maior expressão nos sistemas avaliados foi Formicidae, com 1.612 indivíduos, seguido por Collembola, com 331 indivíduos (Tabela 2), sendo estes responsáveis por mais de 74% da densidade total da fauna epigeica. A distribuição relativa de indivíduos do grupo Formicidae e Collembola, de acordo com a quantidade de resíduos na superfície do solo, pode ser observada na Tabela 3.

Tabela 2. Densidade (nº de indivíduos) e riqueza (nº de grupos taxonômicos) da comunidade de fauna invertebrada epigeica sob sistema com diferentes quantidades de resíduos de cana-de-açúcar e no sistema com vegetação nativa. Itaporã, MS.

Grupos	Resíduos Vegetais				Total
	0%	50%	100%	VN	
Araneae	28b	24b	42ab	54a	148
Diptera	4c	12bc	24b	75a	115
Coleoptera	19b	28ab	53a	29ab	129
Collembola	61b	57b	168a	45b	331
Orthoptera	23a	27a	36a	24a	110
Formicidae	535a	324b	399ab	354ab	1.612
Heteroptera	30a	9ab	8ab	4b	51
Larva/Coleoptera	22a	13a	3a	11a	49
Outros invertebrados	8b	9b	15b	62a	94
Densidade	730a	503a	748a	658a	2.639
Nº de grupos	10	13	13	15	18

Médias com letras diferentes na linha contrastam pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; para a análise estatística, os valores foram transformados em $(x + 0,5)1/2$; os dados de densidade e riqueza de grupos referem-se ao total acumulado, considerando-se as 16 repetições.

De acordo com os resultados apresentados, as médias de densidade de organismos da fauna invertebrada epigeica indicaram que não houve diferença ($p < 0,01$) entre os diferentes sistemas avaliados. A riqueza da fauna invertebrada foi mais elevada no sistema sob vegetação nativa (VN), não diferindo ($p < 0,01$) do sistema onde foram mantidos 100% dos resíduos provenientes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar (Tabela 3). Por outro lado, o sistema com a retirada completa dos resíduos (0%) proporcionou redução na riqueza da fauna epigeica invertebrada, embora não diferindo, do sistema com retirada parcial (50%) dos resíduos.

Quanto à diversidade da comunidade da fauna invertebrada epigeica, verificou-se que a vegetação nativa (VN) apresentou condições favoráveis para esta ocorrência, não diferindo ($p < 0,01$) do sistema onde foram mantidos 100% dos resíduos provenientes da colheita mecanizada da cana-de-açúcar (Tabela 3). Entre os sistemas manejados, a manutenção do aporte de resíduos favoreceu a

maior diversidade de organismos. Assim, o sistema com a manutenção de 100% e 50% de resíduos na superfície do solo garantiram a maior diversidade da fauna invertebrada epigeica; contudo, o sistema com a manutenção 50% de resíduos não diferiu ($p < 0,01$) do sistema com retirada completa dos resíduos da cultura da cana-de-açúcar, seguindo a mesma tendência verificada para a riqueza da fauna invertebrada epigeica (Tabela 3).

Em relação à ordenação dos dados no biplot da análise dos componentes principais (PCA), envolvendo a comunidade da fauna invertebrada epigeica e variáveis relacionadas aos atributos químicos do solo, a soma da variabilidade retida nos componentes explicou 90,93% da variabilidade original, onde CP1 e CP2 retêm cada um, 64,73% e 26,20%, respectivamente, das informações originais dos dados (Figura 1). Na (Figura 2), pode-se verificar que a soma da variabilidade retida nos componentes explicou 87,33% da variabilidade original, onde CP1 e CP2 retêm cada um, 59,96% e 27,38%, respectivamente das informações originais dos dados.

Tabela 3. Distribuição relativa (%) e parâmetros ecológicos da comunidade de fauna invertebrada epigeica sob diferentes quantidades de resíduos de cana-de-açúcar e no sistema com vegetação nativa (VN). Valores médios de 16 repetições. Itaporã, MS.

Macroinvertebrados	Resíduos Vegetais			
	0%	50%	100%	VN
-----%-----				
Detritívoros, Polinizadores...				
Diptera	0,5	2,4	3,2	11,4
Collembola	8,4	11,3	22,5	6,8
Heteroptera	4,1	1,8	1,1	0,6
Coleoptera	2,6	5,6	7,1	4,4
Larva/Coleoptera	3,0	2,6	0,4	1,7
Outros invertebrados	1,1	1,8	2,0	9,4
Predadores				
Formicidae*	73,3	64,4	53,3	53,8
Araneae	3,8	4,8	5,6	8,2
Orthoptera	3,2	5,4	4,8	3,6
Parâmetros ecológicos				
Riqueza/grupos	5,1 c	5,3 bc	6,3 ab	7,3 a
Índice Shannon-Winer	0,9 c	1,1 bc	1,4 ab	1,6 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey, a 1% de probabilidade.

*Fauna detritívoros, predadora entre outras funções alimentares.

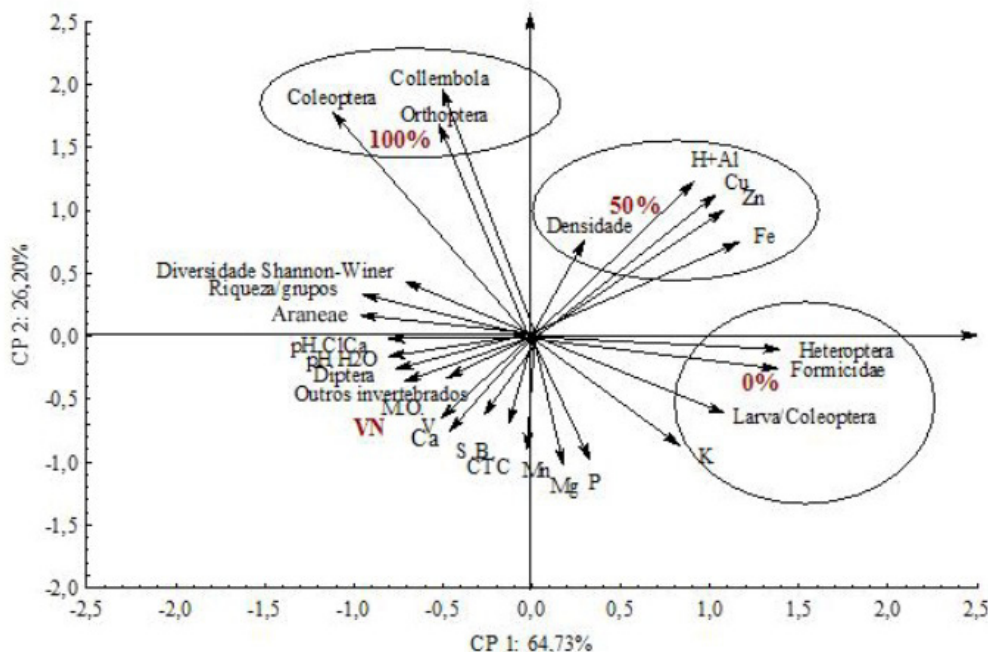


Figura 1. Biplot das propriedades químicas, ecológicas e composição da comunidade invertebrada epigeica nos primeiros 5 cm de profundidade e sob diferentes retenções de resíduos vegetais no manejo da cana de açúcar. CP1 e CP2 que correspondem aos componentes principais (PCA) 1 e 2, respectivamente. Sistemas com 100, 50 e 0% de manutenção dos resíduos vegetais e vegetação nativa (VN); n = 16. Itaporã, MS.

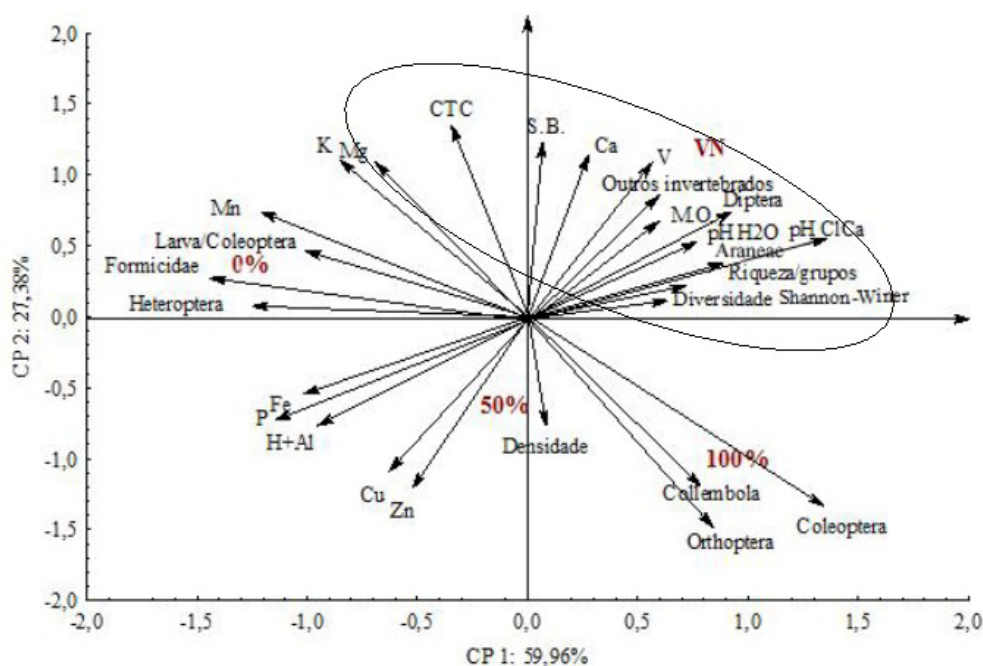


Figura 2. Biplot das propriedades químicas, ecológicas e composição e da comunidade invertebrada dos solos nos primeiros 10 cm de profundidade sob diferentes retenções de resíduos vegetais no manejo da cana de açúcar. CP1 e CP2 que correspondem aos componentes principais (PCA) 1 e 2 respectivamente. Sistema com 100%, 50%, 0% de manutenção dos resíduos vegetais e vegetação nativa (VN). n = 16. Itaporã, MS.

Quanto ao coeficiente de correlação de Pearson entre a composição da fauna invertebrada epigeica na diferentes quantidades de resíduos vegetais da cana-de-açúcar mantida no sistema produtivo, observou-se uma forte influência da regulação presa/predador. Tais relações ocorreram entre os grupos Araneae (predador) e Diptera (presa) e entre os grupos Heteroptera e Formicidae. Em ambas as relações, foram verificadas correlações significativas de 0,95 ($p < 0,05$) e 0,99 ($p < 0,05$), respectivamente, evidenciando o potencial de regulação populacional dessas comunidades.

Discussão

O número de indivíduos apresentou variação em cada sistema avaliado, sugerindo tendência no aumento da densidade e grupos de invertebrados da fauna epigeica, com o maior volume de resíduos vegetais da cultura de cana-de-açúcar mantida no

sistema. Isto foi observado no grupo Collembola, com efeito significativo ($p < 0,05$) dos resíduos vegetais de cana-de-açúcar, com maior densidade (22,5%) no sistema com manutenção de 100% dos mesmos, representando 13% da fauna total (Tabelas 2 e 3). Segundo Sautter e Santos (1991), a presença de cobertura verde, matéria orgânica em decomposição e sistema radicular, influenciam, de forma positiva, no aumento da população da ordem Collembola. Outros grupos também apresentaram sensibilidade significativa ($p < 0,05$) à quantidade de resíduos da cana-de-açúcar, como Araneae (5,6%), Diptera (3,2%) e Coleoptera (7,1%), podendo ser considerados potenciais indicadores da qualidade do solo (MÄDER et al., 2002). A colonização de organismos invertebrados no solo é favorecida em sistemas de produção com a presença de cobertura vegetal, com benefício na sustentabilidade ecológica destes manejos (SILVA et al., 2007; GATIBONI et al., 2009).

O grupo Formicidae apresentou maior densidade em todas as condições avaliadas, corroborando com os dados obtidos nos estudos conduzidos por Santos et al. (2008), em áreas sob sistema plantio direto com diferentes espécies de cobertura, onde foi evidenciada a predominância do grupo Formicidae, que representou 36,3% da densidade total de indivíduos. Segundo Fowler et al. (1991), as formigas são organismos dominantes nos ecossistemas, tanto em riqueza de espécies quanto em abundância, sendo denominadas “engenheiros” do ecossistema, por promover benefícios à estrutura e contribuir para a fertilidade do solo, através de seu hábito de vida.

Quanto às médias de densidade, não foram detectadas diferenças significativas ($p < 0,01$) entre os sistemas avaliados (Tabela 2). Em outros estudos conduzidos no bioma Cerrado, envolvendo diferentes sistemas de manejo e espécies vegetais de cobertura, foi demonstrado que ocorreu um aumento significativo na densidade de invertebrados do solo (SILVA et al., 2006; GATIBONI et al., 2009). Da mesma maneira, notou-se uma tendência no aumento da densidade de invertebrados no sistema com a manutenção total de resíduos (100%) de resíduos da cana-de-açúcar (Tabela 2). É possível que os resíduos tenham uma influência significativa na densidade da fauna epigeica em sistemas mais estáveis, após um período maior de estabelecimento dos mesmos.

A riqueza da fauna epigeica mostrou-se superior no sistema com 100% de resíduos vegetais (16,9 Mg ha⁻¹ de matéria seca), quando comparado com o sistema sem a presença de resíduos (0%). Segundo Shinitzer (1991), resíduos vegetais em decomposição originam uma série de compostos orgânicos, como açúcares, aminoácidos, ceras, fenóis, ligninas e ácidos, promovendo um habitat favorável ao estabelecimento de populações de invertebrados. Do mesmo modo, a maior quantidade de resíduos vegetais no sistema (100%) promoveu maior diversidade da fauna invertebrada epigeica, confirmando a grande sensibilidade

destes organismos aos processos que ocorrem no compartimento serapilheira-solo (ODUM, 1989). Por outro lado, o sistema com a retirada completa dos resíduos (0%) proporcionou a menor riqueza e diversidade da comunidade da fauna epigeica. Deve-se considerar que, a redução na quantidade de resíduos culturais da cana-de-açúcar, principal fonte de alimento e habitat natural, provoca um desequilíbrio entre os organismos do solo, levando a redução de inúmeros indivíduos e espécies, até que um novo equilíbrio se estabeleça (BARETTA et al., 2006), afetando a assimilação de nutrientes pelas plantas e produtividade das culturas.

Silva et al. (2006, 2007), avaliando a estrutura da comunidade da macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção contemplando a agricultura, pecuária e agropecuária integrada, demonstraram que a diversidade foi maior no sistema com plantio direto no momento de estabelecimento da cultura, com os resíduos vegetais mantidos sobre a superfície do solo. Segundo Cordeiro et al. (2004), o tipo de manejo e a modificação da quantidade de resíduos vegetais sobre o solo podem promover novos habitats e disponibilidade de alimento, alterando a diversidade da comunidade da macrofauna edáfica. Estudos conduzidos por Mendonza et al. (2000) demonstraram que a comunidade microbiana do solo também pode ser estimulada pela manutenção de resíduos de cana-de-açúcar no sistema produtivo.

A análise dos componentes principais (PCA) da comunidade invertebrada epigeica demonstra as diferentes posições dos tratamentos culturais sem resíduo vegetal (0%) e com retenção dos resíduos vegetais de (50% e 100%) e a vegetação nativa (VN), conforme apresentado no biplot (Figuras 1, 2). A análise das características químicas do solo, na camada mais superficial (0-5 cm de profundidade), demonstra uma ampla diferença entre os sistemas (Figura 1), cujo efeito diminui com o aumento da profundidade no perfil do solo (0-10 cm), conforme apresentado na (Figura 2). Pode ser observado que a VN se agrupa com a maioria das características

químicas do solo e com o índice de diversidade e riqueza/grupos, demonstrando maior diversidade da fauna invertebrada epigeica neste sistema natural (Figuras 1 e 2). Deve-se considerar que a composição de resíduos na VN é mais diversificada do que nos sistemas de produção de cana-de-açúcar, influenciando diretamente a comunidade invertebrada epigeica. Este tipo de vegetação suporta a hipótese de um ambiente com a máxima qualidade ambiental, podendo atenuar impactos climáticos negativos.

O grupo de propriedades biológicas e químicas do solo sugere uma ampla interação entre si no sistema sob VN, envolvendo os ciclos de C, N, P e S, caracterizando um ambiente sem distúrbios e plenamente equilibrado (BENINTENDE et al., 2008). Por outro lado, verificou-se uma ausência de interação nos sistemas de cultivo da cana-de-açúcar, independente da manutenção de resíduos na superfície do solo, conforme foi observado por Nourbakhsh (2007), em outros agroecossistemas. Contudo, a densidade de indivíduos foi influenciada pelo sistema com retenção de 50% dos resíduos vegetais sob o solo (Figuras 1 e 2).

A quantidade de resíduos sobre o solo influenciou alguns grupos de invertebrados. Os grupos de Larvas/Coleoptera, Heteroptera e Formicidae foram influenciados pela ausência de resíduos vegetais (0%). Os grupos de Coleoptera, Collembola e Orthoptera foram afetados, de forma positiva, pela manutenção de 100% dos resíduos vegetais (Tabela 2; Figuras 1 e 2). Estes resultados sugerem um comportamento diferenciado para larvas e adultos dos Coleopteros. Provavelmente, o manejo com a retirada completa da palhada (0%) propiciou a permanência de larvas e pupas de Coleopteros sob o solo, com posterior migração dos adultos para as áreas com manutenção de resíduos vegetais, em virtude da maior disponibilidade de alimento e habitat mais favorável.

Além disso, observou-se, através do coeficiente de Pearson, uma forte correlação entre alguns grupos

de invertebrados (resultados não apresentados), isto pode estar relacionado ao modelo presa/predador associado à disponibilidade de alimento nos sistemas avaliados. Segundo Santana (2009), geralmente o alimento existe em abundância ou em quantias adequadas e mesmo assim observa-se a prática da predação, com efeito positivo do ponto de vista nutricional e competitivo dentro das comunidades de invertebrados.

Os parâmetros ecológicos da fauna invertebrada epigeica nos sistemas com maior manutenção de resíduos vegetais, próximos aos verificadas na VN, indica que o uso da cobertura vegetal na cultura da cana-de-açúcar influencia positivamente a qualidade do solo, o que indica um manejo a ser seguido para esta cultura.

Conclusões

1. A fauna epigeica do solo responde às alterações causadas pelo manejo de solo em cultivo de cana-de-açúcar, podendo ser considerada um bioindicador potencial para avaliação da qualidade de solo.
2. A manutenção da cobertura completa (100%) de resíduos na superfície do solo proporcionou a ocorrência de maiores riqueza e diversidade de organismos da fauna epigeica, quando comparado ao sistema com a retirada completa de resíduos (0%).
3. A retirada parcial (50%) de resíduos da cana-de-açúcar demonstrou similaridade de riqueza de grupos e diversidade ao sistema com a retirada completa dos resíduos.

Agradecimentos

Ao Grupo Unialco Dourados S/A Álcool e Açúcar, pelo apoio na implantação da cultura da cana-de-açúcar e ao PROBIO II - Projeto Nacional de Ações Integradas Público-Privadas para a Biodiversidade, pelo apoio financeiro ao trabalho.

Fábio Martins Mercante é bolsista de Produtividade em Pesquisa do CNPq.

Referências

- ACOMPANHAMENTO da safra brasileira: cana-de-açúcar: safra 2008, segundo levantamento: agosto 2008. Brasília, DF, CONAB, 2008. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br/conabweb/index.php?PAG=133>>. Acesso em: 10 nov. 2008.
- ANDERSON, J. M. Invertebrate-mediated transport process in soils. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 25, n. 1/3, p. 5-14, 1988.
- AQUINO, A. M. Fauna do solo e sua inserção na regulação funcional do agroecossistema. In: AQUINO, A. M.; ASSIS, R. L. (Ed.). *Processos biológicos nos sistemas solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica; Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. p. 47-75.
- AQUINO, A. M.; SILVA, R. F.; MERCANTE, F. M.; CORREIA, M. E. F.; GUIMARÃES, F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. *European Journal of Soil Biology*, Gauthier, v. 44, n. 2, p. 191-197, mar./apr. 2008.
- BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E. C. M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. *Pedobiologia*, Jena, v. 47, n. 3, p. 273-280, may/jun. 2003.
- BARETTA, D.; JULIO, C. P. S.; ILDEGARDIS, B.; MAURICIO, V. A.; ALEX, F. M.; CAROLINA, R. D. M. B. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. *Revista Ciência Agroveterinárias*, Lages, v. 5, n. 2, p. 108-117, jul. 2006.
- BENITO, N. P.; GUIMARÃES, M. F.; PASINI, A. Caracterização de sistemas de manejo em latossolo vermelho utilizando parâmetros biológicos, físicos e químicos. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 29, n. 3, p. 473-484, jul./set. 2008.
- BENINTENDE, S. M.; BENINTENDE, M. C.; STERREN, M. A.; BATTISTA, J. J. Soil microbiological indicators of soil quality in four rice rotations systems. *Ecological Indicators*, Amsterdam, v. 8, n. 5, p. 704-708, sept./out. 2008.
- CEDDIA, M. B.; ANJOS, L. H. C.; LIMA, E.; RAVELLI NETO, A.; SILVA, L. A. Sistemas de colheita da cana-de-açúcar e alterações nas propriedades físicas de um solo Podzólico Amarelo no Espírito Santo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 34, n. 8, p. 1467-1473, ago. 1999.
- CORDEIRO, F. C.; DIAS, F. C.; MERLIM, A. O.; CORREIA, M. E. F.; AQUINO, A. M.; BROWN, G. Diversidade da macrofauna invertebrada do solo como indicadora da qualidade do solo em sistema de manejo orgânico de produção. *Revista Universidade Rural*, Seropédica, v. 24, n. 2, p. 29-34, jul./dez. 2004.
- CLAESSEN, M. E. C. (Org.). *Manual de métodos de análise de solo*. 2. ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPS, 1997. 212 p. (Embrapa-CNPS. Documentos, 1).
- DORAN, J. W.; PARKIN, T. B. Defining and assessing 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 America, 1994. p. 3-21. (SSSA. Special publication, 35).
- FOWLER, H. G.; FORTI, L. C.; BRANDÃO, C. R. F.; DELABIE, J. H. C.; VASCONCELOS, H. L. Ecologia nutricional de formigas. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). *Ecologia nutricional de insetos e suas implicações no manejo de pragas*. Brasília: Manole; São Paulo: CNPq, 1991. p. 131-223.
- 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, jun. 2009.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA - IBGE. *Indicadores IBGE: estatística da produção agrícola: julho de 2009*. Rio de Janeiro, 2008. 49 p. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/home/estatistica/indicadores/agropecuaria/ispa/default.shtm>>. Acesso em: 01 set. 2009.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A. V. *Soil ecology*. Dordrecht: Kluwer Academic, 2001. 654 p.
- LEE, K. E. The biodiversity of soil organisms. *Applied Soil Ecology*, Amsterdam, v. 1, n. 4, p. 251-254, dec. 1994.
- MÄDER, P.; FILEBACH, A.; DUBOIS, D.; GUNST, L.; FRIED, P.; NIGGLI, U. Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science*, Washington, DC, v. 296, n. 5573, p. 1694-1697, may 2002.
- MENEZES, L. A. S.; LEANDRO, W. M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, Goiânia, v. 34, n. 3, p. 173-180, jul./set. 2004.
- MENDONZA, H. N. S.; LIMA E.; ANJOS, L. H. C.;

- SILVA, L. A.; CEDDIA, M. B.; ANTUNES, M. V. M. Propriedades químicas e biológicas de solo de tabuleiro cultivado com cana-de-açúcar com e sem queima da palhada. *Revista Brasileira Ciência Solo*, Viçosa, v. 24, n. 1, p. 201-207, jan. 2000.
- MOLDENKE, A. R. Arthropods. In: WEAVER, R. W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, P.; BEZDICEK, D.; SMITH, S.; TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). *Methods of soil analysis: microbiological and biochemical properties*. Madison: Soil Science Society of America, 1994. part 2. p. 517-539 (SSSA. Book Series, 5).
- NOURBAKSH, F. Decoupling of soil biological properties by deforestation. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v. 121, n. 4, p. 435-438, aug. 2007.
- ODUM, E. P. *Ecologia*. Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 1989. 639 p.
- SANTANA, A. F. K.; ROSELINO, A. C.; CAPPELARE, F. A.; ZUCOLOTO, F. S. Canibalismo em insetos. In: PANIZZI, A. R.; PARRA, J. R. P. (Ed.). *Bioecologia e nutrição de insetos: base para o manejo integrado de pragas*. Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009. p. 297-320.
- SANTOS, G. G.; SILVEIRA, P. M.; MARCHÃO, R. L.; BECQUER, T.; BALBINO, L. C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 43, n. 1, p. 115-122, jan. 2008.
- SAUTTER, K. D.; SANTOS, H. R. Recuperação de solos degradados pela mineração do xisto, tendo como bioindicador insetos da ordem collembola. *Revista do Setor de Ciências Agrárias*, Curitiba, v. 11, n. 1, p. 85-91, jan. 1991.
- SILVA, R. F.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M.; GUIMARÃES, M. F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 41, n. 4, p. 697-704, abr. 2006.
- SILVA, R. F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C. R.; AQUINO, A. M.; MERCANTE, F. M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, DF, v. 42, n. 6, p. 865-871, jun. 2007.
- SOUZA, Z. M.; PAIXÃO, A. C. S.; PRADO, R. M.; CESARIN, L. G.; SOUZA, S. R. Manejo de palhada de cana colhida sem queima, produtividade do canavial e qualidade do caldo. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n. 5, p. 1062-1068, set./out. 2005.
- STRAPASSON, A. B.; BRESSAN FILHO, A.; CASTRO, C.; ABREU, F. R.; VIEIRA, J. N.; JOB, L. C. M. A.; GIULIANI, T. Q. *Balanço Nacional de cana-de-açúcar e agroenergia*. Brasília, DF: MAPA, Secretaria de Produção e Agroenergia, 2007.
- SHINITZER, M. Soil organic matter: the next 75 years. *Soil Science*, Baltimore, v. 151, n. 1, p. 41-58, jan. 1991.

